

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 Mijnningen, opgericht in 1919.

Commissie van Toezicht:

jhr. ir. H. S. van Lennep,
ir. W. Holleman,
ir. F. M. Ch. Berkhout.

Commissie van Redactie:

Voorzitter: prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh;
Leden: ir. G. Meesters,
ir. J. Duyfjes.

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.

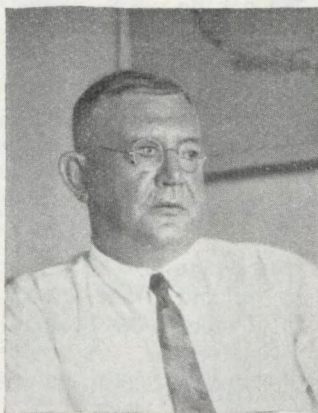
I. ALGEMEEN GEDEELTE.

INHOUD: Ter herdenking ir. J. van der Kloes †. — Hoogtemeting in Ned.-Indië met behulp van vliegtuiginstrumenten, door dr. ir. G. Otten. — Over eenige bijzondere knikgevallen, door ir. W. J. van der Eb. — Over de vermoeidheidsverschijnselen in de bouwmaterialen, door ir. W. J. van der Eb. — *Berichten van allerlei aard: Octrooien. — Ontvangen geschriften. — Uit inhoud van tijdschriften. — Personalia. — Kon. Inst. v. Ingenieurs: Bestuursmededeelingen. — Het K. I. v. I. 90 jaar (Verslagen viering door de Kringen).*

Ter herdenking Ir. J. van der Kloes †.

Het overlijden medio Augustus j.l. van ir. van der Kloes heeft allen, die hem goed mochten leeren kennen ten zeerste getroffen. Zijn naam is onafscheidelijk verbonden aan de Ombilinmijnen, waaraan hij zijn beste krachten heeft gewijd, 20 volle jaren, slechts onderbroken door eenige jaren opsporingswerkzaamheden op Celebes.

Voor al in de 12 jaren, waarin hij de leiding had, heeft hij de Ombilinmijnen tot ontplooiing kunnen brengen en was hij de krachtfiguur, waaraan behoefte bestond in dien tijd. De toestanden in het bedrijf weken aanzienlijk af van de tegenwoordige. Grootte moeilijkheden werden in dien tijd b.v. ondervonden door herhaaldelijk voorkomende mijnbranden. Een onmiddellijk ingrijpen kon alles of erger voorkomen en ieder, die van der Kloes in zulke spannende dagen heeft gekend zal steeds met groot ontzag terugdenken aan zijn daadkracht en juiste leiding. Het werk, het bedrijf was hem alles en



voor het bedrijfsbelang moest alles wijken.

Opvallend was, dat na een plaatsing op het Hoofdbureau te Bandoeng in de laatste jaren van zijn diensttijd, zijn belangstelling voor „kolen” zich tevens uitbreidde tot de Boekit-Asam Mijnen. Zijn waardevolle adviezen en stimulerende invloed zijn ook daar van groot gewicht geweest.

Zijn arbeidzame natuur vond ook na pensionneering nog bezigheid en eenige jaren lang werkte hij op het laboratorium voor materiaalonderzoek van zijn vader, prof. van der Kloes te Delft. Voortdurend had hij nog contact met de Indische kolenmijnen en leefde geheel mede met de juist achter ons liggende zeer moeilijke jaren. Hoe verheugde hij zich nog in de gunstige wending van den laatsten tijd.

Ten gevolge van een hartverlamming kwam het einde voor ieder onverwacht. Hij ruste in vrede.

E. J. B.

Hoogtemeting in Ned.-Indië met behulp van vliegtuiginstrumenten

door

dr. ir. G. OTTEN,

Kapitein bij de Militaire Luchtvaartafdeeling te Bandoeng.

a. Inleiding.

Behalve dat in vele bijzondere gevallen b.v. bij de berekening van vliegtuigprestaties, bij de constructie van de baan van een uit een vliegtuig geworpen bom en soortgelijke opgaven, het onontbeerlijk kan zijn nauwkeurig de hoogte te kennen, waarop een vliegtuig zich op een gegeven oogenblik bevindt, is het in een gebied als Nederlandsch-Indië met zijn groote niveau-verschillen, zoowel voor den militairen als civielen vlieger van groot belang ten allen tijde te kunnen beschikken over goede hoogtegegevens, terwijl toch de in de vliegtuigen veelal aanwezige hoogtemeter van Europeesch of Amerikaansch fabrikaat, de werkelijke hoogte slechts met een vrij grove benadering aangeeft. De verschillen in de door den meter aangegeven en de werkelijke hoogte zijn echter bij een goed instrument minder een gevolg van de onvolmaaktheid of de onnauwkeurigheid van dat instrument zelf, dan wel van de geheel verschillende atmosferische omstandigheden waarvoor de bouw van den meter plaats had en die waaronder deze wordt gebruikt.

Zooals bekend is de algemeen op vliegtuigen in gebruik zijnde hoogtemeter een gewone aneroïde of doosbarometer, die luchtdrukken registreert, doch waarbij de notaties van de luchtdrukken vervangen zijn door notaties van de met die luchtdrukken normaal corresponderende hoogten. Nu wijken de in Ned.-Indië op verschillende hoogten voorkomende luchtdrukken niet onbelangrijk af van die in Europa of Amerika, waaruit weder volgt, dat dan ook de aanwijzingen van een op de in laatstgenoemde gebieden heerschende luchtdrukken ingestelden hoogtemeter, in Ned.-Indië niet meer juist zullen zijn, tenzij, zooals dit met een gedeelte der hoogtemeters van de Militaire Luchtvaartafdeeling te Bandoeng is geschied, een herijking plaats vindt en een voor de Indische atmosfeer geschikte wijzerplaat op den meter wordt aangebracht.

Bij de meer moderne hoogtemeters is tengevolge van het meervoudig gebruik der schaal in verband met het meerdere malen rondgaan van één of meer wijzers het aanbrengen van een andere schaalverdeling niet wel doenlijk, terwijl het aanbrengen van een tandwieloverbrenging, geschikt voor de in Ned.-Indië heerschende atmosferische omstandigheden, feitelijk neerkomt op het opnieuw bouwen van het instrument, en dus groote moeilijkheden met zich medebrengt.

Waar het verder nog veelvuldig zal voorkomen, dat in Ned.-Indië met behulp van hoogtemeters van Europeesch of Amerikaansch fabrikaat gevlogen zal worden, mede ook tengevolge van het steeds grooter wordende intercontinentaal verkeer, leek het gewenscht een meer nauwkeurig onderzoek in te stel-

len omtrent de correcties welke in Ned.-Indië moeten worden aangebracht bij het gebruik van meerge-noemde instrumenten en eenvoudige grafieken samen te stellen, waarvan bedoelde correcties onmiddellijk kunnen worden afgelezen. Voor het onderzoek zelf mocht de schrijver meer dan eens de welwillende hulp ontvangen van prof. dr. J. Boerema, Directeur van het Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium te Batavia.

b. De berekening van de hoogte uit atmosferische gegevens; overzicht van de bestaande wetten.

Zooals bekend kan de berekening van de hoogte uit atmosferische gegevens, in verband met het al dan niet regelmatig verloop van deze grootheden en den gewenschten graad van nauwkeurigheid, geschieden door afzonderlijke berekeningen van de hoogten van een of meer intervallen $h_1, h_2, \dots, h_n$, welke tezamen de hoogte h vormen.

Bij deze berekeningen wordt aangenomen dat in elk interval:

1. de lucht voldoet aan de wet van Boyle-Gay-Lussac voor een ideaal gas;
2. de versnelling van de zwaartekracht niet verandert met de hoogte;
3. de luchttemperatuur een lineaire functie van de hoogte is;
4. de gasconstante R niet van waarde verandert.

Beschouwen we onder deze aannamen een interval met aan de onder- en bovenzijde grenslagen waarin zijn resp: de drukken P_0 en P_h en de temperaturen T_0 en T_h en in dat interval op een hoogte h boven de benedengrens een tweetal niveau's met een hoogteverschil dh en een drukverschil $-dp$, dan volgt uit het evenwicht, dat dp gelijk moet zijn aan het gewicht per eenheid van oppervlakte van de kolom lucht gelegen tusschen die niveau's, zoodat geschreven kan worden:

$$dp = -\gamma dh \quad (1)$$

als door γ het soortelijk gewicht der lucht wordt voorgesteld.

Zij verder R de gasconstante, dan kan (1) met behulp van de gaswet $p = R \gamma T$ worden gebracht in den vorm:

$$\frac{dp}{p} = -\frac{dh}{RT} \quad (2)$$

Laat nog α de afname van de temperatuur per eenheid van hoogte of de temperatuurgradiënt zijn, dan volgt uit de derde aanname:

$$T = T_0 - \alpha h \quad (3)$$

of $dT = -\alpha dh$, met behulp waarvan (2) overgaat in:

$$\frac{dp}{p} = \frac{dT}{\alpha RT},$$

en waaruit men na integratie over het geheele interval en na een korte herleiding vindt:

$$\alpha = \frac{1}{R} \frac{\ln T_o - \ln T_h}{\ln p_o - \ln p_h} \quad (4)$$

Uit (3) volgt verder nog:

$$T_h = T_o - \alpha \Delta h,$$

als Δh thans de hoogte van het geheele interval voorstelt. Elimineert men α met behulp van (4) uit laatstgenoteerde vergelijking, dan vindt men na eenige rangschikking tenslotte:

$$\Delta h = R \frac{(T_o - T_h)(\ln p_o - \ln p_h)}{\ln T_o - \ln T_h} \quad (5)$$

De gasconstante R is, waar ook de luchtmasa zich moge bevinden, alleen dan constant als deze massa dezelfde samenstelling behoudt en de gaswet is uitgedrukt in absolute eenheden. Indien de vochtigheid verandert of van kwikbarometerstanden gebruik wordt gemaakt, zooals dit in de vliegtuigtechniek tot nu toe het meest geschiedt, dan verandert R van waarde als de intensiteit van de zwaartekracht g van waarde verandert. Brengt men n.l. een zekere hoeveelheid lucht in een gesloten vat van een plaats A met een intensiteit van de zwaartekracht g_a naar een plaats B waar deze versnelling g_b bedraagt, dan blijft het S. G. der lucht constant. De druk p_a uitgedrukt in mm Hg of kg cm⁻² zal echter bij constante temperatuur veranderen in $p_b = p_a \frac{g_a}{g_b}$, zoo-

dat om opnieuw aan de gaswet te kunnen voldoen moet gelden:

$$R_b = R_a \frac{g_a}{g_b} \quad (6)$$

Kent men een waarde van de gasconstante voor een zekere plaats op aarde, dan kan de bij elke andere plaats behorende waarde van R gevonden worden, mits de variaties in de intensiteit van de zwaartekracht bekend zijn. Laat men de bijzondere afwijkingen, samenhangende met de gesteldheid van den bodem, buiten beschouwing, dan is g een functie van de geografische breedte ψ , van den kromtestraal r van den meridiaancirkel en van de hoogte h boven het zeeniveau. Nu wordt echter de variatie van g met de breedte in verschillende vergelijkingen uitgedrukt²⁾, welke, hoewel de afwijkingen betrekkelijk gering zijn, niet steeds dezelfde waarden geven.

De meest gebruikte vergelijkingen zijn die welke werden aanvaard in 1930 door de Associatie voor Geodesie te Stockholm, luidende:

$$g = 978,049 (1 + 0,0052884 \sin^2 \psi - 0,0000059 \sin^2 2\psi) \text{ en in 1935 door de Fédération Aéronautique Internationale (FAI) }^3):$$

$$g = 980,665 (1 - 0,00259 \cos 2\psi) \quad (7)$$

1) Met de aanduiding $\ln$ wordt bedoeld dat de natuurlijke logarithme moet worden genomen, terwijl met het teeken $\log$ de Briggsche logarithme zal worden aangegeven.

2) Men zie o.m. „Standaardwaarden”, Rapport V885, Rijksstudiedienst voor de Luchtvaart, Amsterdam, Nov. 1936.

3) Bulletin Nr. 60, FAI, Jan. 1935.

welke vergelijking ook reeds was aangenomen door de 15e Conférence Générale des Poids et Mesures te Parijs (1913).

Voor al omdat de bij de laatstgenoteerde vergelijking behorende waarde van de intensiteit van de zwaartekracht op 45° breedte, g_{45} , ook bij de later te omschrijven Internationale en Amerikaansche standaardatmosferen is toegepast, zal deze vergelijking hier verder worden aangehouden en schrijven wij⁴⁾, mede rekening houdende met de andere variabelen:

$$g = 980,665 (1 - 0,00259 \cos 2\psi) \frac{r^2}{(r+h)^2},$$

waarin dan h de hoogte boven het zeeniveau voorstelt, waarop men de intensiteit van de zwaartekracht wenschte te weten.

Laat nu R voorstellen de waarde van de gasconstante op 45° breedte en op zeeniveau en R_ψ de waarde voor die constante op een breedte ψ en een hoogte h boven genoemd niveau, dan volgt uit de voorgaande vergelijking in combinatie met (6):

$$R_\psi = \frac{R}{(1 - 0,00259 \cos 2\psi)} \frac{r^2}{(r+h)^2}$$

waarmede weder (5) bij benadering overgaat in:

$$\Delta h = R \cdot \frac{T_o - T_h}{\ln T_o - \ln T_h} \cdot \frac{(\ln p_o - \ln p_h) \cdot r^2}{(1 - 0,00259 \cos 2\psi) (r + h_m)^2} \quad (8)$$

als hierin h_m de gemiddelde hoogte van het interval Δh voorstelt.

Uit de gaswet $p = R \gamma T$ volgt verder, dat bij constante druk en temperatuur de gasconstante omgekeerd evenredig is met soortelijk gewicht van het gas. Nu is, als thans onder γ het gewicht van 1 m³ droge lucht wordt verstaan, van 1 m³ vochtige lucht, waarin de partiele waterdampspanning e bedraagt, bij eenzelfde temperatuur en druk het S. G.

$$= \gamma \frac{(p - 0,378e)}{p}, \text{ zoodat de gasconstante tenslotte}$$

nog gecorrigeerd dient te worden met den factor:

$$\frac{p}{p - 0,378e}$$

In een bepaald interval is p zeker en e als regel geen constante grootheid. De fout, die gemaakt wordt door in den correctiefactor voor p en e de gemiddelde in het interval geldende waarden p_m en e_m te nemen, is echter gering. Kiezen we deze gemiddelde waarden, dan is met terugzicht op (8) tenslotte als algemeene vergelijking te schrijven:

$$\Delta h = R \cdot \frac{T_o - T_h}{\ln T_o - \ln T_h} \cdot \frac{\ln p_o - \ln p_h}{(1 - 0,00259 \cos 2\psi)} \cdot \frac{r^2}{(r + h_m)^2} \cdot \frac{p_m}{p_m - 0,378e_m} \quad (9)$$

4) Men zie ook: Jordan, Handbuch der Vermessungskunde, Erster Band, Stuttgart 1877.

De vergelijking (9) is echter niet dadelijk toe te passen, als zich het in de troposfeer wel zeer weinig voorkomende geval mocht voordoen, dat de temperatuurgradiënt nul is.

Uit:

$$\lim_{T_h = T_o} \frac{T_o - T_h}{\ln T_o - \ln T_h} = T_o = T_m$$

vindt men dan:

$$\Delta h = R \cdot T_m \frac{\ln p_o - \ln p_h}{(1 - 0,00259 \cos 2\psi)} \cdot \frac{r^2}{(r + h_m)^2} \cdot \frac{p_m}{p_m - 0,378 e_m} \quad (10)$$

Vergelijking (10) is, hoewel afgeleid voor een interval, waarin de temperatuur constant is, met een zeer goede benadering ook bruikbaar voor een interval met een variabele temperatuur, mits dan voor T_m de gemiddelde in het interval geldende temperatuur gekozen wordt.

Voert men in (10) nog de volgende benaderingen in:

$$\frac{1}{1 - 0,00259 \cos 2\psi} = 1 + 0,00259 \cos 2\psi;$$

$$\frac{r^2}{(r + h_m)^2} = \frac{1}{\left(1 + \frac{h_m}{r}\right)^2} = 1 - \frac{2h_m}{r};$$

$$\frac{p_m}{p_m - 0,378 e_m} = \frac{1}{1 - \frac{0,378 e_m}{p_m}} = 1 + \frac{0,378 e_m}{p_m},$$

$$\text{en schrijft men: } T_m = 273 \cdot \left(1 + \frac{t_m}{273}\right)$$

waarin t_m de gemiddelde temperatuur in graden Celsius voorstelt, dan vindt men, voor R de waarde 29,2708 noteerende en overgaande op het Briggsche logarithme-stelsel, na eenig rekenwerk de bekende door Jordan gecorrigeerde vergelijking van Laplace:

$$\Delta h = 18401 \cdot \left(1 + \frac{t_m}{273}\right) \cdot \left(1 + 0,378 \frac{e_m}{p_m}\right) \cdot (1 + 0,00259 \cos 2\psi) \cdot \left(1 + \frac{2h_m}{r}\right) \log \frac{p_o}{p_h} \quad \dots (11)$$

De vergelijkingen (9), (10) en (11) kunnen vereenvoudigd worden door in geheel Ned.-Indië voor den meridiaan-kromtestraal en voor de geografische breedte vaste waarden in te voeren. Kiest men de voor Batavia geldende waarden, zijnde $r = 6\,350\,000$ en $\psi = 6^\circ$, dan zijn de hierdoor bij metingen op andere plaatsen in Ned.-Indië ontstane onnauwkeurigheden, zooals door Montigel⁵⁾ is aangetoond, zeer gering. Een andere factor, die een kleinen invloed op de te meten hoogte heeft, is de *variatie* in de luchtvochtigheid met de plaats waar men zich in Ned.-Indië be-

vindt. Uit de gegevens van van Bemmelen⁶⁾ werd door Beckman⁷⁾ op lage hoogte een gemiddelde dampspanning van 17 mm Hg aangenomen. Voor vlieghoogten is de aanname van een constante gemiddelde dampspanning minder juist en is beter te gebruiken de door Montigel in navolging van von Hahn⁸⁾ afgeleide vergelijking:

$$e = 19,4 \cdot 10^{-\frac{h}{6300}} \quad \dots \dots \dots (12)$$

dan wel de door den Rijks-Studiedienst voor de Luchtvaart (R.S.L.) te Amsterdam voor Ned.-Indië opgestelde wet⁹⁾:

$$\frac{e_m}{p_m} = 0,000667 T_m - 0,175 \quad \dots \dots \dots (13)$$

Voert men in de vergelijkingen (9), (10) of (11) één der waarden gegeven in de vergelijkingen (12) en (13), dan worden formules verkregen, waarin de hoogte als functie van luchtdruk en temperatuur met een groote nauwkeurigheid is uitgedrukt.

Deze formules stellen ons mede in staat om ook met vliegtuiginstrumenten de juiste hoogte van een willekeurig interval te meten.

Het komt er daarbij niet op aan, of de te gebruiken hoogtemeter geijkt is voor andere atmosferische omstandigheden dan die, welke in Ned.-Indië gelden, mits voor de door den meter opgenomen hoogten in de vergelijkingen de overeenkomstige luchtdrukken worden neergeschreven en waarbij, tengevolge van het dimensieloos zijn van het rechterlid van de vergelijkingen (9), (10) en (11) ten opzichte van deze drukken, het onverschillig is in welke eenheden de drukken worden genoteerd, indien ook de partieele spanning van den waterdamp in die eenheden wordt uitgedrukt.

Hieruit volgt, dat ook met Europeesche en Amerikaansche hoogtemeters, niettegenstaande deze meters in Ned.-Indië fouten in de aanwijzingen geven, zeer goede metingen kunnen worden verricht, waarbij dan in de betreffende formules eenvoudigweg de bij de meterstanden behoorende voor Europa of Amerika geldende drukken in mm Hg kunnen worden ingevoerd zonder toepassing van eenige correctie.

Daar in verband met den bouw van het instrument voor het normale vlieggebruik de meeste moderne Europeesche en Amerikaansche hoogtemeters eenvoudiger naar een Europeesche of Amerikaansche atmosfeer geijkt kunnen worden dan naar een Indische, is het duidelijk, dat bij hoogteberekeningen de hier afgeleide mogelijkheid in vele gevallen met voordeel zal kunnen worden toegepast.

6) Van Bemmelen, Die Erforschung des tropischen Luftoceans in Niederländisch-Ost-Indien, *Luftfahrt und Wissenschaft*, Heft 5.

7) Beckman, De Barometrische hoogtemeting in Indië, *De Waterstaats-ingenieur* 1922 No. 6

8) Von Hahn, Bemerkungen zur täglichen Oszillation des Barometers, *Meteorologische Zeitschrift* 1899.

9) Bepaling van de werkelijke hoogte van een vliegtuig met behulp van in het vliegtuig meevoerbare hulpmiddelen, Rapport R. S. L. V. 777, 1936.

5) Montigel, Barometrische hoogtemeting in de Tropen, *Verhandelingen v. d. Topografischen Dienst in Ned.-Indië* No. 2.

c. Hoogtemeters en standaardatmosferen.

Het spreekt vanzelf, dat op de hiervoren beschreven wijze van hoogtemeting, waarbij op verschillende hoogten druk-, temperatuur- en vochtigheidsbepalingen moeten worden verricht en waarvan de uitkomsten in een formule moeten worden verwerkt, wel nauwkeurige uitkomsten kunnen worden verkregen, doch dat de methode zelve alleen in zeer bijzondere gevallen, zooals ter verkrijging van meteorologische gegevens of wel ter nauwkeurige vastlegging van een zekere terreingesteldheid met behulp van luchtfoto's, kan worden toegepast. Voor het normale gebruik in het vliegtuig is zij echter van weinig waarde, daar gedurende een gewone vlucht het den vlieger in den regel niet mogelijk zal zijn zich gegevens te verschaffen omtrent de verschillende atmosferische omstandigheden welke heerschen in zekere onder hem liggende luchtlagen, en indien dat in een zeer bijzonder geval wel zoo mocht zijn, dan zal het tijdig uitwerken van de verkregen opgaven toch practisch altijd nog op bezwaren stuiten.

De hoogtemeter is dan ook in de eerste plaats zeker niet bestemd om in combinatie met andere instrumenten gebruikt te worden voor *nauwkeurige* hoogtebepalingen, hij dient vrijwel uitsluitend om, hetzij dadelijk, hetzij met behulp van een zeer eenvoudige correctiemethode, *vrij nauwkeurig* de hoogte aan te geven waarop, op een zeker tijdstip, een vliegtuig zich bevindt. De vraag doet zich echter voor, in hoeverre de hoogtemeter in het algemeen aan genoemde doelstelling voldoet, daar zooals reeds eerder werd opgemerkt de gewone in de vliegtuigen gebruikte „precisie”-hoogtemeter slechts een gewone aneroïde is, met een daarop door den bouwer geplaatste hoogteschaal. Zou een dergelijke meter alleen moeten dienen om boven een *bepaalde* plaats of een bepaald gebied op aarde de hoogte te meten, dan kan, indien de variaties in de luchtdruk met den tijd op verschillende hoogten boven die plaats of dat gebied bekend zijn, het instrument een zoodanige schaalverdeling worden gegeven, dat het bij de boven die plaats of dat gebied geldende *gemiddelde* atmosferische omstandigheden de juiste hoogte aangeeft. Bij den huidige stand van de luchtvaart is het evenwel als regel niet mogelijk en zeker niet practisch om, voor elk gebied waarin het verloop van den luchtdruk met de hoogte afwijkt van dat in een ander, een specialen hoogtemeter in te voeren, en het is daarom, dat vrijwel alle hoogtemeters zoo zijn gemaakt, dat hun aanwijzingen in overeenstemming zijn met enkele volgens wiskundige formules opgebouwde atmosferen, welke *standaardatmosferen* worden genoemd.

De aanleiding tot de samenstelling van deze standaardatmosferen lag echter niet in het feit, dat men juist de aanwijzingen van de hoogtemeters aan zekere regels wilde binden, doch wel in de noodzaak om vliegprestaties, welke zeer afhankelijk zijn van de atmosferische omstandigheden waaronder zij worden verricht, naar een vastgelegde atmosfeer te kunnen corrigeren en op deze manier nauwkeurig te kunnen vergelijken. Het spreekt echter vanzelf, dat de samenstellers in het gebied waarvoor deze theoretische atmosfeer was bedoeld, deze toch zoo

goed mogelijk in overeenstemming brachten met de daar gemiddeld geldende werkelijke atmosfeer en het was verder weder een natuurlijke zaak, dat de bouwers van hoogtemeters er toe overgingen de aanwijzingen van hun instrumenten te baseeren op de geheel vastgelegde gegevens, welke een dergelijke standaardatmosfeer biedt.

Werden aanvankelijk in een land met een voor dien tijd eenigszins belangrijk vliegwezen vooral hoogtemeters gebruikt, welke waren aangepast aan, de voor dat land berekende standaardatmosfeer, zoodat b.v. in Duitschland¹⁰⁾ andere hoogtemeters in gebruik waren dan in Frankrijk, vooral tengevolge van het zich steeds uitbreidende luchtverkeer worden thans bijna uitsluitend hoogtemeters gebouwd, welke hun aanwijzingen gronden op de „Internationale” of op de „Amerikaansche” standaardatmosfeer.

De Internationale Standaardatmosfeer (I. S. A.) werd in 1924 te Parijs door de Commission Internationale de Navigation Aérienne (C. I. N. A.) aangenomen¹¹⁾. Deze atmosfeer werd berekend onder aanname, dat tot op groote hoogte geheel voldaan wordt aan de vier voorwaarden genoemd onder *b*, terwijl bovendien nog werd aangenomen, dat de lucht als volkomen droog mag worden beschouwd. Verder werden voor *R* en *g* constante waarden ingevoerd en wel die, welke deze grootheden op 45° breedte en op zeeniveau bezitten. Als basis van de berekeningen gold op zeeniveau en op 45° breedte een luchtdruk van 760 mm Hg en een temperatuur van 15° C, terwijl de afname van de temperatuur, overeenkomstig de wet van *Toussant*, op 6,5° C per 1000 m hoogte werd gesteld, totdat een hoogte van 11 000 m werd bereikt, waarna in het daarop volgend gebied, in de zogenaamde stratosfeer, een constante temperatuur van —56,5° C werd aangenomen.

In de Vereenigde Staten van Noord-Amerika werd door het National Advisory Committee for Aeronautics (N. A. C. A.) op dezelfde gegevens deze atmosfeer nog eens berekend¹²⁾, echter met het verschil, dat een temperatuur van —55° C als constant voor de stratosfeer werd aangenomen, zoodat de hoogte, waarop in die atmosfeer de onderliggende troposfeer eindigt, 10 769 m bedraagt¹³⁾.

Door de iets grotere nauwkeurigheid in de uitvoering van de berekeningen ten opzichte van die van de C. I. N. A., wordt deze atmosfeer, welke de Amerikaansche Standaardatmosfeer wordt genoemd, in den laatsten tijd meer algemeen beschouwd als de atmosfeer, waarnaar omrekening van vliegprestaties moet plaats hebben en als zoodanig ook dikwijls aangeduid als de I. S. A.

Hoewel daarop geen speciale hoogtemeters werden gebouwd en slechts in sommige gevallen voor Indië geëigende schaalverdelingen op bestaande buitenlandse hoogtemeters werden geplaatst, bleek

10) Men zie o.m.: Galmarini: La Atmosphère „Standard”, Revue Aéronautique 1935 No. 16.

11) Bulletin Officiel de C.I.N.A. No. 7.

12) N. A. C. A. Report Nr. 218 en het N. A. C. A. Report Nr. 538.

13) De onderstelling, dat de temperatuur boven een hoogte van ongeveer 11 000 m constant zoude zijn is verre van juist. Men zie o.m.: Otten, „Een uitstapje naar de Stratosfeer”, *De Ingenieur in Ned.-Indië*, 1936, No. 8.

voor correctiedoeleinden, evenals in andere landen, ook in Nederlandsch-Indië de behoefte te bestaan aan een wiskundig vastgelegde atmosfeer, en zoo werd in 1927 door den Rijksstudiedienst voor de Luchtvaart¹⁴⁾ een Nederlandsch-Indische Standaardatmosfeer vastgesteld. De berekening daarvan geschiedde geheel analoog aan de andere hier beschreven standaardatmosferen, echter werd uitgegaan van een luchtdruk op zeeniveau van 760 mm Hg bij een luchttemperatuur van 26° C en een temperatuurgradiënt van —5,5° C per 1000 m hoogte.

De laatste grootheid was afgeleid uit de ballonwaarnemingen van van Bemmelen te Batavia in de jaren 1910—1915. Bij de berekeningen werd rekening gehouden met de verandering van de intensiteit van de zwaartekracht met de breedte en de daaruit voortvloeiende verandering van de gasconstante R , welke op 45° breedte volgens I. S. A. 29,2708 kgm per graad bedraagt, en waaruit dan voor Ned.-Indië op 6° breedte een gasconstante van 29,345 kgm per graad wordt gevonden.

d. Hoogtemeting in verschillende standaardatmosferen.

Daar zooals reeds werd opgemerkt, in den laatsten tijd vrijwel overal, dus ook in landen met de meest uiteenlopende atmosferische omstandigheden, dezelfde hoogtemeters in gebruik zijn, is het een min of meer merkwaardig verschijnsel, dat in de literatuur nergens formules worden aangetroffen, welke geschikt zijn om direct te kunnen neerschrijven de correcties op de aanwijzingen van een hoogtemeter, geijkt op een wiskundig vastgelegde atmosfeer als I. S. A. of de Amerikaansche standaardatmosfeer in een andere eveneens wiskundig vastgelegde atmosfeer. In plaats daarvan vergelijkt men in de verschillende atmosferen onderling de hoogten en de bijbehorende drukken, en hoewel tegen deze methode wat haar juistheid betreft weinig valt aan te voeren, accepteert men het nadeel, dat wel tabellen, doch geen direct verband wordt verkregen, terwijl tenslotte nog opgemerkt zou kunnen worden, dat hiermede toch weder eenigszins wordt afgeweken van den eenmaal ingeslagen wiskundigen weg. Wij zullen daarom, wat de aanwijzingen der hoogtemeters betreft, liever de rechtstreeksche betrekkingen tusschen twee standaardatmosferen in het algemeen en, in verband met het gebruik van Amerikaansche hoogtemeters hier te lande, die tusschen de Amerikaansche en de Ned.-Indische Standaardatmosfeer in het bijzonder, uit de hoogte-drukvergelijking van de standaardatmosferen afleiden en daartoe deze vergelijking in iets ruimeren zin dan gewoonlijk bezien.

In verband met het feit, dat omtrent het juiste verloop van de temperaturen en drukken in de stratosfeer nog weinig positieve gegevens bekend zijn en voorloopig nog zelden en dan alleen nog voor bijzondere proeven op grotere hoogten dan 10 000 m wordt gevlogen, kan het gebied boven de troposfeer hierbij buiten beschouwing blijven.

Laat α weder de afname van de temperatuur met de hoogte in graden per m zijn, dan bestaat, indien T_0 de temperatuur in een zeker niveauvlak is, dat aangenomen wordt te liggen op het nulpunt van een hoogteschaal en daarom het nulvlak zal worden genoemd, in overeenstemming met de aannamen voor de standaardatmosferen, tusschen de temperaturen in de verschillende niveau's de betrekking:

$$T = T_0 - \alpha h \quad \dots\dots\dots (13)$$

Voert men deze waarde in vergelijking (2), dan gaat deze vergelijking over in:

$$\frac{dp}{p} = \frac{dh}{R(T_0 - \alpha h)}.$$

Noemen we verder weder p_0 de luchtdruk in het nulvlak en p die op een hoogte h , dan wordt na integratie en eenige rangschikking daaruit gevonden:

$$\frac{p}{p_0} = \left(1 - \frac{\alpha h}{T_0} \right)^{\frac{1}{\alpha R}} \quad \dots\dots\dots (14)$$

door welke vergelijking het verband tusschen luchtdruk en hoogte in een standaardatmosfeer is vastgelegd.

Laat nu een hoogtemeter, welke hoogten aanwijst overeenkomstig een standaardatmosfeer A , waarvan de grootheden met een index a zullen worden genoemd, worden gebracht in een standaardatmosfeer I , waarvan de grootheden met een index i mogen worden aangeduid, dan zal deze hoogtemeter bij een druk p een hoogte h_a aanwijzen, welke volgens het voorgaande kan worden gevonden met behulp van de vergelijking:

$$\frac{p}{p_{0a}} = \left(1 - \frac{\alpha_a h_a}{T_{0a}} \right)^{\frac{1}{\alpha_a R_a}}.$$

De werkelijke hoogte h_i in de standaardatmosfeer I boven het niveauvlak in die atmosfeer waarin een druk p_{0a} heerscht en waarbij dan een temperatuur T_{0i}^* moge behooren, volgt uit de betrekking:

$$\frac{p}{p_{0a}} = \left(1 - \frac{\alpha_i h_i}{T_{0i}^*} \right)^{\frac{1}{\alpha_i R_i}}.$$

Daar de linkerleden van de laatste twee vergelijkingen gelijk zijn, moet nu ten opzichte van de niveauvlakken de betrekking bestaan:

$$\left(1 - \frac{\alpha_i h_i}{T_{0i}^*} \right)^{\frac{1}{\alpha_i R_i}} = \left(1 - \frac{\alpha_a h_a}{T_{0a}} \right)^{\frac{1}{\alpha_a R_a}}$$

waarvoor ook geschreven kan worden:

$$1 - \frac{\alpha_i h_i}{T_{oi}^*} = \left(1 - \frac{\alpha_a h_a}{T_{oa}} \right) \frac{\frac{\alpha_i R_i}{\alpha_a R_a}}{\dots} \quad (15)$$

Daar $\alpha_a h_a$ klein is ten opzichte van T_{oa} kan het rechterlid van (15) met behulp van het binomium in een reeks worden ontwikkeld. Doet men dit, dan wordt met behulp daarvan en na eenige herleiding gevonden:

$$h_i = \frac{R_i}{R_a} \cdot \frac{T_{oi}^*}{T_{oa}} h_a + \frac{1}{2} \frac{R_i}{R_a} \left(1 - \frac{\alpha_i R_i}{\alpha_a R_a} \right) \frac{\alpha_a T_{oi}^*}{T_{oa}^2} h_a^2 + \dots$$

$$+ \frac{1}{6} \frac{R_i}{R_a} \left(1 - \frac{\alpha_i R_i}{\alpha_a R_a} \right) \left(2 - \frac{\alpha_i R_i}{\alpha_a R_a} \right) \frac{\alpha_a^2 T_{oi}^*}{T_{oa}^3} h_a^3 + \dots \quad (16)$$

In deze vergelijking is T_{oi}^* nog niet bekend. Nu is echter, als h^* voorstelt de hoogte van het niveauvlak met een temperatuur T_{oi}^* boven het nulvlak in de standaardatmosfeer I:

$$\frac{p_{oa}}{p_{oi}} = \left(1 - \frac{\alpha h^*}{T_{oi}} \right)^{\frac{1}{\alpha_i R_i}} = \left(\frac{T_{oi}^*}{T_{oi}} \right)^{\frac{1}{\alpha_i R_i}},$$

waaruit men vindt:

$$T_{oi}^* = T_{oi} \left(\frac{p_{oa}}{p_{oi}} \right)^{\alpha_i R_i} \quad (17)$$

$$\text{en } h^* = \frac{T_{oi} - T_{oi}^*}{\alpha_i} = \frac{T_{oi}}{\alpha_i} \left\{ 1 - \left(\frac{p_{oa}}{p_{oi}} \right)^{\alpha_i R_i} \right\} \quad (18)$$

Voert men de waarde van T_{oi}^* van (17) in vergelijking (16) dan wordt tenslotte met behulp van (18) het verband verkregen tusschen de aanwijzing van een hoogtemeter geijkt op de atmosfeer A en de werkelijke hoogte in de atmosfeer I.

Men vindt:

$$h_i = \frac{T_{oi}}{\alpha_i} + T_{oi} \left(\frac{p_{oa}}{p_{oi}} \right)^{\alpha_i R_i} \left\{ -\frac{1}{\alpha_i} + \frac{R_i}{R_a T_{oa}} h_a + \dots \right.$$

$$+ \frac{1}{2} \frac{R_i}{R_a} \left(1 - \frac{\alpha_i R_i}{\alpha_a R_a} \right) \cdot \frac{\alpha_a}{T_{oa}^2} h_a^2 + \dots$$

$$+ \frac{1}{6} \frac{R_i}{R_a} \left(1 - \frac{\alpha_i R_i}{\alpha_a R_a} \right) \cdot \left(2 - \frac{\alpha_i R_i}{\alpha_a R_a} \right) \frac{\alpha_a^2}{T_{oa}^3} h_a^3 + \dots \left. \right\} \quad (19)$$

e. Correcties der Amerikaansche hoogtemeters in de Ned.-Indische Standaardatmosfeer.

Geeft men aan de grootheden met den index a en met den index i de waarden, die zij in de Amerikaansche resp. Ned.-Indische Standaardatmosfeer bezitten en welke genoteerd zijn onder c, dan vindt men, in verband met de geografische breedte, volgens (6):

$$\frac{R_i}{R_a} = \frac{g_a}{g_i} = \frac{1}{1 - 0,00259 \cos 12^\circ} = 1 + 0,00259 \cos 12^\circ$$

en daar p_{oa} en p_{oi} elk op haar breedte gelijk zijn aan een druk van 760 mm Hg, is

$$\frac{p_{oa}}{p_{oi}} = \frac{g_a}{g_i} = 1 + 0,00259 \cos 12^\circ.$$

Voert men deze waarden in vergelijking (19), dan wordt na eenig rekenwerk, indien de hoogten nu in kilometer genoteerd worden, gevonden:

$$h_i = -22 + 1,041 h_a + 0,001 h_a^2 + 0,00002 h_a^3 + \dots \quad (20)$$

waarmede de betrekking tusschen de aanwijzingen van den Amerikaanschen hoogtemeter en de werkelijke hoogten in de Ned.-Indische Standaardatmosfeer is vastgelegd.

In de bijgevoegde tabel zijn de drukken in de verschillende atmosferen en de berekende correcties genoteerd, waarbij echter nog het volgende dient te worden opgemerkt.

De opgegeven waarden van de luchtdrukken van de werkelijke atmosfeer boven Batavia werden verkregen uit een groot aantal gegevens, welke werden ontvangen van prof. dr. J. Boerema, Directeur van het Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium te Batavia. Genoemde gegevens, welke ieder voor zich gemiddelden waren van een zeker aantal waarnemingen, werden in een grafiek vereenigd en opnieuw gemiddeld door in die grafiek een gemiddelde kromme te trekken, waarna tenslotte met behulp van deze kromme de waarden van de luchtdrukken op de verschillende hoogten werden verkregen. Hoewel in verband met het groote aantal ontvangen gegevens, ongetwijfeld mag worden aangenomen, dat de aldus verkregen waarden vrij nauwkeurig zijn, werd er door Boerema uitdrukkelijk op gewezen, dat het niet onmogelijk is, dat op de meetresultaten nog een correctie, samenhangende met de geografische breedte, dient te worden toegepast, terwijl verder de waarnemingen voor het meerendeel in de ochtenduren, dus bij een relatief lage luchttemperatuur, waren genomen, zoodat ook wellicht nog geringe correcties moesten worden aangebracht voor de warmere gedeelten van den dag.

Een vergelijking tusschen de werkelijke atmosfeer boven Batavia en de berekende Ned.-Indische Standaardatmosfeer doet zien, dat er kleine ongelijkheden, welke toch merkbare verschillen bij de hoogtemeting moeten geven, tusschen deze twee atmosferen bestaan.

Hierdoor doet zich nu van zelf sprekend de vraag voor, of de standaardatmosfeer dan wel het meest geschikt is om met behulp daarvan de hoogte te bepalen, waarop een vliegtuig zich op een zeker tijdstip bevindt. Op deze vraag kan naar wij meenen slechts worden geantwoord, dat reeds vanaf 1927 de ijking van de minder moderne hoogtemeters voor het gebruik in vliegtuigen in Ned.-Indië, vrijwel uitsluitend geschiedde op de Indische Standaardatmosfeer en dat óók voor het maken van fotografische

opnamen in de verschillende deelen van Ned.-Indië deze ijking steeds zeer goed heeft voldaan, zoodat, zoolang er niet een *algeheel gemiddelde* atmosfeer voor een belangrijk gedeelte van dit eilandrijk experimenteel is vastgelegd, er weinig aanleiding bestaat om van den goedbevonden weg af te wijken, nog afgezien van de verdere voordeelen, welke een standaardatmosfeer in het algemeen bij vergelijking van vliegtuigprestaties in het luchtvaartbedrijf biedt. Het is om deze reden, dat ook hier de correcties op de aanwijzingen der standaardhoogtemeters niet zijn berekend voor de boven Batavia gemeten atmosfeer, doch voor de voor Indië ontwikkelde standaardatmosfeer.

Vergelijkende tabel van luchtdrukken en hoogten.

Hoogte	Luchtdrukken in mm Hg			Miswijzing v/d standaardhoogtemeter bij de hoogteaanwijzingen aangegeven in de 1ste kolom.	
	I.S.A. of Am. S. A.	Ned.- Ind. S. A.	Atmos- feer te Batavia	Miswijzing in de Ned.-Ind. S. A.	Werkelijke hoogte in de Ned.- Ind. S. A.
0	760,0	760,0	759,9	—20	—20
1 000	674,1	677,5	677,4	+20	1 020
2 000	596,2	602,4	602,9	65	2 065
3 000	525,8	534,6	535,4	115	3 115
4 000	462,3	473,2	474,4	170	4 170
5 000	405,1	418,0	420,0	230	5 230
6 000	353,8	368,2	370,0	295	6 295
7 000	307,9	323,5	324,9	365	7 365
8 000	266,9	283,4	285,1	440	8 440
9 000	230,5	247,7	248,9	520	9 520
10 000	198,2	215,7	216,2	605	10 605

Daar de uitkomsten van deze berekeningen van de correcties met behulp van vergelijking (20), na een eenigszins willekeurige doch alleszins toelaatbare afronding, een voor den vlieger gemakkelijk te onthouden rekenkundige reeks vormen, werd deze laatste als correctiereeks ingevoerd en eveneens in de tabel genoteerd. Opgemerkt wordt, dat bij hoogtemeters met een zoogenaamde drukschaal, welke hierna nog ter sprake zullen worden gebracht, de correcties op de boven het zeeniveau aangewezen hoogten alleen gelden indien de drukschaal is ingesteld op 760 mm Hg of op 1013,2 mbar.¹⁵⁾

De bruikbaarheid der correcties, welke verder nog grafisch zijn neergelegd in fig. 1, is practisch nagegaan. Nadat bij de Militaire Luchtvaartafdeeling en bij de Koninkl. Ned.-Indische Luchtvaartmaatschappij (K. N. I. L. M.) gebleken was, dat de pogingen om de aanwijzingen van de moderne hoogtemeters in overeenstemming te brengen met de Ned.-Ind. Standaardatmosfeer op groote moeilijkheden stuiten, werd geadviseerd de ijking te doen geschieden op de Amerikaansche Standaardatmosfeer — waarop de meters gebouwd zijn — en de aanwijzingen met behulp van de hier berekende grafiek te corrigeren. De resultaten van deze methode, welke thans hier te lande o.m. bij de luchtkarteering algemeen wordt gebruikt, bleken zeer bevredigend te zijn.

f. Correcties naar de temperatuur.

Hoewel met de hiervoren omschreven resultaten het onderzoek als geëindigd zou kunnen worden beschouwd, is het wellicht nog gewenscht voor het geval, dat zich een enkele maal extreme luchttemperaturen mochten voordoen, een correctiemethode aan te geven, waarbij daarmede rekening wordt gehouden. Het aanbrengen van correcties naar de temperatuur op de aanwijzing van den hoogtemeter is op zich zelve niet nieuw. Vooral in de Vereenigde Staten van Noord-Amerika, waar groote klimatologische variaties in Noord en Zuid en in zomer en winter voorkomen, worden zeer veel temperatuurcorrecties op den hoogtemeter toegepast, welke worden verkregen met behulp van een daartoe speciaal vervaardigde cirkelvormige rekenschijf. Omdat hier te lande echter slechts in bijzondere gevallen temperatuurcorrecties zullen worden toegepast en deze correcties bovendien nog klein zijn, lijkt het voldoende voor het gebruik in Ned.-Indië een eenvoudig nomogram samen te stellen, gebaseerd op een door Dalton afgeleide wet¹⁶⁾, waarvan de afleiding hier allereerst moge volgen.

Laat op een hoogte h_w , waarop zich op een zeker tijdstip een vliegtuig bevindt, een van de normale omstandigheden afwijkende temperatuur T_w heerschen, dan kan, zooals in de practijk gebleken is, met een goede benadering worden aangenomen, dat de temperatuurgradiënt zijn gewone, voor het bepaalde gebied geldende waarde behoudt, zoodat indien α die gradiënt voorstelt, op dat tijdstip voor de temperatuur op zeeniveau T_{ow} is te schrijven:

$$T_{ow} = T_w + \alpha h_w.$$

Uit de algemeene vergelijking van de standaardatmosfeeren

$$\frac{p}{p_o} = \left(1 - \frac{\alpha h}{T_o}\right)^{\frac{1}{\alpha R}} \dots\dots\dots (14)$$

volgt in verband met het voorgaande:

$$\frac{p}{p_o} = \left(1 - \frac{\alpha h_w}{T_w + \alpha h_w}\right)^{\frac{1}{\alpha R}},$$

zoodat:

$$\frac{h}{T_o} = \frac{h_w}{T_w + \alpha h_w},$$

waarvoor weder te schrijven is:

$$\frac{h}{T + \alpha h} = \frac{h_w}{T_w + \alpha h_w}$$

en waaruit tenslotte wordt gevonden:

$$\frac{h}{h_w} = \frac{T}{T_w} \dots\dots\dots (21)$$

of in woorden:

15) In herinnering wordt gebracht dat 1 millibarye = 1 000 dyne per cm².

16) *Journal of the Aeronautical Sciences*, February 1937.

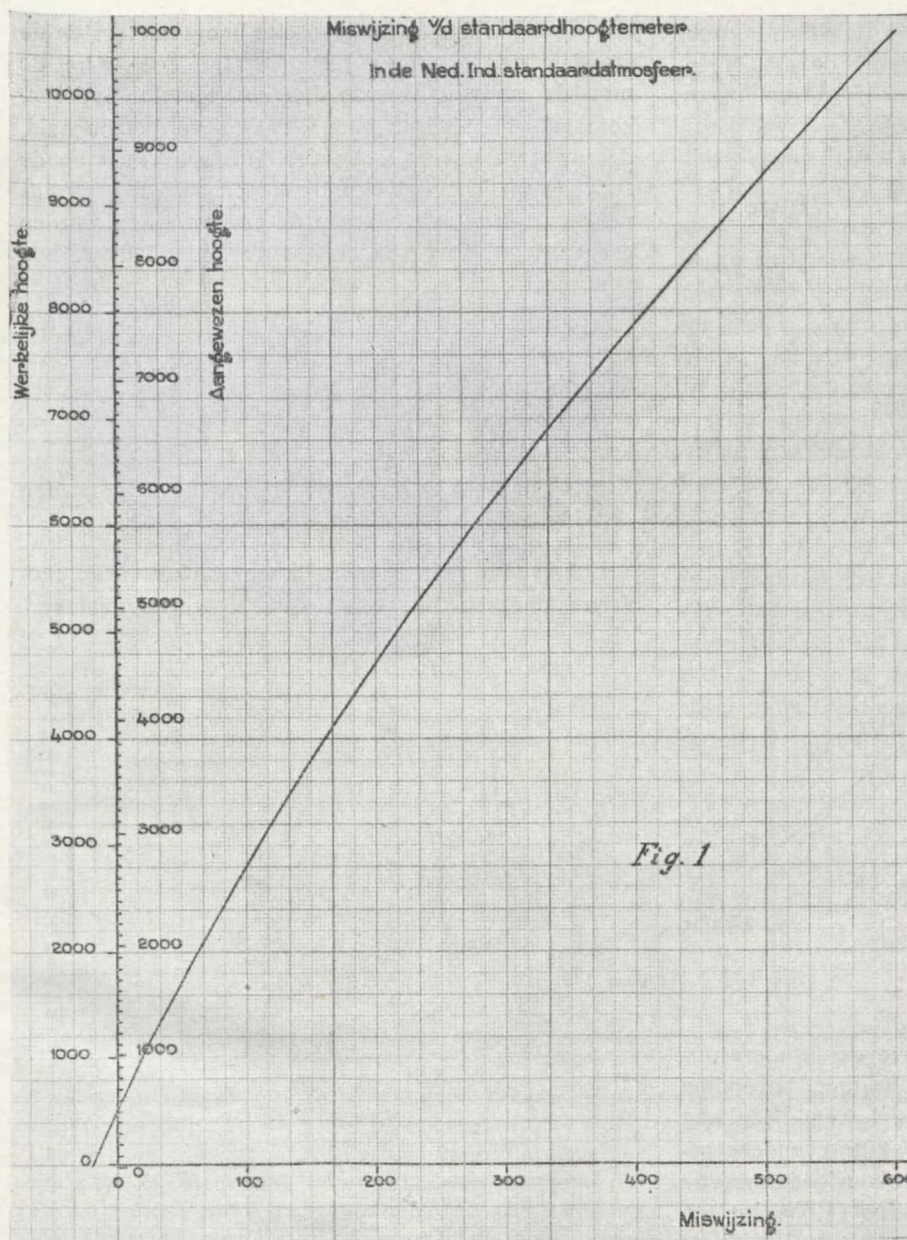


Fig. 1

De afgelezen hoogte staat tot de werkelijke hoogte als de bij de afgelezen hoogte behorende standaardtemperatuur staat tot de werkelijke temperatuur.

Laat — zie fig. 2 — nu twee evenwijdige lijnen door een derde in de punten A en B worden gesneden en laat op AB een temperatuurschaal zijn aangebracht, zoodanig dat het nulpunt in A en het punt aangevende 299° K, zijnde de luchttemperatuur in de Ned.-Indische standaardatmosfeer op zeeniveau, in B komt te liggen.

Dezelfde temperatuurschalen mogen verder op de evenwijdige lijnen zijn uitgezet, op de eene lijn beginnende van uit A met 0° K en op die andere van uit B afdalende van 299° K. Vervangt men nu op de beide beenen van den hoek B de temperatuuraanwijzingen door de hoogten, waarop die temperaturen heerschen, zoodat dus — zie voor het temperatuursverloop in de Ned.-Ind. Standaardatmosfeer het gestelde onder c — inplaats van 299° K 0 m hoogte

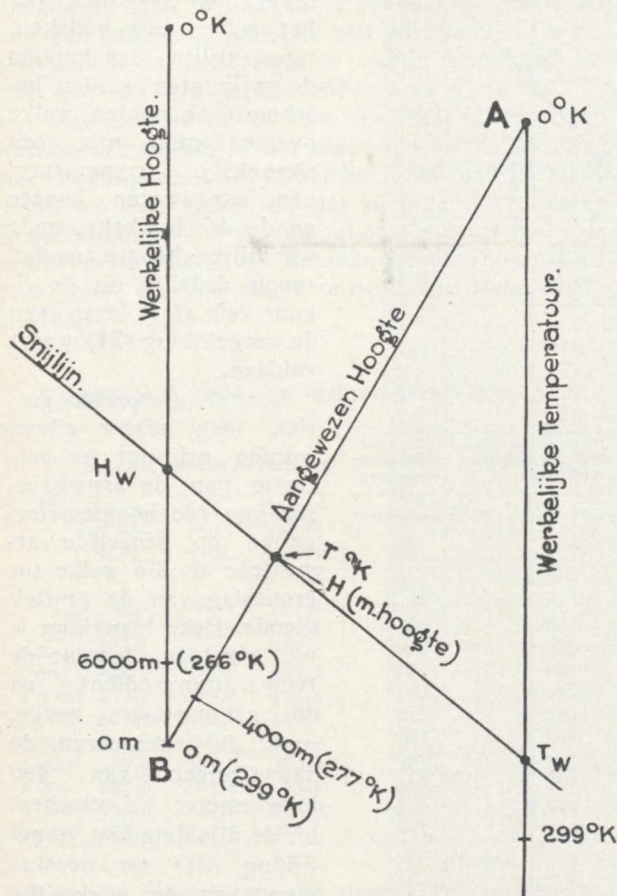
wordt genoteerd, inplaats van $293,5^{\circ}$ K 1 000 m hoogte, enz., en trekt men door het geheel een willekeurige snijlijn, dan kunnen de snijpunten worden beschouwd als punten, welke overeenkomen met een werkelijke temperatuur, een aangewezen hoogte en de daarbij behorende werkelijke hoogte, omdat, zooals dadelijk uit de figuur valt af te lezen, aan de vergelijking (21) wordt voldaan.

Een aldus opzette grafiek mag echter alleen worden gebruikt ter correctie van de aanwijzingen van een hoogtemeter, geijkt op eenzelfde atmosfeer als die welke tot grondslag van de grafiek diende. Deze beperking is n.l. ontstaan, doordat de temperatuurgradiënt en de gasconstante welke, naast de drukgrenzen, de aanwijzingen van den hoogtemeter beheerschen, bij de afleiding van vergelijking (21) ter berekening van de werkelijke hoogte, als constante grootheden zijn beschouwd en men daarmede dus dient rekening te houden.

Men kan echter in de voor Ned.-Indische Standaardatmosfeer ontworpen grafiek de aanwijzingen van de Europeeschen of Amerikaanschen hoogtemeter noteeren op de plaats van de hoogten, waarop dit instrument zich in de genoemde standaardatmosfeer zoude moeten bevinden om bedoelde aanwijzingen te geven en dus op de schaal AB bij 1 020 m neerschrijven de aanwijzing der hoogtemeter zijnde 1 000 m, bij 2 065 m de aanwijzing 2 000 m enz., waarna de grafiek voor het corrigeren van de standaardhoogtemeter in de Ned.-Indische atmosfeer geheel in orde is.

De aldus uitgevoerde grafiek is neergelegd in fig. 3. Het gedeelte met zeer lage temperaturen is, als zijnde overbodig, weggelaten, terwijl gemakshalve de temperaturen in plaats van in graden Kelvin in centigraden zijn opgenomen en voorts nog bij de aanwijzingen der hoogtemeters in volle duizenden meters, de onder Ned.-Indische standaardcondities geldende overeenkomstige werkelijke hoogten en temperaturen, door het trekken van evenwijdige lijnen, zijn genoteerd.

Fig. 2



Is op een zeker tijdstip, behalve de temperatuur op de hoogte waarop men zich bevindt, bovendien nog de temperatuur op een niveau bekend, dan kan door met laatstgenoemde temperatuur eveneens rekening te houden, een iets nauwkeuriger correctie worden verkregen. Uit vergelijking (10) volgt n.l. dat de hoogte van een zeker interval evenredig is met de gemiddelde temperatuur in dat interval, zodat geschreven kan worden:

$$\frac{h}{h_w} = \frac{T_m}{T_{mw}},$$

waarin de symbolen T_m en T_{mw} resp. voorstellen de gemiddelde temperatuur welke onder standaardcondities in het interval aanwezig zoude zijn en de werkelijke gemiddelde temperatuur. Nu blijft de verhouding tusschen h en h_w constant als beide hoogten door twee worden gedeeld en daar T_m juist de temperatuur is, welke onder standaardcondities bij $\frac{1}{2}h$ behoort, kan dus voor die hoogte de temperatuurcorrectie op dezelfde wijze grafisch worden verkregen als hiervoor reeds werd omschreven, indien thans T_{mw} als de buitenluchttemperatuur op hoogte $= \frac{1}{2}h$ wordt beschouwd. Men lette er echter op, dat in verband met het dooreenweven van de

aanwijzingen der Amerikaansche hoogtemeters en de standaardhoogten in de Indische atmosfeer, eerst de met de aanwijzing van den hoogtemeter overeenkomende standaardhoogte dient te worden bepaald, daarna deze door twee gedeeld, waarna men op de schaal van de aangewezen hoogten weder het punt van $\frac{1}{2}h$ kan vinden, waarop de correctie kan worden toegepast en de gevonden hoogte weder kan worden verdubbeld.

Opgemerkt wordt, dat onder standaardcondities, doch met afwijkende luchttemperaturen, deze correctiemethode fouten geeft, welke zelfs in zeer ongunstige gevallen nog geheel te verwaarloozen zijn.

g. Correcties naar de temperatuur en den luchtdruk.

Behalve met de normale hoogteschaal is de moderne hoogtemeter veelal voorzien van een over-

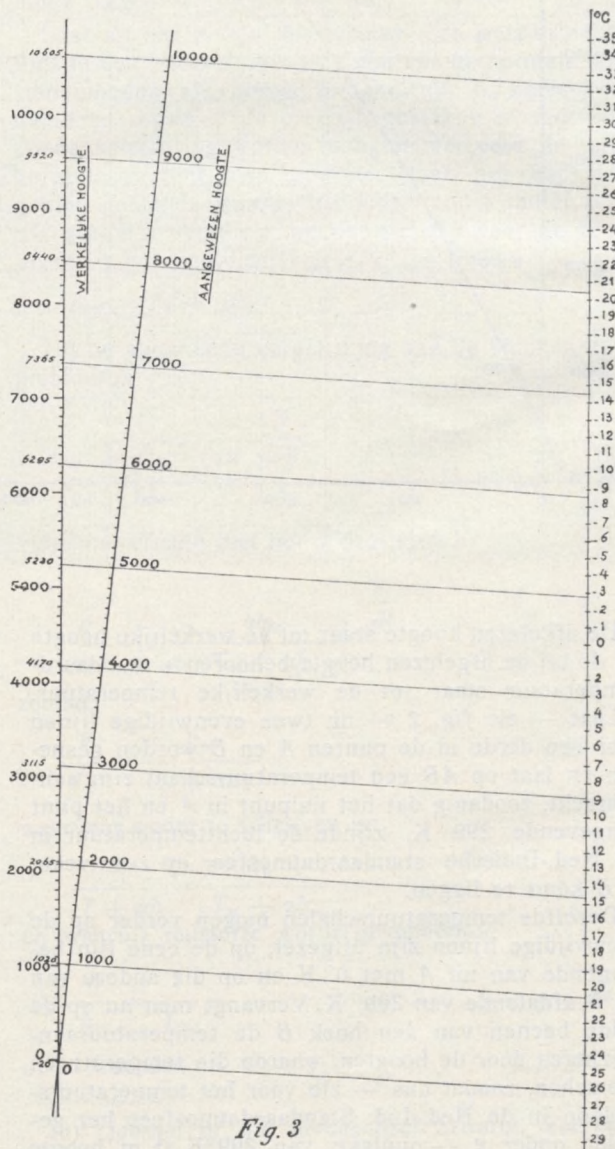


Fig. 3



Fig. 4 Hoogtemeter, aanwijzend tot 10 000 m hoogte. De kleine wijzer wijst de duizenden meters aan en draait tweemaal om. De groote wijzer wijst de honderdtallen meters aan.

brenging en een drukschaal, waardoor het mogelijk wordt de aanwijzing van den hoogtemeter zoodanig in te stellen, dat deze bij benadering de hoogte aangeeft boven een zeker niveau, waarvan de luchtdruk dan bekend moet zijn.

Nu kan echter deze druk op dat niveau op verschillende wijzen worden opgegeven en wel in mbar, in de hoogte van een kwikkolom, welke is gecorrigeerd naar een geografische breedte van 45° en in de hoogte van een kwikkolom, welke daarnaar niet is gecorrigeerd. In al deze gevallen kunnen de correcties hiervoren aangegeven bij het gebruik der hoogtemeters in de Ned.-Ind. atmosfeer met een goede benadering worden toegepast, mits de gevonden uitkomsten met 20 m worden vermeerderd, indien de druk waarvan is uitgegaan in mbar of in de hoogte van een naar 45° breedte gecorrigeerde kwikkolom is uitgedrukt. In deze twee gevallen wijst de hoogtemeter, geplaatst ter hoogte van het niveau, zooals onmiddellijk valt in te zien, juist 0 m hoogte aan, zoodat ook de in de tabel aangegeven correctiereeks met 0 m in stede van met — 20 m moet beginnen.

Over eenige bijzondere knikgevallen

door

Ir. W. J. VAN DER EB,

Ingenieur bij den Dienst van Weg en Werken (Afd. Constructie en Bruggen) der Staatsspoorwegen in Ned.-Indië.

Waar een serie van 28 proefstaven afkomstig uit een gedurende ± 50 jaren in bedrijf zijnde vloeijzerenbrug, in het Laboratorium voor Materiaalonderzoek te Bandoeng beproefd, de ervaringen van Prof. Streletsky aangaande den achteruitgang van het arbeidsvermogen van materiaal uit langdurig belaste bruggen volkomen bevestigd heeft (zie: *De Ingenieur in Ned.-Indië* no. 6 — 1937: „Over de vermoeidheidsverschijnselen in de bouwmaterialen” van steller dezes), verdient het alleszins aanbeveling bij nieuwbouw van bruggen naar systemen te streven, die lage secundaire spanningen geven. Het ligt in de bedoeling de uitkomsten van deze proeven t.g.t. te publiceeren. De serie is echter nog niet geheel compleet, doch de eerste 28 proefstaven hebben den achteruitgang van het materiaal onmiskenbaar aangetoond. Prof. Streletsky heeft zijn ervaringen gebaseerd op materiaal afkomstig uit bruggen van minstens 60 jaar oud, dus gebouwd in een tijd, dat het vloeijzer nog niet gefabriceerd werd. Nu beschikte de S. S. over een groote serie proefnemingen op welijzer, waarin deze verschijnselen eveneens geconstateerd zijn, doch is bij voortduring dit feit aangezien als iets specifiek voor welijzer. Men dacht, dat het welijzer van den aanvang of reeds deze eigenschappen vertoonde. Bovenbedoelde proefstaven hebben zeer duidelijk aangetoond, dat ook

bij vloeijzer afkomstig uit zwaar belaste deelen een achteruitgang in het arbeidsvermogen te constateeren valt (bij 2 proefstaven was dit zelfs tot op ongeveer $\frac{1}{8}$ teruggelopen) en dat dus naar alle waarschijnlijkheid de oorspronkelijke conclusie betreffende het welijzer niet juist was, waar dat de geconstateerde lage en soms zeer wisselende rekcijfers een gevolg zijn van de voortdurende wisselbelastingen.

Hoe het ook zij, het Constructiebureau der S. S. streeft nu doelbewust naar het zooveel mogelijk vermijden van secundaire spanningen in zijn constructies. Een typisch geval doet zich onder meer voor in den rijvloer van de spoorwegbruggen (zie fig. 1). Bekend is het feit, dat door de belasting van de brug de onderranden rekken, terwijl de langsdragers in de as hun oorspronkelijke lengte behouden. De dwarsdragers worden hierdoor in horizontalen zin verbogen. Een effectief middel om dit verschijnsel te matigen is het aanbrengen van een onderbroken rijvloer; doch dit kan niet in elk veld geschieden, daar dit immers tot te gecompliceerde constructies aanleiding zou geven. Vaak wordt dan aan de langdragers een dusdanige lengte gegeven, dat bij volle belasting de dwarsdragers vrij zijn van deze secundaire spanning, met als gevolg, dat ze bij onbelaste brug met een secundaire voorspanning gemonteerd moet worden.

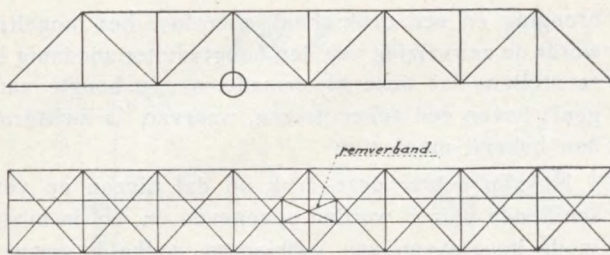
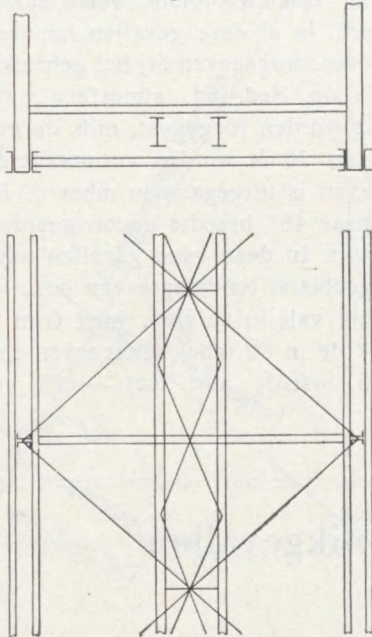


Fig. 1.



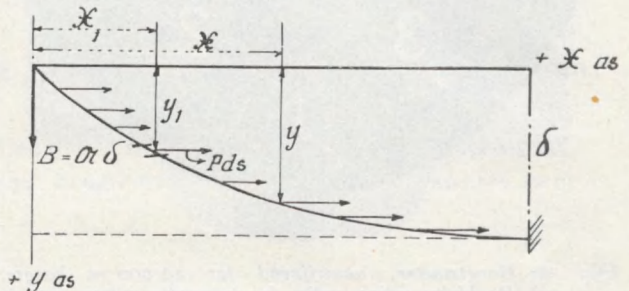
Hierdoor verandert de totale spanningswisseling wel niet, doch deze wordt door dezen maatregel in een gunstiger gebied van de vermoeidheidskromme verplaatst, zoodat hiermee wel eenig voordeel verkregen wordt.

Een derde middel is het in horizontalen zin zoo slap mogelijk construeeren van de dwarsdragers, doch kan dit niet naar willekeur geschieden in verband met de knikvastheid van den drukrand. De situatie ten aanzien van de knikvastheid is nu als volgt. Door de langsdragers, die via het remverband aan de onderranden bevestigd zijn, is dat gedeelte van de dwarsdragers, waar zij aan de langsdragers verbonden zijn, als onverschuifbaar te beschouwen. Indien het secundaire langsverband uitgevoerd wordt als in fig. 1 staat aangegeven, is dus het gedeelte van den bovenrand van de dwarsdragers tusschen de langsdragers als zeer stijf op te vatten. Wij kunnen dus de beide buiten de langsdragers gelegen gedeelten van den drukrand ter plaatse van de verbinding van langs- aan dwarsdragers als ingeklemd aannemen. In werkelijkheid moet met een veerende inklemming gerekend worden, doch aan den anderen kant verwaarloozen we verder de wringingsstijfheid van de verticalen, waarin de einden van de dwarsdragers bevestigd zijn. Zijn de dwarsdragers bevestigd aan hangers, die in den regel slap zijn uitgevoerd, dan mogen we de uiteinden van de dwarsdragers geenszins als onverschuifbaar beschou-

wen, doch moet ter plaatse een elastische ondersteuning in rekening worden gebracht. Een gunstige omstandigheid is, dat de drukkracht niet constant is doch lineair oploopt en verder, dat de drukkrachten in de bovenrandstaafas door de klinknagels ter verbinding van lijfplaat aan de randen wordt overgebracht.

Wij nemen aan, dat de bovenrand in zijdelingsche richting een constante $E \cdot I$ heeft, wat in den regel ook wel het geval is. De situatie in uitgeknikten stand staat in fig. 2 aangegeven.

Fig. 2.



Wij noemen nu:

$\mathcal{A}$ = de kracht noodig om den veerenden steun aan het eene uiteinde van den dwarsdragerbovenrand over de lengte-eenheid te doen uitbuigen.

p = de constante toename van de drukkracht in den bovenrand per lengte eenheid.

$E \cdot I$ = den stijfheidsfactor van den bovenrand in zijdelingsche richting.

Wij beschouwen het geval 1e onder verwaarloozing van de stijfheid van het lijf van den dwarsdrager en 2e met in rekening bringende daarvan, doch onder enkele vereenvoudigende veronderstellingen.

A: Onder verwaarloozing van den invloed van de lijfplaat.

De differentiaalvergelijking van de elastische lijn luidt voor het gekozen assenstelsel:

$$E \cdot I \cdot \frac{d^2 y}{dx^2} = -M_x$$

$$\text{of ook: } E \cdot I \cdot \frac{d^3 y}{dx^3} = -D_x$$

Nu is:

$$M_x = \int_0^x p(y - y_1) ds - Bx,$$

maar aangezien ds zeer klein is, mag gesteld worden $ds = dx_1$

$$\begin{aligned} \text{dus } M_x &= \int_0^x p(y - y_1) dx_1 - Bx = \\ &= pyx - p \int_0^x y_1 dx_1 - Bx \end{aligned}$$

en dan is:

$$\frac{dM_x}{dx} = D_x = py + px \frac{dy}{dx} - py - B$$

en dus wordt de diff. verg.:

$$E \cdot I \frac{d^3y}{dx^3} = -px \frac{dy}{dx} + B$$

of ook:

$$\frac{d^3y}{dx^3} = -\alpha x \frac{dy}{dx} + A$$

als gesteld is:

$$\alpha = \frac{p}{E \cdot I} \text{ en } A = \frac{B}{E \cdot I} = \frac{\mathfrak{M}\delta}{E \cdot I}.$$

Deze vergelijking is niet uit te drukken in elementaire functies en we gaan over tot een oplossing in een machtreeks.

Stel de oplossing in den vorm:

$$y = A_0 + A_1x + A_2x^2 + A_3x^3 + A_4x^4 + A_5x^5 + \dots + A_nx^n,$$

dan is verder:

$$\alpha x \frac{dy}{dx} = A_1\alpha x + 2A_2\alpha x^2 + 3A_3\alpha x^3 + 4A_4\alpha x^4 + 5A_5\alpha x^5 + \dots + nA_n\alpha x^n$$

en ook is:

$$\frac{d^3y}{dx^3} = 3!A_3 + 4!A_4x + \frac{5!}{2!}A_5x^2 + \dots + \frac{n!}{(n-3)!}A_nx^{n-3}.$$

Dit substitueerende in de oorspronkelijke differentiaalvergelijking en de coëfficiënten van overeenkomstige machten van x aan elkaar gelijk stellend geeft de volgende waarden voor de coëfficiënten:

$$A_4 = -\frac{\alpha}{4!} A_1$$

$$A_7 = +\frac{1 \cdot 4 \cdot \alpha^2}{7!} A_1$$

$$A_{10} = -\frac{1 \cdot 4 \cdot 7 \cdot \alpha^3}{10!} A_1$$

enz.

$$A_5 = -2 \cdot \frac{2 \cdot \alpha}{5!} A_2$$

$$A_8 = +2 \cdot \frac{2 \cdot 5 \cdot \alpha^2}{8!} A_2$$

$$A_{11} = -2 \cdot \frac{2 \cdot 5 \cdot 8 \cdot \alpha^3}{11!} A_2$$

enz.

$$\text{en } A_3 = \frac{A}{3!}$$

$$A_6 = -\frac{1 \cdot 3 \cdot \alpha}{6!} A$$

$$A_9 = +\frac{1 \cdot 3 \cdot 6 \cdot \alpha^2}{9!} A$$

enz.

waarmee de oplossing dus wordt:

$$y = A_0 + A_1 \left[x - \frac{\alpha}{4!} x^4 + \frac{1 \cdot 4 \cdot \alpha^2}{7!} x^7 - \frac{1 \cdot 4 \cdot 7 \cdot \alpha^3}{10!} x^{10} + \dots \right] + 2A_2 \left[\frac{x^2}{2!} - \frac{2 \cdot \alpha}{5!} x^5 + \frac{2 \cdot 5 \cdot \alpha^2}{8!} x^8 - \frac{2 \cdot 5 \cdot 8 \cdot \alpha^3}{11!} x^{11} + \dots \right] + A \left[\frac{x^3}{3!} - \frac{3 \cdot \alpha}{6!} x^6 + \frac{3 \cdot 6 \cdot \alpha^2}{9!} x^9 - \frac{3 \cdot 6 \cdot 9 \cdot \alpha^3}{12!} x^{12} + \dots \right]$$

mits de reeksen convergeeren.

Ter bepaling van de integratieconstanten A_0 , A_1 en A_2 geldt, dat voor:

$$x = 0 \quad y = 0$$

$$x = 0 \quad \frac{d^2y}{dx^2} = 0$$

$$x = c \quad \frac{dy}{dx} = 0.$$

Wij vinden hiermee, dat:

$$A_0 = 0 \text{ en } A_2 = 0,$$

terwijl wanneer $\alpha c^3 = \Delta$ wordt gesteld:

$$Ac^2 \left[-\frac{1}{2!} + \frac{1 \cdot 3}{5!} \Delta - \frac{1 \cdot 3 \cdot 6}{8!} \Delta^2 + \frac{1 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 9}{11!} \Delta^3 + \dots \right] \\ A_1 = \left[1 - \frac{1}{3!} \Delta + \frac{1 \cdot 4}{6!} \Delta^2 - \frac{1 \cdot 4 \cdot 7}{9!} \Delta^3 + \dots \right]$$

Voor $x = c$ wordt $y = \delta$, of:

$$\frac{\mathfrak{M} \cdot \delta \cdot c^3}{E \cdot I} \left[-\frac{1}{2!} + \frac{1 \cdot 3}{5!} \Delta - \frac{1 \cdot 3 \cdot 6}{8!} \Delta^2 + \frac{1 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 9}{11!} \Delta^3 + \dots \right] \cdot \left[1 - \frac{1}{4!} \Delta + \frac{1 \cdot 4}{7!} \Delta^2 - \frac{1 \cdot 4 \cdot 7}{10!} \Delta^3 + \dots \right] \\ \delta = \left[1 - \frac{1}{3!} \Delta + \frac{1 \cdot 4}{6!} \Delta^2 - \frac{1 \cdot 4 \cdot 7}{9!} \Delta^3 + \dots \right]$$

$$+ \frac{\mathfrak{N} \cdot \delta \cdot c^3}{E \cdot I} \left[\frac{1}{3!} - \frac{3}{6!} \Delta + \frac{3 \cdot 6}{9!} \Delta^2 - \frac{3 \cdot 6 \cdot 9}{12!} \Delta^3 \dots \right]$$

Na schrapping van δ uit beide leden der vergelijking verkrijgt men de knikvoorwaarde van het systeem, welke luidt:

$$Y = \frac{E \cdot I}{\mathfrak{N} \cdot c^3} = \frac{\left[-\frac{1}{2!} + \frac{1 \cdot 3 \cdot \Delta}{5!} - \frac{1 \cdot 3 \cdot 6 \cdot \Delta^2}{8!} + \frac{1 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 9 \cdot \Delta^3}{11!} \dots \right] \left[1 - \frac{\Delta}{4!} + \frac{1 \cdot 4 \cdot \Delta^2}{7!} - \frac{1 \cdot 4 \cdot 7 \cdot \Delta^3}{10!} \dots \right]}{\left[1 - \frac{\Delta}{3!} + \frac{1 \cdot 4 \cdot \Delta^2}{6!} - \frac{1 \cdot 4 \cdot 7 \cdot \Delta^3}{9!} \dots \right] + \left[\frac{1}{3!} - \frac{3 \cdot \Delta}{6!} + \frac{3 \cdot 6 \cdot \Delta^2}{9!} - \frac{3 \cdot 6 \cdot 9 \cdot \Delta^3}{12!} \dots \right]}$$

$$\text{Nu is verder } \Delta = \alpha c^3 = \frac{pc^3}{E \cdot I} = \frac{pc \cdot c^2}{E \cdot I} = \frac{Pc^2}{E \cdot I};$$

voeren we in dat:

$$P = \frac{\pi^2 E \cdot I}{m^2 \cdot c^2}, \text{ dan wordt:}$$

$$\Delta = \frac{\pi^2}{m^2}.$$

Hierbij moge nog even de stelling gememoreerd worden, dat indien 2 reeksen convergeeren hun product dan wel quotiënt eveneens convergeert. In ondervolgende tabel is bovenstaand verband weergegeven. Hierbij is elk der 4 factoren van het rechter lid bij een aangenomen waarde van Δ steeds zoover ontwikkeld, dat bij verdere ontwikkeling in de 3de decimaal geen verschil meer te constateeren viel (N. B. de verkregen kromme is periodiek).

$\Delta = \frac{\pi^2}{m^2}$	$Y = \frac{E \cdot I}{\mathfrak{N} \cdot c^3}$	$\Delta = \frac{\pi^2}{m^2}$	$Y = \frac{E \cdot I}{\mathfrak{N} \cdot c^3}$
7,8	∞	20	0,202
8	15,691	25	0,137
9	2,188	30	0,102
10	1,173	35	0,077
11	0,793	40	0,058
12	0,604	45	0,039
13	0,486	50	0,004
14	0,408	—	—
15	0,347	—	—

Wordt $\mathfrak{N} = 0$, d.w.z. is geen elastische stut aanwezig, dan wordt $Y = \infty$, hetgeen het geval is indien

$$1 - \frac{\Delta}{3!} + \frac{1 \cdot 4 \cdot \Delta^2}{6!} - \frac{1 \cdot 4 \cdot 7 \cdot \Delta^3}{9!} \dots = 0$$

Hieraan wordt voldaan door $\Delta = 7,8$. Dan wordt dus:

$$P = 7,8 \frac{E \cdot I}{c^2}.$$

Verwezen moge worden naar het artikel van prof. dr. ir. C. B. Biezeno in *De Ingenieur* van 1921 „Eenige bijzondere knikgevallen”. Daar komt o.a. het geval voor van een aan 2 zijden scharnierend opgelegde staaf met een lineair naar het midden toe verlopende axiaalkracht.

Prof. Biezeno vond $P = 31,2 \frac{E \cdot I}{l^2}$, welke uit-

komst identiek is aan de bovenstaande, indien gesubstitueerd wordt $l = 2c$.

Bij $\mathfrak{N} = \infty$ wordt $Y = 0$, hetgeen o.a. het geval is bij $\Delta \approx 50$. Uiteraard was deze uitkomst ook verkregen kunnen worden door in de oorspronkelijke differentiaalvergelijking $A = 0$ te stellen en de voor dit geval geldende grensvoorwaarden in te voeren ter bepaling van de integratieconstanten.

B: Met mederekening van den invloed van de lijfplaat.

De invloed van de normale krachtjes en den elastischen tegendruk B op het uiteinde uiten zich op geheel dezelfde wijzen als in geval A. Hiervoor blijft dus gelden:

$$E \cdot I \frac{d^3 y}{dx^3} = -px \frac{dy}{dx} + B.$$

Onderstellen we, dat de onderrand van den dwarsdrager zeer stijf is en recht blijft, wat bij groote benadering wel juist zal zijn, omdat de onderrand de trekrand is en de optredende spanningen in den onderrand de neiging hebben dezen rand recht te houden, mede ook door het feit dat op het uiteinde waar de bovenrand elastisch, de onderrand star is bevestigd; dan krijgen wij in een willekeurige doorsnede van den dwarsdrager het in fig. 3 weergegeven beeld.

Fig. 3.

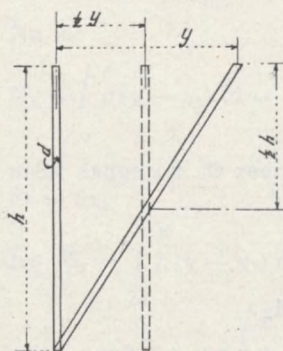
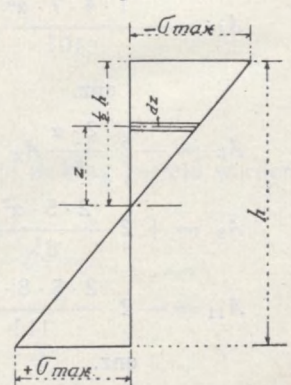


Fig. 4.



De lijfplaat is dus zoodanig verdraaid, dat in den bovenrand een uitwijking y ontstaat.

Door het feit, dat de onderrand recht is ondersteld, moet dit dus geschied zijn, doordat de lijfplaat eerst $\frac{1}{2} y$ horizontaal is uitgebogen en daarna over den hoek

$$\varphi = \frac{\frac{1}{2} y_1}{\frac{1}{2} h} = \frac{y_1}{h} \text{ is verdraaid.}$$

Wij beschouwen nu den eersten invloed en denken de lijfplaat over de hoogte h verdeeld in oneindig smalle strookjes met een breedte dz en een hoogte d .

De lijfplaat vertoont door de buiging in verticale richting buigspanningen en we willen den invloed hiervan in zijdelingsche richting even nagaan. De tegendwarskracht in een willekeurige doorsnede, opgeleverd door zoo'n oneindig dun strookje voor een uitbuiging y , bedraagt

$$+ dD_1 = Ed^3 dz \cdot \frac{d^3 y_1}{dx^3} - \frac{2zdz}{h} \sigma_{\max} \cdot \frac{dy}{dx}, \text{ als}$$

$\sigma_{\max}$, de spanning in de uiterste vezel is tengevolge van de verticale belasting van den dwarsdrager (zie fig. 4), dus

$$\begin{aligned} + D_1 &= Ed^3 \frac{d^3 y_1}{dx^3} \int_{-\frac{1}{2}h}^{+\frac{1}{2}h} dz - \\ &\quad - \frac{2\sigma_{\max}}{h} \frac{dy_1}{dx} \int_{-\frac{1}{2}h}^{+\frac{1}{2}h} z \cdot dz = \\ &= Ehd^3 \cdot \frac{d^3 y_1}{dx^3} = E \cdot I_l \frac{d^3 y_1}{dx^3}, \end{aligned}$$

waarbij dus I_l het traagheidsmoment van de lijfplaat is om de verticale as.

Deze uitkomst is niet exact juist, omdat 1e de contractie niet in rekening is gebracht en 2e onder-

steld is, dat over de geheele dwarsdoorsnede $\frac{d^3 y_1}{dx^3}$ en

$\frac{dy_1}{dx}$ van de lijfplaat constant zijn gebleven, doch

deze fout is gering en van een exactere beschouwing wordt verder afgezien. De weerstand van de lijfplaat wordt hierdoor iets te groot gedacht, waartegenover staat, dat de wringingsstijfheid van den onderrand niet in rekening zal worden gebracht.

Voor den 2den invloed geldt de volgende beschouwing. Het tegenwerkende moment van de lijfplaat tengevolge van wringing is gegeven door:

$$-M = G \cdot I_{pl} \frac{d\varphi}{dx}$$

waarin I_{pl} = de z.g. „Drillingwiderstand” van de lijfplaat en G = de glijdingsmodulus. De randen van den dwarsdrager ondervinden hierdoor een geconcentreerde dwarskracht-tegenwerking, gegeven door de formule:

$$-Dh = -M, \text{ of } D = \frac{M}{h};$$

$$\text{verder is } \varphi = \frac{y_1}{h}, \text{ dus } \frac{d\varphi}{dx} = \frac{1}{h} \frac{dy_1}{dx}$$

en wordt hiermee dus:

$$D_2 = \frac{-G \cdot I_{pl}}{h^2} \cdot \frac{dy_1}{dx}.$$

De totale weerstand bedraagt dus:

$$D = \frac{1}{2} D_1 + D_2 = + \frac{1}{2} E \cdot I_l \frac{d^3 y_1}{dx^3} - \frac{G \cdot I_{pl}}{h^2} \frac{dy_1}{dx},$$

terwijl verder $y = z - y_1$, dus $\frac{dy}{dx} = -\frac{dy_1}{dx}$ en

$$\frac{d^3 y}{dx^3} = -\frac{d^3 y_1}{dx^3}$$

en deze weerstand werkt in dezelfde richting als de elastische tegendruk B , zoodat dus de differentiaal-vergelijking wordt:

$$E \cdot (I + \frac{1}{2} I_l) \frac{d^3 y}{dx^3} = - \left(px - \frac{G I_{pl}}{h^2} \right) \frac{dy}{dx} + B,$$

of

$$\frac{d^3 y}{dx^3} = - (\alpha x - \zeta) \frac{dy}{dx} + A,$$

als gesteld is:

$$\alpha = \frac{p}{E \cdot (I + \frac{1}{2} I_l)}$$

$$\zeta = \frac{G \cdot I_{pl}}{E h^2 (I + \frac{1}{2} I_l)} \text{ en}$$

$$A = \frac{B}{E \cdot (I + \frac{1}{2} I_l)} = \frac{\mathfrak{A} z}{E \cdot (I + \frac{1}{2} I_l)}.$$

De oplossing kan weer geschieden in den volgende reeksvorm:

$$y = A_0 + A_1 x + A_2 x^2 + A_3 x^3 + A_4 x^4 \dots\dots\dots$$

Terwijl de coëfficiënten te vinden zijn uit de recursieformule:

$$n! A_n = - (n-3) \alpha \cdot (n-3)! A_{n-3} + \zeta \cdot (n-2)! A_{n-2}$$

waarbij

$$3! A_3 = A + \zeta A_1.$$

Deze recursieformule vormt een differentievergelijking van de 3de orde, helaas echter met niet constante coëfficiënten, zoodat een oplossing in elementaire functies niet mogelijk is. Het lukt dus niet deze reeks in een besloten algemeene gedaante te brengen, doch de coëfficiënten moeten bij verdere reeksontwikkeling steeds stuk voor stuk bepaald worden uit de voorgaande.

Weer gelden verder de randvoorwaarden, dat:

$$\text{voor } x = 0 \quad y = 0$$

$$x = 0 \quad \frac{d^2 y}{dx^2} = 0$$

$$x = c \quad \frac{dy}{dx} = 0.$$

Waarmee een uitkomst in reeksvorm te verkrijgen is van den vorm:

$$\frac{E \cdot (I + \frac{1}{2} I_l)}{\mathfrak{N} c^3} = \frac{U \times V}{W} + M,$$

waarin U , V , W en M reeksen zijn.

Alvorens echter deze uitkomsten verder uit te werken, willen wij eerst den invloed van den lijfplaat-weerstand nagaan voor 2 gevallen, waarbij differentiaalvergelijkingen verkregen worden, die *wel* in elementaire functies zijn op te lossen. Het betreft hier het geval van een dwarsdrager, belast door een constant moment, waarbij de invloed van den lijfplaat-weerstand niet verwaarloosd wordt, met of zonder geconcentreerde elastische weerstanden op de beide uiteinden.

C: Zonder elastischen stut op de uiteinden.

Wij krijgen dan: $E \cdot I \frac{d^2 y}{dx^2} = -Py$

$$\text{en dus } E \cdot I \frac{d^3 y}{dx^3} = -P \frac{dy}{dx}.$$

Voeren we nu op dezelfde wijze den weerstand van de lijfplaat in, dan krijgen we:

$$E \cdot (I + \frac{1}{2} I_l) \frac{d^3 y}{dx^3} = -\left(P - \frac{GI_{pl}}{h^2}\right) \frac{dy}{dx},$$

$$\text{of: } \frac{d^3 y}{dx^3} = -\frac{\left(P - \frac{GI_{pl}}{h^2}\right)}{E \cdot (I + \frac{1}{2} I_l)} \frac{dy}{dx} = -a^2 \frac{dy}{dx}.$$

Noemen we $\frac{dy}{dx} = z$, dan wordt de differentiaalvergelijking

$$\frac{d^2 z}{dx^2} = -a^2 \cdot z,$$

waarvan de oplossing is:

$$z = C_1 \cos ax + C_2 \sin ax,$$

$$\text{dus } y = C_1 \frac{\sin ax}{a} - C_2 \frac{\cos ax}{a} + C_3.$$

en ook

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = -C_1 a \sin ax + C_2 a \cos ax.$$

De grensvoorwaarden zijn:

$$\text{voor } x = 0 \quad y = 0$$

$$,, \quad x = 0 \quad \frac{d^2 y}{dx^2} = 0$$

$$,, \quad x = \frac{1}{2} c \quad \frac{dy}{dx} = 0$$

waaruit:

$$0 = -\frac{C_2}{a} + C_3$$

$$\text{en: } 0 = C_2 a;$$

bijgevolg zijn C_2 en C_3 beide gelijk 0,

en verder $C_1 \cos \frac{1}{2} ac = 0$

$$\text{of } \frac{1}{2} ac = \frac{\pi}{2}, \quad \frac{3\pi}{2} \text{ enz.}$$

$$\text{of } \frac{1}{2} C \cdot \sqrt{\frac{P - \frac{GI_{pl}}{h^2}}{E(I + \frac{1}{2} I_l)}} = \frac{\pi}{2},$$

$$\text{dus } \frac{1}{4} C^2 \cdot \left[\frac{P - G \frac{I_{pl}}{h^2}}{E(I + \frac{1}{2} I_l)} \right] = \frac{\pi^2}{4},$$

waaruit volgt:

$$P - G \frac{I_{pl}}{h^2} = \frac{\pi^2 E \cdot (I + \frac{1}{2} I_l)}{C^2}$$

$$P = \frac{\pi^2 E (I + \frac{1}{2} I_l)}{C^2} + \frac{GI_{pl}}{h^2}$$

$$\text{of: } P = \frac{\pi^2 E (I + \frac{1}{2} I_l)}{C^2} + \frac{1}{8} G \frac{hd^3}{h^2} =$$

$$= E \cdot \left[\frac{\pi^2 (I + \frac{1}{2} I_l)}{C^2} + \frac{d^2}{8h} \right];$$

voor onelastischen knik:

$$P = E_{nG} \cdot \left[\frac{\pi^2 (I + \frac{1}{2} I_l)}{C^2} + \frac{d^2}{8h} \right].$$

D: Met elastischen tegendruk.

Hebben we op het uiteinde een elastischen tegen-

druk groot $B = \mathfrak{N} \delta$ en noemen we $A = \frac{\mathfrak{N} \delta}{E \cdot I}$, dan

wordt de differentiaalvergelijking:

$$\frac{d^3 y}{dx^3} = -a^2 \frac{dy}{dx} + A, \quad \text{of} \quad \frac{d^2 z}{dx^2} = -a^2 z + A,$$

waarvan de oplossing luidt:

$$z = C_1 \cos ax + C_2 \sin ax + \frac{A}{a^2}$$

en verder dus:

$$y = \frac{C_1}{a} \sin ax - \frac{C_2}{a} \cos ax + \frac{Ax}{a^2} + C_3.$$

Weer aannemende, dat:

$$\text{voor } x = 0 \quad y = 0 \quad \text{of} \quad \frac{C_2}{a} = C_3$$

$$,, \quad x = 0 \quad \frac{d^2 y}{dx^2} = 0 \quad \text{of} \quad C_2 a = 0, \text{ dus } C_2 = C_3 = 0$$

$$,, \quad x = c \quad \frac{dy}{dx} = 0 \quad \text{of} \quad 0 = C_1 \cos ac + \frac{A}{a^2}$$

$$\text{dus } C_1 = -\frac{A}{a^2 \cos ac},$$

waarmee:

$$y = -\frac{A \sin ax}{a^3 \cos ac} + \frac{Ax}{a^2}$$

voor $x = c$ wordt: $y = \delta$

$$\delta = -\frac{A}{a^3} \operatorname{tg} ac + \frac{Ac}{a^2} = +\frac{A}{a^3} (ac - \operatorname{tg} ac),$$

of ook $\delta = \frac{\mathfrak{M} \delta}{a^3 E I_t} (ac - \operatorname{tg} ac)$

of $\frac{E I_t a^3}{\mathfrak{M}} = ac - \operatorname{tg} ac$

$$\frac{E I_t}{\mathfrak{M} c^3} = \frac{ac - \operatorname{tg} ac}{(ac)^3}, \text{ waarin } I_t = I + \frac{1}{2} I_l$$

De correctie bestaat dus hierin, dat in plaats van I genomen wordt $I_t = I + \frac{1}{2} I_l$

$$\text{en } (ac)^2 = \left[\frac{P - G \frac{I_{pl}}{h^2}}{E I_t} \right] c^2.$$

De invoering van den lijfplaat-weerstand heeft dus tot resultaat een slechts zeer geringe vermeerdering van de knikkracht en kan gevoegelijk weggelaten worden.

Het heeft dus geen zin het gecompliceerde geval B nader in tabelvorm uit te werken. De tabel voor het eerste geval geeft voldoende nauwkeurig resultaat.

Rekenvoorbeeld.

Van een dwarsdrager, waarvan het aan één zijde buiten de langsdragers gelegen gedeelte een lengte heeft van 265 cm, bedraagt het traagheidsmoment van den bovenrand in zijdelingsche richting 545,4 cm⁴, het oppervlak der doorsnede 51,0 cm² en dus de traagheidsstraal 3,27 cm. De kracht, nodig om de verticaal ter plaatse van haar bevestiging aan den dwarsdragerbovenrand 1 cm te doen uitbuigen, bedraagt 0,54 ton. Hoe groot is de knikkracht (c.q. belasting per cm) van den bovenrand?

Waar het hier waarschijnlijk om niet-elastischen knik gaat moeten we hier, in plaats van met $E = 2150$ ton/cm² te rekenen, $E_{n\sigma}$ (de knik-elasticiteits modu-

lus) substitueeren in de formule $\frac{EI}{\mathfrak{M} c^3}$, m.a.w. rekenen

met een veranderlijke E .

Wij schatten $E_{n\sigma}$ voorloopig op 1482 ton/cm² behoorende bij $\lambda = 81$.

Alsdan wordt $\frac{E_{n\sigma} \cdot I}{\mathfrak{M} c^3} = \frac{1482 \times 545,4}{0,54 \times 265^3} = 16,43$.

Wij vinden hierbij behoorend $\frac{\pi^2}{m^2} = 7,99$

of $m = 1,12$.

λ bedraagt dan $\frac{1,12 \times 265}{3,27} = 91$.

Hierbij behoort $E_{n\sigma} = 1800$ ton/cm², waardoor $\frac{E_{n\sigma} \cdot I}{\mathfrak{M} c^3} = 19,96$ wordt.

Wij vinden hierbij behoorend $\frac{\pi^2}{m^2} = 7,97$

of $m \approx 1,12$ en dus $\lambda \approx 91$.

Klaarblijkelijk is dus geen scherpere benadering meer noodig.

Alsdan bedraagt de knikkracht:

$$P = p C = 7,97 \times \frac{1800 \times 545,4}{265^2} = 112 \text{ ton,}$$

dus $p = \frac{112}{265} = 0,423$ ton/cm.

E. Over de knikvastheid van gekoppelde staven.

Reeds eenige jaren geleden is het schrijver dezes gelukt dit knikgeval in een besloten en algemeene eindformule uit te drukken, welke in tabelvorm omgezet een snelle dimensionering mogelijk maakt. Hij heeft destijds van een publicatie van deze methode afgezien, omdat hem naderhand bleek, dat een nagenoeg gelijke eindformule werd verkregen door von Mises en Ratzersdorfer in *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*, en wel onder toepassing van differentieelrekening¹⁾. Waar het hem echter bleek, dat bij de bepaling van de knikzekerheid van een gekoppelde staaf door velen een niet juiste berekeningswijze wordt toegepast en de Nederlandsche voorschriften voor dit geval zeer ongunstige bepalingen hebben, die vaak aanleiding geven tot onnoodig materiaalverbruik, ligt het in zijn voornemen hier de S. S.-voorschriften voor dit knikgeval bekend te maken, die gebaseerd zijn op genoemde kniktheorie. Hoewel het eindresultaat dus al bekend, doch niet in een tabel voor practisch gebruik gepubliceerd is, en het weinig zin heeft die tabel zonder documentatie te geven, moge deze methode hieronder in een sindsdien eenigszins gewijzigden vorm eerst volgen, alvorens de daarop gebaseerde tabel en berekeningsvoorschriften te geven.

Het geval is eenvoudig als een statisch onbepaald vraagstuk opgevat, waarbij door symmetrieoverwegingen vele onbekenden geëlimineerd konden worden. Beschouwd is een raamligger met evenwijdige randen van gelijke doorsnede en constant, onderling gelijk, traagheidsmoment en verder op onderling gelijken afstand gekoppeld door koppelplaten van gelijk traagheidsmoment, terwijl de eindkoppelplaten het halve traagheidsmoment bezitten van de overige. De invloed van de afschuiving is voorloopig niet in rekening gebracht. Een beschouwing hierover is volledigheidshalve nog aan het slot gegeven. De raamligger is belast gedacht door 4 gelijke centriscne normaal krachten, waarvan de werklijnen samenvallen met de staafassen van de randen (zie fig. 5).

1) Zie o.a. ook *De Ingenieur* no. 7 — 1933: P. P. Bijlaard: Knikzekerheid van door koppelplaten verbonden profielen.

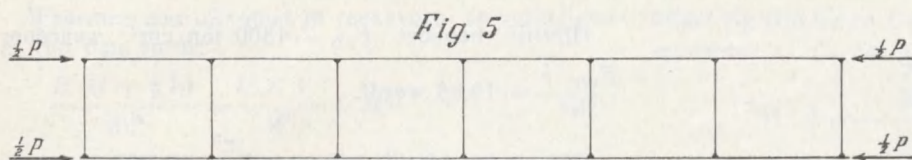


Fig. 5

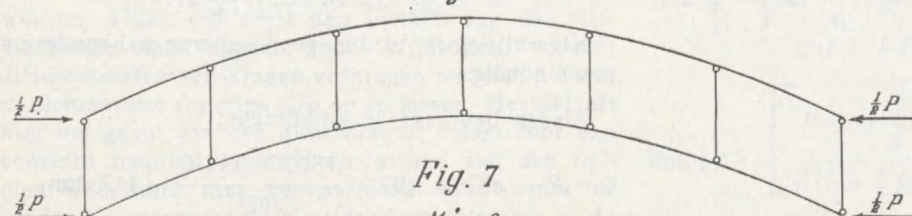


Fig. 6

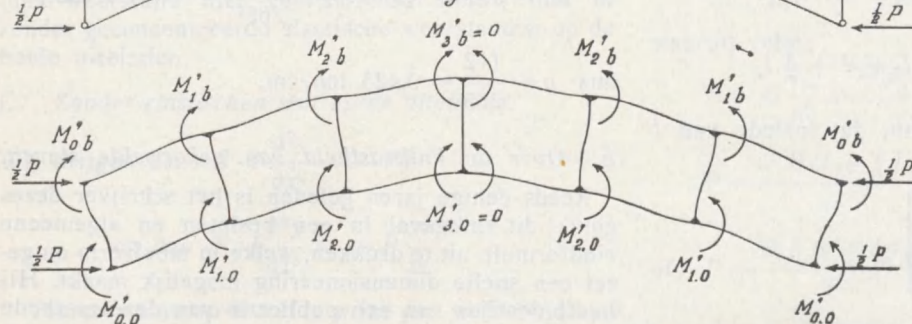


Fig. 7

Beschouwd is nu het geval, dat de 4 krachten een dusdanige grootte hebben gekregen, dat de raamligger in z.g. knikevenwicht is gekomen en een uitbuiging in zijdelingsche richting heeft gekregen. Deze uitbuiging wordt ∞ klein ondersteld, waardoor de optredende knikmomenten en normaalkrachten in de diverse deelen ook ∞ klein zijn te stellen en het mogelijk is, om onderlinge producten van deze grootheden als zijnde ∞ klein van de 2de orde te verwaarloozen t/o van ∞ kleinen van de 1e orde en dito ∞ kleinen van de 1e orde t/o van eindige grootheden. Onder deze aannamen is de methode exact juist. De aanname, dat de eindkoppelplaten de halve stijfheid bezitten van de overige, heeft het mogelijk gemaakt de afleiding zeer te vereenvoudigen en het eindresultaat vast te leggen in een praktische tabel. In de praktijk worden de eindkoppelplaten gewoonlijk gevormd door de dwarsschotten, gelegen tusschen de knoopplaten van een vakwerkknooppunt. Deze dwarsschotten worden, met het oog op meerdere stijfheid, gewoonlijk zoo ver als constructief eenigzins mogelijk is doorgevoerd en bezitten diensgevolge veelal een veel grootere stijfheid dan de overige. Is dit het geval, dan wordt een zeer geringe fout gemaakt, welke echter de uitkomsten aan den veiligen kant doet zijn, aangezien de constructie iets minder stijf ondersteld wordt dan in de werkelijkheid het geval is.

(N. B. Bij de diverse theorieën, welke bestaan betreffende het uitknikken van de bovenranden van open vakwerkbruggen, worden gewoonlijk de eindverticalen van de brug ∞ stijf gedacht, wat in de werkelijkheid niet het geval is. Deze onderstelling doet ook een fout ontstaan, welke echter de uitkomsten gunstiger maakt dan in de werkelijkheid het geval is).

I.

Worden de verbindingen tusschen de koppelplaten en de 2 randen van den raamligger van fig. 5 eerst scharnierend gedacht, dan zal, wanneer de krachten P gestadig aangroeien en de knikbelasting van het systeem bereikt is, een uitknikking plaats hebben als in fig. 6 is aangegeven.

De randen van de raamstaaf knikken beide afzonderlijk uit in dezelfde richting met een kniklengte van $2nc$, terwijl de koppelplaten volkomen werkeloos blijven. De totale knik-

$$\text{kracht is dan } P = \frac{2 \pi^2 E \tau I_1}{n^2 c^2}.$$

M.a.w. de koppelplaten zouden dus even goed weggelaten kunnen worden.

Worden de verbindingen echter stijf gedacht, dan kunnen in het algemeen de krachten P tot een veel grootere waarde aangroeien, alvorens de knikbelasting van het systeem is bereikt. Is zulks geschied, dan ontstaat een uitknikking met een elastische lijn als in fig. 7 staat aangegeven. In de stijve hoekverbindingen tusschen de randen en de koppelplaten ontstaan de knikmomenten $M'_{0,b}, M'_{1,b}, \dots, M'_{p,b}$, welke momenten in de boven besproken onderstelling van ∞ kleine uitbuigingen, zelf ∞ klein van de 1e orde zijn. In fig. 8 staat de elastische vervorming aangegeven van een willekeurige koppelplaat met de daarop werkende krachten en momenten. De beide momenten M_{pb}' en M_{po}' veroorzaken de reactiekrachten A_p' en B_p' . De krachten A_p' , welke in den bovenrand werken, verkleinen de drukkkrachten in de afzonderlijke velden, terwijl de krachten B_p' , welke in den onderrand werken, deze krachten vergroeten.

De momenten M_{pb}' en M_{po}' echter zijn ∞ klein van de 1e orde en dus ook de krachten A_p' en B_p' . Hun invloed ten opzichte van de eindige kracht P in de differentiaalvergelijking voor de elastische lijn van de randen is dus te verwaarloozen. Maar dan staan boven- en onderrand in volkomen dezelfde conditie en is dus het geval volkomen symmetrisch ten opzichte van de middenas van den raamligger.

Hieruit volgt onmiddellijk $M_{pb}' = M_{po}'$ en $A_p' = -B_p'$.

Verder volgt hieruit en uit de onderstelling, dat A_p' en B_p' ∞ klein van de 1e orde zijn, dat de normaalkrachten N_p' in de koppelplaten ∞ klein van de 2de orde zijn en ten opzichte van de overige momenten en krachten zoowel betreffende hun grootte als de door hen onstane lengteverandering van de koppelplaten geheel te verwaarloozen zijn. Uit den aard van het belastingsgeval van een randstaaf kunnen

verder dwarsreacties in de staafuiteinden niet ontstaan. Hieruit volgt, dat de knikmomenten $M_o' \dots M_p'$ zich steeds zoodanig zullen instellen dat $\frac{\sum M_p'}{nc} = 0$.

Uit de gelijkheid van de momenten M_{pb}' en M_{po}' in elke koppelplaat valt tevens te concluderen, dat de buigpunten van de koppelploaten in het midden daarvan liggen.

Uit de symmetrie blijkt verder, dat het voldoende is slechts één van de 2 randen in beschouwing te nemen²⁾. De elastische lijn van dat profiel bestaat uit verschillende takken, waarvan elke tak afzonderlijk voldoet aan de differentiaalverg. (onder verwaarloozing van de krachtjes A_p en B_p)

$$y'' = \frac{-Py + M_p}{E\tau I_e} = -a^2 y + \frac{M_p}{E\tau I_e}$$

$$\text{waarin } \frac{P}{E\tau I_e} = a^2$$

en $M_p = \sum M_p'$ links van den beschouwden tak voorkomende (zie fig. 9).

De oplossing hiervan is

$$y = C_{1p} \cos ax + C_{2p} \sin ax + \frac{M_p}{P}, \dots \dots (1)$$

$$\text{terwijl } y' = -C_{1p} a \sin ax + C_{2p} a \cos ax \dots \dots (2)$$

$$y'' = -a^2 (C_{1p} \cos ax + C_{2p} \sin ax).$$

Voeren wij een assenstelsel in als in fig. 5 aangegeven staat en eveneens ter bepaling van C_{1p} en C_{2p} de voorwaarden, dat

voor $x = pc$ $y' = \varphi_{(p+1)l}$

voor $x = (p+1)c$ $y' = \varphi_{(p+1)r}$, dan zijn na substitutie hiervan in (2) op te lossen de 2 integratieconstanten.

$$C_{1p} = \frac{\varphi_{(p+1)l} \cos (p+1)ac - \varphi_{(p+1)r} \sin pac}{a \sin ac} \dots (3)$$

$$C_{2p} = \frac{\varphi_{(p+1)l} \sin (p+1)ac - \varphi_{(p+1)r} \cos pac}{a \sin ac} \dots (4)$$

Bepalen wij verder het ordinaat-verschil van de uiteinden van den beschouwden $(p+1)$ den tak wel $y_{p+1} - y_p$, dan vinden wij met (3) en (4) in verband met (1):

2) Op dit feit is, voor zoover steller dezès bekend, het eerst en reeds veel eerder gewezen door prof. dr. ir. J. H. A. Haarman in de door hem ontwikkelde theorieën over diverse knikgevallen, o.a. ook van gekoppelde staven. Prof. Haarman komt echter niet tot een besloten, voor alle veldindeelingen geldige, eindformule zooals in de boven gegeven afleiding het geval is.

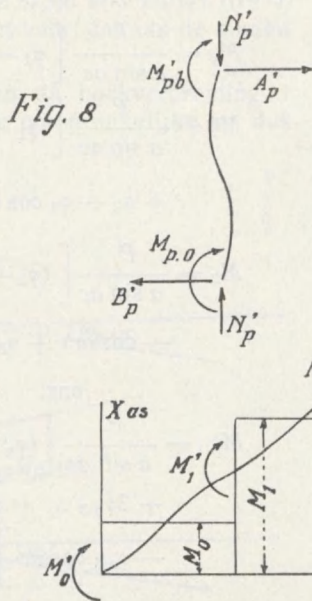


Fig. 8

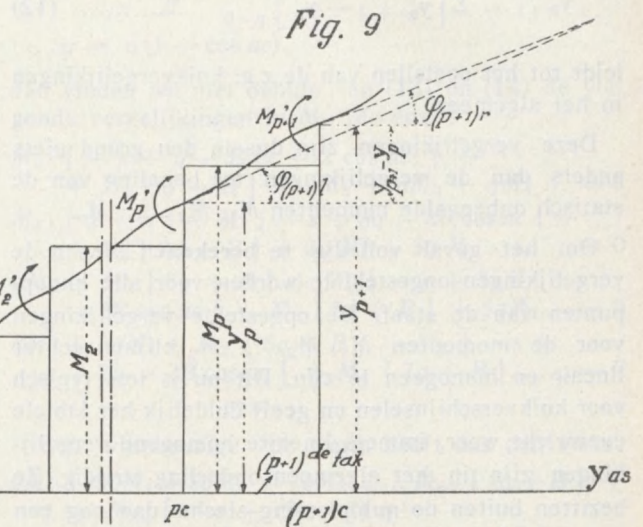


Fig. 9

$$y_{p+1} - y_p = \frac{1 - \cos ac}{a \sin ac} \left[\varphi_{(p+1)l} + \varphi_{(p+1)r} \right] \dots (5)$$

klaarblijkelijk dus in de goniometrische verhoudingen onafhankelijk van de ligging van de tak, aangezien p in de daarin voorkomende $\cos$ en $\sin$ ontbreekt.

Het inwendig moment in de tak is op elke willekeurige plaats $= m_{i(p+1)x} = E \cdot I_e y'' = -E \cdot I_e a^2 \cdot (C_{1p} \cos ax + C_{2p} \sin ax)$ of wel $m_{i(p+1)x} = -P \cdot (C_{1p} \cos ax + C_{2p} \sin ax) \dots \dots \dots (6)$

Bepalen wij nu verder het inwendig moment aan de linker en rechter uiteinden van den $(p+1)$ den tak dan vinden wij met (3) en (4) in verband met (6):

$$m_{i(p+1)r} = \frac{P}{a \sin ac} (\varphi_{(p+1)r} \cos ac - \varphi_{(p+1)l}) \dots \dots \dots (7)$$

$$m_{i(p+1)l} = \frac{P}{a \sin ac} (\varphi_{(p+1)r} - \varphi_{(p+1)l} \cos ac) \dots \dots \dots (8)$$

Uit de algemeene differentiaalverg. volgt verder

$$E\tau I_e y'' = -Py + M_p, \text{ of wel}$$

$$m_{ix} = -Py + M_p$$

dus $M_p = Py + m_{ix}$

Voor de knooppunten geldt dus

$$M_p = Py_p + m_{i(p+1)l} \text{ dan wel } M_p = Py_{p+1} + m_{i(p+1)r} \dots \dots \dots (9)$$

Voor het beginpunt

$$M_o = m_{iol} \dots \dots \dots (10)$$

Opstelling van (10) voor het beginpunt en (9) voor alle tusschenknooppunten, na substitutie van (5), (7) en (8), waarbij de continuïteit van de geheele staaf verkregen wordt door voor de takken onderling in te voeren, dat

$$\varphi_{(p+1)r} = \varphi_{(p+1)l} = \varphi_{(p+1)} \text{ en } \varphi_{(p+1)l} = \varphi_{pr} = \varphi_p \dots \dots \dots (11)$$

waarbij dus de notaties l en r komen te vervallen en verder

$$y_{p+1} = \sum \left[y_{p+1} - y_p \right]_{p=0}^{p=p+1} \dots \dots \dots (12)$$

leidt tot het opstellen van de z.g. knikvergelijkingen in het algemeen.

Deze vergelijkingen zijn dus in den grond niets anders dan de vergelijkingen ter bepaling van de statisch onbepaalde momenten $M_1, M_2, \dots, M_p$.

Om het geval volledig te berekenen dienen de vergelijkingen opgesteld te worden voor alle knooppunten van de staaf. De opgestelde vergelijkingen voor de momenten $M_1, M_2, \dots, M_p$ blijken echter lineair en homogeen te zijn. Dit nu is iets typisch voor knikverschijnselen en geeft duidelijk het labiele evenwicht weer, immers lineaire homogene vergelijkingen zijn in het algemeen onderling strijdig. Ze bezitten buiten de nuloplossing slechts dan nog een andere oplossing, wanneer de determinant gevormd door de coëfficiënten van de onbekenden $= 0$.

Is aan dit laatste voldaan, dan is een bepaalde oplossing mogelijk voor de momenten $M_1, \dots, M_p$, maar buiten deze oplossing is nog een andere mogelijk n.l. $\alpha M_0, \dots, \alpha M_p$, waarbij α een willekeurig constant getal voorstelt. Is dus aan de determinant-voorwaarde voldaan, dan voldoen een ∞ aantal oplossingen, welke oplossingen echter een willekeurige constante verhouding onderling bezitten. Deze eigenschap wijst op het labiele evenwicht. Uit de determinant-voorwaarde is te bepalen welke kracht P dit labiele verschijnsel doet ontstaan.

De vergelijking $|\Delta| = 0$ is dus de knikvoorwaarde voor het systeem. Deze knikvoorwaarde is in het algemeen een hoogeregraadsvergelijking, waarbij dus een aantal oplossingen mogelijk is. Elke oplossing behoort bij een mogelijk aantal golven, waarin de rand kan uitknikken. Echter zal in het onderstaande de knikvoorwaarde voor één golf worden bepaald, omdat deze knikvoorwaarde van alle andere de ongunstigste is, d.w.z. aanleiding geeft tot de kleinste knikkracht. Maar dan is het ook niet noodig alle knikvergelijkingen op te stellen: immers knikt de staaf in één boog uit, dan is het geval ten opzichte van het midden der staaf symmetrisch en is het voldoende slechts het halve aantal knikvergelijkingen op te stellen, terwijl in het midden de helling van de raaklijn aan de elastische lijn $= 0$ moet zijn.

II.

Als voorbeeld zal uitgewerkt worden het geval van een staaf bestaande uit $2n$ velden, waarbij $2n$ zoowel even als oneven mag zijn.

Algemeen geldt $M_p = \sum M_p'$

terwijl verder zijn op te stellen de vergelijkingen:

$$\left. \begin{aligned} M_0 &= \frac{P}{a \sin ac} \left[\varphi_1 - \varphi_0 \cos ac \right] \\ M_1 &= \frac{P}{a \sin ac} \left[(\varphi_1 + \varphi_0) (1 - \cos ac) + \right. \\ &\quad \left. + \varphi_2 - \varphi_1 \cos ac \right] \\ M_2 &= \frac{P}{a \sin ac} \left[(\varphi_2 + 2\varphi_1 + \varphi_0) (1 - \right. \\ &\quad \left. - \cos ac) + \varphi_3 - \varphi_2 \cos ac \right] \\ &\quad \text{enz.} \\ M_{n-1} &= \frac{P}{a \sin ac} \left[(\varphi_{n-1} + 2\varphi_{n-2} + \right. \\ &\quad \left. + 2\varphi_{n-3} \dots + \varphi_0) \cdot (1 - \cos ac) - \right. \\ &\quad \left. - \varphi_{n-1} \cos ac \right] \end{aligned} \right\} (13)$$

De laatste vergelijking geldt voor een even aantal velden. Voor een oneven aantal heeft die vergelijking de onderstaande gedaante:

$$M_{n-\frac{1}{2}} = \frac{P}{a \sin ac} \left[(\varphi_{n-\frac{1}{2}} + 2\varphi_{n-1\frac{1}{2}} + 2\varphi_{n-2\frac{1}{2}} \dots + \varphi_0) \cdot (1 - \cos ac) - \varphi_{n-\frac{1}{2}} (1 + \cos ac) \right]$$

Verder geldt:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_0 &= \eta \left[M_0 + M_1 + M_2 \dots + M_{n-1} + \frac{2B}{\eta} M_0 \right] \\ &\quad \text{c.q.} + \frac{1}{2} M_{n-\frac{1}{2}} \\ \varphi_1 &= \eta \left[M_1 + M_2 \dots + M_{n-1} + \frac{B}{\eta} (M_2 - M_1) \right] \\ &\quad \text{c.q.} + \frac{1}{2} M_{n-\frac{1}{2}} \\ \varphi_2 &= \eta \left[M_2 + M_3 \dots + M_{n-1} + \frac{B}{\eta} (M_1 - M_2) \right] \\ &\quad \text{c.q.} + \frac{1}{2} M_{n-\frac{1}{2}} \\ &\quad \text{enz.} \\ \varphi_{n-1} &= \eta \left[M_{n-1} + \frac{B}{\eta} (M_{n-1} - M_{n-2}) \right] \end{aligned} \right\} (14)$$

terwijl:

$$\varphi_{n-\frac{1}{2}} = \eta \left[\frac{1}{2} M_{n-\frac{1}{2}} + \frac{B}{\eta} (M_{n-\frac{1}{2}} - M_{n-1\frac{1}{2}}) \right] \text{ (voor oneven aantal velden)}$$

waarin $\eta = \frac{4C}{E\tau Fh^2}$; immers geldt voor een willekeurig

$$\text{veld } A_P = -B_P = \sum A_P' = -\sum B_P' = \frac{2\sum M_P'}{h} = \frac{2M_P}{h}.$$

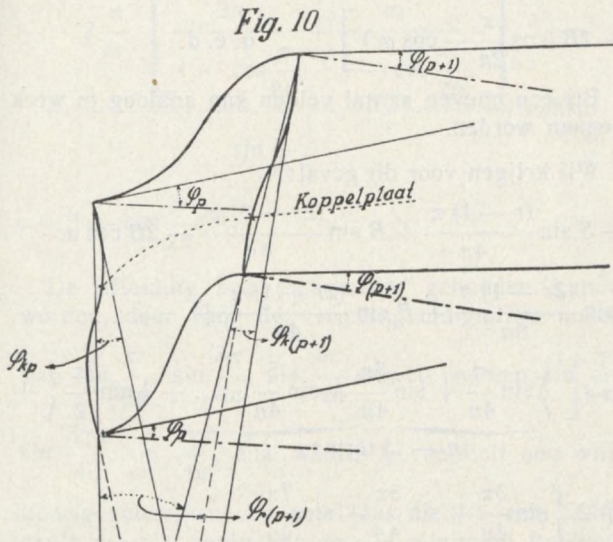
De hoekverdraaiing van de aangrenzende koppelplaten in eenig veld is dan $\frac{C \cdot [A_P + B_P]}{E\tau Fh} =$

$$= \frac{4CM_P}{E\tau Fh^2} = \eta M_P.$$

De invloed van de krachtjes A_P' en B_P' blijkt hier ∞ klein van de 1e orde te zijn en dus niet meer te verwaarlozen.

Verder stelt $\frac{1}{B}$ het moment voor, dat aan de einden van de tusschenkoppelplaten de hoekverdraaiing 1 geeft ten opzichte van de oorspronkelijke as, dus

$$B = \frac{h}{6EI_k} \text{ (zie fig. 10).}$$



Wordt nu verder genoemd:

$$s = \frac{a \sin ac}{P}$$

$$q = \eta (1 - \cos ac),$$

dan vinden we met behulp van (13) en (14) de volgende vergelijkingen in M_0, M_1 enz.

$$\begin{aligned} M_0 \cdot [-s + q - B(1 + 2 \cos ac)] + M_1 [q + B] + qM_2 + qM_3 + qM_4 \dots &= 0 \\ M_0 \cdot [q + B] + M_1 [-s + 3q - 2B \cos ac] + M_2 [3q + B] + 3qM_3 + 3qM_4 \dots &= 0 \\ qM_0 + M_1 [3q + B] + M_2 [-s + 5q - 2B \cos ac] + M_3 [5q + B] + 5qM_4 \dots &= 0 \\ qM_0 + 3qM_1 + M_2 [5q + B] + M_3 [-s + 7q - 2B \cos ac] + M_4 [7q + B] \dots &= 0 \\ \text{enz.} \end{aligned}$$

Een willekeurige rde verg. heeft dus den vorm:

$$\begin{aligned} qM_0 + 3qM_1 + 5qM_2 + 7qM_3 \dots M_{r-2} [rq + B] + M_{r-1} [-s + (2r-1)q - 2B \cos ac] + M_r [(2r-1)q + B] + (2r-1)qM_{r+1} + (2r-1)qM_{r+2} + (2r-1)qM_{r+3} \dots &= 0 \end{aligned}$$

Dit vormt dus een stelsel lineaire homogene vergelijkingen, die alleen dan een van 0 verschillende oplossing geven, indien de determinant gevormd door de bekende termen 0 is. Deze determinant ziet er dus als volgt uit:

$[-s + q - B(1 + 2 \cos ac)]$	$[q + B]$	q	q	q	q
$[q + B]$	$[-s + 3q - 2B \cos ac]$	$[3q + B]$	$3q$	$3q$	$3q$
q	$[3q + B]$	$[-s + 5q - 2B \cos ac]$	$[5q + B]$	$5q$	$5q$
q	$3q$	$[5q + B]$	$[-s + 7q - 2B \cos ac]$	$[7q + B]$	$7q$
enz.					

Om de voorwaarde te vinden, waarbij de determinant 0 wordt, kan de volgende kunstgreep worden toegepast: wij vermenigvuldigen de eerste kolom

met $\sin \frac{\pi}{4n}$ en tellen daarna de overige kolommen

hierbij op, na eerst de 2de vermenigvuldigd te hebben met $\sin \frac{3\pi}{4n}$, de 3de met $\sin \frac{5\pi}{4n}$, de 4de met

$\sin \frac{7\pi}{4n}$, algemeen dus de rde kolom met $\sin \frac{(2r-1)\pi}{4n}$.

Wordt nu verder genoemd:

Wordt nu verder genoemd:

$$X = -s + 2B \left(\cos \frac{\pi}{2n} - \cos ac \right) + \frac{q}{\left(\cos \frac{\pi}{2n} - 1 \right)}$$

of ook:

$$\begin{aligned} X = -\frac{a \sin ac}{P} - \eta + \frac{\eta (1 - \cos ac)}{\cos \frac{\pi}{2n} - 1} + 2B \left(\cos \frac{\pi}{2n} - \cos ac \right), \end{aligned}$$

dan krijgt de determinant de volgende gedaante.

$X \sin \frac{\pi}{4n}$	$[q + B]$	q	q	q	q
$X \sin \frac{3\pi}{4n}$	$[-s + 3q - 2B \cos ac]$	$[3q + B]$	$3q$	$3q$	$3q$
$X \sin \frac{5\pi}{4n}$	$[3q + B]$	$[-s + 5q - 2B \cos ac]$	$[5q + B]$	$5q$	$5q$
$X \sin \frac{(2r-1)\pi}{4n}$	$3q$	$5q$	$7q$	$9q$	$11q$
enz.					

Wij zien hiermee, dat de determinant = 0 wordt indien $X = 0$, waarmee dus de knikvoorwaarde gevonden is.

Wij bewijzen het ontstaan van de eerste kolom algemeen voor den r den regel en memorereen daarbij even de uitkomsten van de som van de 2 volgende goniometrische reeksen.

1e reeks bevattende n termen:

$$\sin a + \sin(a+b) + \sin(a+2b) + \sin(a+3b) \dots$$

$$S_n = \frac{\sin \left[a + \frac{n-1}{2} b \right] \sin \frac{nb}{2}}{\sin \frac{b}{2}}$$

2e reeks bevattende n termen:

$$\cos a + \cos(a+b) + \cos(a+2b) + \cos(a+3b) \dots$$

$$S_n = \frac{\cos \left[a + \frac{n-1}{2} b \right] \sin \frac{nb}{2}}{\sin \frac{b}{2}}$$

Het eerste element van den r den regel wordt toch na uitvoering van de optelling en de diverse vermenigvuldigingen:

$$\begin{aligned} & -S \sin \frac{(r-1)\pi}{4n} + B \sin \frac{(2r-3)\pi}{4n} - \\ & -2B \cos ac \sin \frac{(2r-1)\pi}{4n} + B \sin \frac{(2r+1)\pi}{4n} + \\ & + q \cdot \left[\underbrace{\sin \frac{\pi}{4n} + \sin \frac{3\pi}{4n} + \sin \frac{5\pi}{4n} \dots}_{n \text{ termen}} \right] + \\ & + 2 \left\{ \underbrace{\sin \frac{3\pi}{4n} + \sin \frac{5\pi}{4n} + \sin \frac{7\pi}{4n} \dots}_{(n-1) \text{ termen}} \right\} + \\ & + 2 \left\{ \underbrace{\sin \frac{5\pi}{4n} + \sin \frac{7\pi}{4n} + \sin \frac{9\pi}{4n} \dots}_{(n-2) \text{ termen}} \right\} + \text{enz.} \dots \\ & + 2 \left\{ \sin \frac{(2r-1)\pi}{4n} + \sin \frac{(2r+1)\pi}{4n} + \right. \\ & \left. + \sin \frac{(2r+3)\pi}{4n} \dots \right\} = \\ & \underbrace{\hspace{10em}}_{(n-r) \text{ termen}} \\ & = \sin \frac{(2r-1)\pi}{4n} \left[-S + 2B \left(\cos \frac{\pi}{2n} - \cos ac \right) \right] + \\ & + \frac{q}{\sin \frac{\pi}{4n}} \left[\frac{1}{2} + \cos \frac{\pi}{2n} + \cos \frac{2\pi}{2n} + \cos \frac{3\pi}{2n} \dots \right] = \\ & = \sin \frac{(2r-1)\pi}{4n} \left[-S + 2B \left(\cos \frac{\pi}{2n} - \cos ac \right) \right] + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & + q \frac{\frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{4n} + \cos \frac{r\pi}{4n} \sin \frac{(r-1)\pi}{4n}}{\sin^2 \frac{\pi}{4n}} = \\ & = \sin \frac{(2r-1)\pi}{4n} \left[-S + \frac{q}{\cos \frac{\pi}{2n} - 1} + \right. \\ & \left. + 2B \left(\cos \frac{\pi}{2n} - \cos ac \right) \right] \quad \text{q. e. d.} \end{aligned}$$

Bij een oneven aantal velden kan analoog te werk gegaan worden.

Wij krijgen voor dit geval:

$$\begin{aligned} & -S \sin \frac{(r-1)\pi}{4n} + B \sin \frac{(2r-3)\pi}{4n} - 2B \cos ac \cdot \\ & \cdot \sin \frac{(2r-1)\pi}{4n} + B \sin \frac{(2r+1)\pi}{4n} + \\ & + q \left[\underbrace{\left\{ \sin \frac{\pi}{4n} + \sin \frac{3\pi}{4n} + \sin \frac{5\pi}{4n} \dots + \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{2} \right\}}_{(n-1) \text{ termen}} \right] + \\ & + 2 \left\{ \underbrace{\sin \frac{3\pi}{4n} + \sin \frac{5\pi}{4n} + \sin \frac{7\pi}{4n} \dots}_{(n-2) \text{ termen}} \right\} + \\ & + \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{2} \left\{ + \text{enz.} \dots + \right. \\ & + 2 \left\{ \sin \frac{(2r-1)\pi}{4n} + \sin \frac{(2r+1)\pi}{4n} + \right. \\ & \left. + \sin \frac{(2r+3)\pi}{4n} \dots + \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{2} \right\} \left. \right] = \\ & \underbrace{\hspace{10em}}_{(n-r-1) \text{ termen}} \\ & = \sin \frac{(2r-1)\pi}{4n} \cdot \left[-S + 2B \left(\cos \frac{\pi}{2n} - \cos ac \right) \right] + \\ & + \frac{q}{\sin \frac{\pi}{4n}} \left[\frac{1}{2} + \cos \frac{\pi}{2n} + \cos \frac{2\pi}{2n} + \cos \frac{3\pi}{2n} \dots \right] = \\ & = \sin \frac{(2r-1)\pi}{4n} \left[-S + \frac{q}{\cos \frac{\pi}{2n} - 1} + \right. \\ & \left. + 2B \left(\cos \frac{\pi}{2n} - \cos ac \right) \right]. \end{aligned}$$

Voeren wij verder weer in het begrip virtueele kniklengte mc ten opzichte van het enkele profiel I_e of m.a.w. noem:

$$P = \frac{\pi^2 E \tau I_e}{m^2 c^2}, \text{ dan is } ac = \sqrt{\frac{P}{E \tau I_e}} = \frac{\pi}{m}$$

en met $\eta = \frac{4c}{E \tau F h^2}$ en $B = \frac{h}{6 E I_k}$, als $I_k =$ het

traagheidsmoment van de koppelplaten, vinden wij na eenige herleidingen de knikvoorwaarde:

$$\frac{\frac{h^2}{2i_e^2}}{1 + \frac{h^2}{2i_e^2} \times \frac{\varepsilon}{12} \times \frac{\tau h I_e}{C I_k}} = \frac{2 \frac{\pi}{m} \left[\frac{\cos \frac{\pi}{2n}}{1 - \cos \frac{\pi}{2n}} - \frac{\cos \frac{\pi}{m}}{1 - \cos \frac{\pi}{2n}} \right]}{\sin \frac{\pi}{m}}, \text{ waarin}$$

$$\varepsilon = 1 - \cos \frac{\pi}{2n}.$$

De afleiding had algemeener gehouden kunnen worden, door voor de vermenigvuldigtallen in stede

van $\sin \frac{\pi}{4n}$, $\sin \frac{3\pi}{4n}$, $\sin \frac{5\pi}{4n}$ enz. te nemen $\sin \frac{\gamma\pi}{4n}$,
 $\sin \frac{3\gamma\pi}{4n}$, $\sin \frac{5\gamma\pi}{4n}$, enz. waarin γ voorstelt een wille-

keurig geheel oneven getal dus 1, 3, 5 enz. Echter geeft $\gamma = 1$ aanleiding tot de minimum knikvoorwaarde, zoodat het bewijs voor dit geval alleen is doorgevoerd. Voor de andere mogelijke waarden van γ verloopt dit geheel analoog, doch moge hier achterwege blijven³⁾.

Gaan wij nu den invloed van de afschuiving na, dan blijkt dat deze ook exact juist in rekening te brengen is.

a) Wordt vooreerst de invloed van de afschuiving in de randen in rekening gebracht, dan geldt voor de verschillende takken de volgende diff. verg.

$$E\tau I_e \frac{d^2y}{dx^2} = -M_x + \frac{\lambda E\tau I_e}{GF} \cdot \frac{dQ_x}{dx}.$$

Verder is:

$$M_x = Py - M_p \text{ en dus } \frac{dQ_x}{dx} = \frac{d^2M_x}{dx^2} = P \frac{d^2y}{dx^2}$$

waardoor de diff. verg. overgaat in:

$$\left(1 - \frac{\lambda P}{GF_e}\right) E\tau I_e \frac{d^2y}{dx^2} = -Py + M_p$$

welke geheel dezelfde is als de in het voorgaande gebruikte diff. verg. indien men het traagheidsmoment

I_e reduceert tot KI_e , waarbij $K = 1 - \frac{\lambda P}{GF_e}$. Wordt

dan verder gesteld, dat $P = \frac{\pi^2 E\tau K I_e}{m^2 c^2}$

$$\text{dan blijft } ac = \sqrt{\frac{P}{E\tau K I_e}} = \frac{\pi}{m}$$

en gaan de afgeleide formules dus onveranderd op.

Echter is de term $\frac{\lambda P}{GF_e}$ zelf in de ongunstigste

gevallen slechts zeer klein. Nemen wij b.v. voor den coëfficiënt K de waarde 2,5 aan, wat ongeveer een gemiddelde is voor de gebruikelijke profielen, en

voor de ongunstigste knikspanning $\sigma_k = \frac{P}{F_e} = 2400$

kg/cm², dan vindt men voor $\frac{\lambda P}{GF_e} = \frac{2,5 \times 2400}{800000} =$

0,0075, zoodat in dit geval een vermindering in rekening dient gebracht te worden van nog niet één procent. Deze invloed kan dus gevoegelijk buiten beschouwing gelaten worden.

b) Wat de afschuiving in de koppelplaten betreft, hierbij wordt weer een aanname voor de eindkoppelplaten gedaan en wel, dat zij zoodanig bemeten zijn, dat $I_{ek} = \frac{1}{2} I_k$, maar tevens ook dat $F_{ek} = \frac{1}{2} F_k$ of wel dat $i_{ek} = i_k$, d.w.z. dus dat de tusschenkoppelplaten, aangezien zij in den regel een rechthoekige doorsnede bezitten, $2 \times$ zoo dik zijn als de eindkoppelplaten. Uit de differentiaalvergelijking voor de elastische lijn, voor zoover zij slechts afhangt van

de schuifspanning n.l. $\frac{dy}{dx} = \frac{\lambda D_x}{GF}$ volgt, dat de hoek-

verdraaiing aan de uiteinden van de koppelplaten alleen afhankelijk is van de knikmomenten, welke aan de uiteinden van de koppelplaten werken, wat eveneens het geval is met de hoekverdraaiing tengevolge van de buiging in de koppelplaten. Hierdoor gaan ook alle bovengegeven afleidingen exact op, immers wij hebben dan alleen te zetten

$$B = \frac{h}{6EI_k} + \frac{2\lambda}{GF_k};$$

alsdan wordt

$$Z = \frac{\frac{h^2}{2i_e^2}}{1 + \frac{\varepsilon}{2} \frac{h^2}{2i_e^2} \frac{E\tau I_e}{c} \left[\frac{h}{6EI_k} + \frac{2\lambda}{GF_k h} \right]}.$$

Deze invloed is grooter dan de vorige en kan, wanneer groote nauwkeurigheid verlangd wordt, alsnog en — zooals aangetoond is — exact juist in rekening gebracht worden (indien aan de voorwaarden van de eindkoppelplaten voldaan is). In het algemeen heeft dit weinig zin. Zooals meestal bij rekenvoorbeelden zal blijken, is zelfs de invloed van de buiging in de koppelplaten in normale constructies (d.w.z. indien redelijk stijve koppelplaten toegepast worden) zeer gering, zoodat men dan evengoed volstaan kan met de aanname van ∞ stijve koppelplaten, of m.a.w. rekent met

$$Z = \frac{h^2}{2i_e^2}.$$

Dit komt het snelle dimensioneren zeer ten goede, zooals verderop zal blijken. Zorgt men dan,

3) Het merkwaardige sinusvormige verloop van de momenten M is destijds door schrijver toevallig ontdekt en dat kwam, omdat hij toen de differentie rekening nog niet beheerschte. Met deze rekenwijze echter had men geheel analytisch dit merkwaardige verloop kunnen vinden.

dat een zoodanige veldindeeling wordt toegepast, dat de verkregen virtueele slankheid van de staaf om de vrije as eenige procenten lager is dan de slankheid om de andere as, dan is zulks alleszins voldoende. De berekeningen zijn dan waarlijk tot een minimum beperkt.

Is niettemin een groote nauwkeurigheid vereischt, dan kan daarbij nog rekening gehouden worden met het meegeven der klinknagelverbindingen, wat men het best doet door schattenderwijze reductie van het traagheidsmoment I_k der koppelplaten. Wordt weer aangenomen, dat de eindkoppelplaten ook wat hun nagelverbindingen betreft de halve sterkte bezitten van de overige, dan gaat de theorie in het algemeen weer exact juist op, als aangenomen mag worden, dat de reductie van I_k exact juist geschied is.

III.

De practische toepassing van bovenontwikkelde theorie geschiedt het best door de functie Z in tabelvorm vast te leggen.

Tabel.

	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$	$n = 6$	$n = 7$
	$\frac{\varepsilon}{6} = \mu$ voor $l = nc$.					
	0,1666	0,0833	0,0487	0,0318	0,0223	0,0165
m	Z voor $l = nc$.					
1,00	∞	∞	∞	∞	∞	∞
1,05	39,70	119,71	232,49	378,03	555,74	764,10
1,10	19,45	59,21	115,41	178,77	276,06	380,49
1,15	12,58	38,87	76,08	123,95	182,39	251,51
1,20	9,07	28,61	56,25	91,85	134,45	186,78
1,25	6,92	22,39	44,28	72,45	106,92	147,61
1,30	5,45	17,82	36,26	59,42	87,85	121,39
1,35	4,39	15,18	30,33	50,09	74,16	102,56
1,40	3,58	12,90	26,06	43,04	63,83	88,80
1,45	2,94	11,11	22,66	37,55	55,77	77,31
1,50	2,42	9,67	19,93	33,15	49,32	68,44
1,55	1,99	8,49	17,68	29,52	44,03	61,16
1,60	1,63	7,51	15,82	26,51	39,62	55,11
1,65	1,35	6,66	14,23	23,97	35,88	49,98
1,70	1,05	5,95	12,87	21,75	32,68	45,59
1,75	0,82	5,32	11,69	19,88	29,91	41,79
1,80	0,62	4,78	10,66	18,24	27,50	38,46
1,85	0,43	4,29	9,75	16,78	25,37	35,55
1,90	0,27	3,87	8,95	15,50	23,48	32,99
1,95	0,13	3,48	8,23	14,33	21,77	30,65
2,00	0,00	3,14	7,58	13,31	20,70	28,58
2,05		2,83	7,03	12,37	19,00	26,76
2,10		2,55	6,48	11,54	18,51	25,03
2,15		2,30	6,00	10,77	16,60	23,49
2,20		2,06	5,56	10,07	15,58	22,10
2,25		1,85	5,17	9,44	14,68	20,76
2,30		1,65	4,80	8,85	13,80	19,65
2,35		1,47	4,46	8,31	13,01	18,54
2,40		1,31	4,15	7,81	12,28	17,57
2,45		1,15	3,86	7,35	11,61	16,65
2,50		1,01	3,57	6,91	11,01	15,80
2,55		0,88	3,34	6,52	10,41	15,00
2,60		0,75	3,11	6,15	9,87	14,26
2,65		0,64	2,89	5,80	9,36	13,57
2,70		0,53	2,69	5,48	8,89	12,92
2,75		0,42	2,50	5,18	8,45	12,31
2,80		0,33	2,32	4,89	8,03	11,75
2,85		0,24	2,16	4,63	7,65	11,21
2,90		0,16	2,00	4,37	7,28	10,72
2,95		0,08	1,85	4,14	6,93	10,24
3,00		0,00	1,71	3,91	6,61	9,79

In de 1e kolom van de bijgegeven tabel staat aangegeven de coëfficiënt van virtueele kniklengte m opklimmende met 0,05. In de overige kolommen staan voor de diverse veldindeelingen de bijbehorende waarden uitgerekend voor de functie Z . Ten

overvloede staan de waarden voor $\mu = \frac{\varepsilon}{6}$ aangegeven voor de diverse veldindeelingen.

Het gebruik geschiedt dan als volgt.

1e. Men berekent uit de constructiegegevens

$$Z = \frac{h^2}{2i_e^2}.$$

2e. Men kiest voorloopig schattenderwijs het aantal toe te passen velden, waarna de coëfficiënt m direct is op te zoeken.

3e. Alsdan is bekend de virtueele slankheid $= \frac{mc}{i_e}$

en de daarbij behorende knikspanning $\frac{\pi E \tau}{\left(\frac{mc}{i_e}\right)^2}$ en

dus ook τ .

4e. Indien zulks noodig geacht wordt, kan het resultaat gecontroleerd worden met de juistere waarden voor Z (zie voorafgaand), waarbij dan voorloopig gebruik gemaakt kan worden van de gevonden waarden voor τ .

5e. Door opeenvolgende scherpere benaderingen van τ kan eindelijk de eindwaarde gevonden worden. Voldoen de gevonden uitkomsten niet, dan moet alles herhaald worden met een grootere veldindeeling. Zooals reeds gezegd, zijn de bewerkingen ad 4e en 5e in het algemeen overbodig en kan ruimschoots volstaan worden met de bewerkingen ad 1e, 2e en 3e. Men ziet, dat de toepassing dan al heel kort en eenvoudig is.

Op een bijzonder feit moet nog gewezen worden, en wel denkt men zich de koppelplaten ∞ slap of m.a.w. $I_k = 0$ en $F_k = 0$, dan berekent men $Z = 0$. Het opzoeken in de tabel van de waarde m voor dit geval, geeft voor alle veldindeelingen $m = 2n$ en dus als virtueele kniklengte $l = 2nc$, m.a.w. het enkele profiel knikt over de volle staaflengte uit, wat juist is. De formules van Bleich, Engesser, Grüning en Müller-Breslau nu geven alle voor dit geval dat de knikkracht $= 0$, wat natuurlijk niet juist is. Voor normale gevallen liggen de uitkomsten in het algemeen vrij dicht bij elkaar, zoodat de benaderingsformules in het algemeen als bevredigend beschouwd mogen worden. Toch gaat de berekening aan de hand van de voorgaande tabel, zooals gemakkelijk is in te zien, in het algemeen veel sneller, waarbij nog als een bijkomstig voordeel bereikt is, dat gerekend wordt met een nauwkeuriger theorie.

Voorbeeld.

Staafdoorsnede: 2 buitenwaarts gekeerde kanaalijzers
no. 28, met vrije tussenruimte van 240 mm.
Onderlinge zwaartepuntsafstand $h=29,06$ cm.
Doorsnede koppelplaten: 250×10 mm.
Staaf lengte 660 cm = 6 velden à 110 cm.

$$\begin{aligned} h &= 29,06 \text{ cm} \\ c &= 110, \text{— cm} \\ i_e &= 2,74 \text{ cm} \\ I_e &= 399, \text{— cm}^4 \\ I_k &= \frac{1}{12} \times 1 \times 25^3 = 1302 \text{ cm}^4 \\ \mu &= 0,0223 \\ l &= 660, \text{— cm} \\ n &= 6, \text{—} \end{aligned}$$

In het onderstaande is τ geheel bepaald uit de eerstgevonden waarde van λ , waarbij de koppelplaten ∞ stijf zijn beschouwd.

$$\infty \text{ Stijve koppelplaten. } Z = \frac{h^2}{2i_e^2} = \frac{29,06^2}{2 \cdot 2,74^2} = 56,22$$

In de tabel onder $n=6$ ligt 56,22 tusschen 63,83 en 55,77; door interpolatie vindt men $m=1,447$, dus $\lambda_v = \frac{1,447 \cdot 110}{2,74} = 58,1$ rond 58.

Niet ∞ stijve koppelplaten.
(vormverandering in de koppelplaat alleen door buiging).

$$\begin{aligned} Z &= \frac{\frac{h^2}{2i_e^2}}{1 + \left(\mu \frac{h^2}{2i_e^2} \times \frac{I_e \cdot h}{I_k \cdot c} \right) \tau} = \\ &= \frac{\frac{29,06^2}{22 \cdot 2,74^2}}{1 + \left(0,0223 \cdot \frac{29,06^2}{2 \cdot 2,74^2} \cdot \frac{399 \cdot 29,06}{1302 \cdot 110} \right) \frac{876}{2100}} = \\ &= 54,07 \text{ dus } m = 1,463 \\ \text{waaruit } \lambda_v &= \frac{1,463 \cdot 110}{2,74} = 58,7 \text{ rond } 59. \end{aligned}$$

Niet ∞ stijve koppelplaten.
(vormverandering in de koppelplaat door buiging en afschuiving).

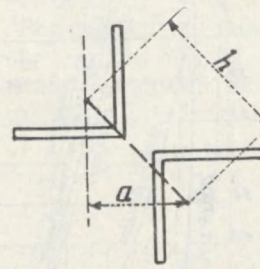
$$\begin{aligned} Z &= \frac{\frac{h^2}{2i_e^2}}{1 + \left(\mu \frac{h^2}{2i_e^2} \cdot \frac{I_e \cdot h}{I_k \cdot c} \right) \tau + \left(6 \mu \frac{h}{i_e^2} \cdot \frac{I_e \cdot \lambda}{F_k \cdot c} \cdot \frac{E}{G} \right) \tau} = \\ &= \frac{29,06^2}{2 \cdot 2,74^2} \cdot \left[\frac{1 + \left(0,0223 \cdot \frac{29,06^2}{2 \cdot 2,74^2} \cdot \frac{399 \cdot 29,06}{1302 \cdot 110} \right) \cdot \frac{876}{2100} + \left(6 \cdot 0,0223 \cdot \frac{29,06}{2,74^2} \cdot \frac{399 \cdot \frac{6}{25} \cdot 2100}{110 \cdot 800} \right) \cdot \frac{876}{2100} \right] = \\ &= 50,2 \text{ dus } m = 1,493 \\ \text{waaruit } \lambda_v &= \frac{1,493 \cdot 110}{2,74} = 59,9 \text{ rond } 60. \end{aligned}$$

Ten overvloede volgt hierbij nog 1 grafiek, waarbij de formules van Bleich, Engesser, Grüning en Müller-Breslau, in denzelfden vorm omgezet als de bovenstaande afgeleide formule, hiermede vergeleken worden. Zulks is geschied voor $l=3c$ en $l=6c$. De grafiek spreekt overigens voor zich zelf (zie pag. 102).

De methode biedt daarom zoo'n groot voordeel tegenover de formule van Engesser, omdat de grootheden h en i_e direct uit de handboeken en tabellen zijn te bepalen en het rekenwerk hierdoor tot een minimum wordt gereduceerd.

Dit is vooral het geval bij overhoeksche hoekijzers, indien de virtueele slankheid om de vrije as AB bepaald moet worden (zie fig. 11).

Fig. 11



Hier is de afstand a direct uit de handboeken te vinden en dan wordt dus

$$Z = \frac{h^2}{2i_e^2} = \frac{\left[\frac{2a}{\sqrt{2}} \right]^2}{2i_e^2} = \frac{a^2}{i_e^2}.$$

De geheele berekening van het traagheidsmoment c.q. den traagheidsstraal om de vrije as AB komt geheel te vervallen, hetgeen bij toepassing van de formule van Engesser wel had moeten geschieden.

F. Over de stabiliteit van een voegloos spoor.

Een eigenaardig soort van stabiliteitsvraagstukken doet zich voor bij de bepaling van de zekerheid in de ligging van een voegloos spoor onder den invloed van een sterke temperatuurverhooging. In het *Bulletin de l'Association Internationale du Congrès des Chemins de Fer* no. 8 — 1937 is van de hand van schrijver dezes een artikel verschenen onder den titel „Sur la stabilité de la voie ferrée soudée”, waarin deze materie in extenso besproken wordt. Wij willen ons hier alleen aan het mathematische gedeelte houden en de metingen van dwarsligger-weerstand, het in rekening te brengen traagheidsmoment enz. door de S. S. op dit gebied verricht, en kritieken op andere artikelen, betrekking hebbende op deze materie, achterwege laten.

Wij nemen als stabiliseerenden factor aan een gelijkmatig verdeelde belasting, verder een constante $E \cdot I$, een constante langswrijving per strekkende eenheid in het spoor en vermelden alleen terloops, dat bij knik in horizontale richting de dwarsligger-weerstand loodrecht op asspoor eerst na het bereiken van een zekere verschuiving van den dwarsligger constant blijft, doch tevoren pseudo-elastisch is, d.w.z. een kromlijniig verband geeft tusschen weerstand en verschuiving.

Het uitknikken van oneindig lange staven kan geschieden onder vorming van golven van verschillend beeld. In het onderstaande zijn achtereenvolgens 4 knikvormen in beschouwing genomen n.l.: uitknikking in 1, 2, 3 dan wel 4 golven. Zooals gezegd, is het karakteristieke van den dwarsliggerweerstand, dat hij, wanneer een zekere min of meer elastische verschuiving is overschreden, constante reacties geeft tegengesteld gericht aan de verdere verschuiving. Hierdoor ontstaan takken in de golfvorming, die elk een afzonderlijke beschouwing vergen.

Bij het uitknikken nu kan men de volgende verschijnselen onderkennen: een gedeelte van het spoor geraakt uit zijn evenwichtstoestand. Over dit gedeelte heeft een koordeverkortings plaats, terwijl aan weerszijden van het uitgeknikte deel de aansluitende railstukken, door de wrijving in de bevestigingsmiddelen, slechts over bepaalde lengten kunnen expandeeren. Onder aanname van volkomen gelijkmatigheid van het geheel, zijn deze stukken links en rechts aan elkaar gelijk. In de daaropvolgende rail-

stukken blijft de oorspronkelijke temperatuurskracht gehandhaafd. Het komt er op aan, deze kracht, welke we P_t zullen noemen, te bepalen. De heerschende kracht in het uitgeknikte deel worde P genoemd. P is altijd kleiner dan P_t , terwijl bij volkomen gelijkmatigheid de overgang van P_t naar P rechtlijnig is.

Om het vraagstuk voor de vorming van de verschillende takken zoo algemeen mogelijk te houden, beschouwen we een willekeurigen tak afzonderlijk. Hierop werken de axiale kracht P , de gelijkmatige belasting q en twee willekeurige momenten M_1 en M_2 en dwarskrachten Q_1 en Q_2 op de uiteinden zooals in fig. 12 geschetst.

Voor het aangenomen assenstelsel luidt de diff. verg. voor de elastische lijn:

$$E \cdot I \frac{d^2 y}{dx^2} = + M_x$$

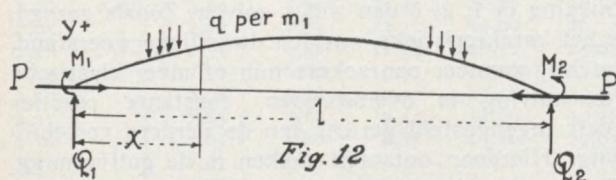
terwijl

$$M_x = -P y + \frac{1}{2} q x (l-x) + \frac{l-x}{l} M_1 + \frac{x}{l} M_2$$

waarmee dus de diff. verg. wordt:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = -a^2 y + \frac{\frac{1}{2} q x (l-x) + \frac{l-x}{l} M_1 + \frac{x}{l} M_2}{E \cdot I}$$

waarin:



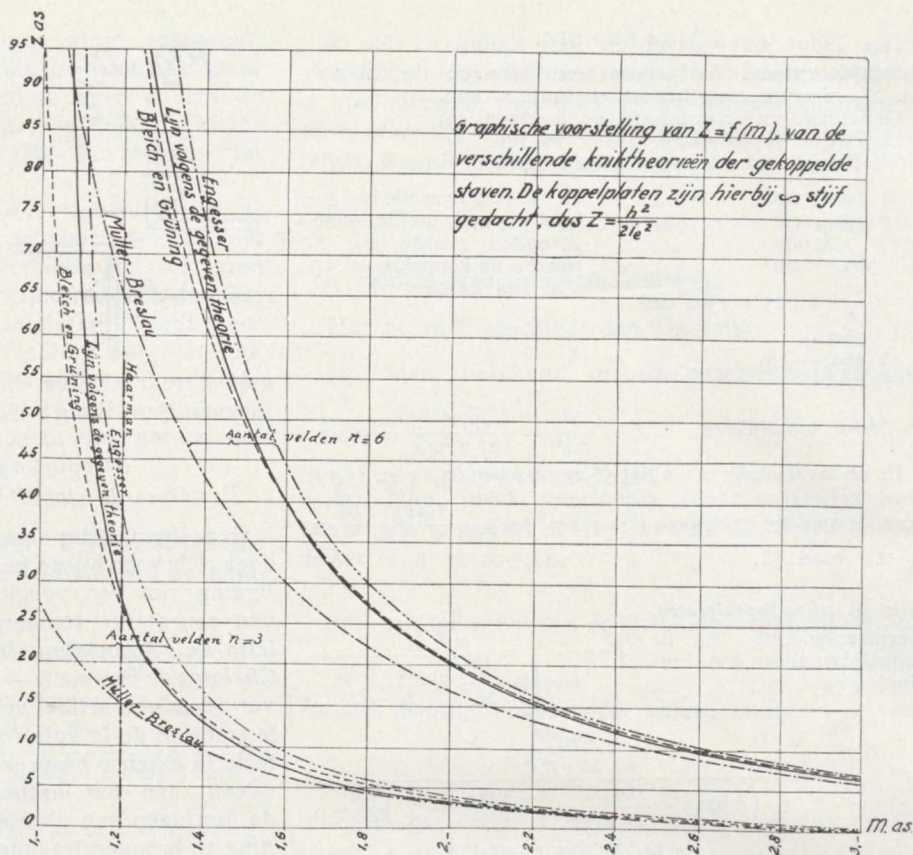
$$a^2 = \frac{P}{E \cdot I}$$

De oplossing van deze vergelijking luidt:

$$y = C_1 \cos ax + C_2 \sin ax +$$

$$+ \frac{\frac{1}{2} q x (l-x) + \frac{l-x}{l} M_1 + \frac{x}{l} M_2}{P} + \frac{q}{a^2 P};$$

dan is dus



$$\frac{dy}{dx} = -C_1 a \sin ax + C_2 a \cos ax +$$

$$\frac{\frac{1}{2} q l - q x - \frac{M_1}{l} + \frac{M_2}{l}}{P}$$

Met de grensvoorwaarden $y = 0$ voor $x = 0$ en $x = l$ verkrijgt men de 2 bestemmingsvergelijkingen voor C_1 en C_2 .

$$C_1 + \frac{M_1}{P} + \frac{q}{a^2 P} = 0$$

en

$$C_1 \cos al + C_2 \sin al + \frac{M_2}{P} + \frac{q}{a^2 P} = 0$$

en hiermee dus:

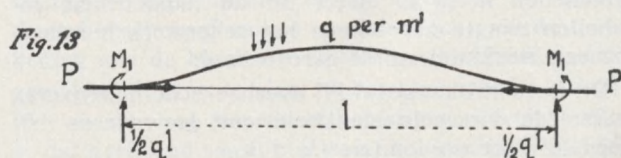
$$C_1 = -\frac{a^2 M_1 + q}{a^2 P} \quad (15)$$

$$C_2 = +\frac{a^2 M_1 + q}{a^2 P} \cot al - \frac{a^2 M_2 + q}{a^2 P \sin al} \quad (16)$$

Wij beschouwen nu het eerste geval n.l. de uitwijking met één golf. Voor dit geval wordt:

$$Q_1 = Q_2 = \frac{1}{2} q l, \text{ terwijl verder } M_1 = M_2$$

en $\frac{dy}{dx} = 0$ voor $x = 0$ (zie fig. 13).



Deze laatste voorwaarde geeft een 3de bestemmingsvergelijking er bij en wel voor $M_1 = M_2$, die luidt:

$$C_2 a + \frac{q l}{2 P} = 0$$

of

$$C_2 = -\frac{q l^2}{2 P a l}$$

Met (15) en (16) vindt men verder:

$$C_1 = -\frac{q l^2}{2 P} \cdot \frac{\sin al}{al (1 - \cos al)}$$

en

$$M = \frac{q l^2}{2 a l} \cdot \frac{\sin al}{1 - \cos al} - \frac{q}{a^2}.$$

Hiermee wordt:

$$y = -\frac{q l^2}{2 P} \cdot \left[\frac{\sin al (\cos ax - 1)}{al (1 - \cos al)} + \frac{\sin ax}{al} \right] + \frac{\frac{1}{2} q x (l - x)}{P} \quad (17)$$

De uitbuiging in het midden wordt dan:

$$f = \frac{q l}{2 P a} \cdot \left[\frac{al}{4} - \operatorname{tg} \frac{al}{4} \right]$$

of ook

$$\frac{q E \cdot I}{2 P^2 f} = \frac{1}{al \cdot \left(\frac{al}{4} - \operatorname{tg} \frac{al}{4} \right)} \quad (17a)$$

Wij gaan nu na, bij welke waarde van l, q een max. bereikt bij constante P en f . Differentiatie van (17a) naar l geeft:

$$\frac{dq}{dl} = \frac{16 a P f}{l^2} \cdot \left[\frac{(\cos \frac{1}{2} al - 1) (al \cos \frac{1}{2} al - 2 \sin \frac{1}{2} al)}{al \sin \frac{1}{2} al - 4 (1 - \cos \frac{1}{2} al)} \right]$$

welke betrekking gelijk 0 moet wezen. Men ziet gemakkelijk in, dat dit zoo zal zijn indien de noemer gelijk ∞ is, dan wel de teller gelijk 0. De noemer wordt ∞ bij $al = \infty$ welke waarde van geen betekenis is. De teller wordt 0 indien $\cos \frac{1}{2} al = 1$, dan wel

$$\text{indien } \frac{al}{2} = \operatorname{tg} \frac{al}{2}.$$

De kleinste waarde voor al wordt uit de 2de betrekking gevonden en deze bedraagt:

$$al = 2,86 \pi = \text{rond } 9,$$

waarmee wordt gevonden $P = \frac{81 E \cdot I}{l^2} \quad (18)$

en verder de betrekking

$$q = 0,064 \cdot \frac{P^2 f}{E \cdot I} \quad (19)$$

Bepalen we nu de koorde-inkorting zuiver tengevolge van de buiging, zoo kan daarvoor geschreven worden (aangezien de uitbuigingen gering zijn ten opzichte van de lengten):

$$\Delta_1 l = \pm \int_0^l \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 dx.$$

$$\begin{aligned} \Delta_1 l &= \int_0^l \left[\frac{1}{2} C_1^2 a^2 \sin^2 ax + \frac{1}{2} C_2^2 a^2 \cos^2 ax + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\frac{1}{4} q^2 l^2 + q^2 x^2 - q^2 l x}{2 P^2} - C_1 C_2 a^2 \sin ax \cos ax - C_1 a \sin ax \cdot \right. \\ &\quad \left. \cdot \frac{\frac{1}{2} q l - q x}{P} + C_2 a \cos ax \cdot \frac{\frac{1}{2} q l - q x}{P} \right] dx = \\ &= \frac{1}{2} C_1^2 a \left(\frac{1}{2} al - \frac{1}{4} \sin 2al \right) + \frac{1}{2} C_2^2 a \cdot \\ &\quad \cdot \left(\frac{1}{2} al + \frac{1}{4} \sin 2al \right) - \frac{1}{2} C_1 C_2 a \sin^2 al + \\ &\quad + \frac{C_1 q l}{2 P} \cdot (\cos al - 1) + \frac{C_2 q l}{2 P} \cdot \sin al + \\ &\quad + \frac{C_1 q}{a P} \cdot (\sin al - al \cos al) - \frac{C_2 q}{a P} \cdot (\cos al - \\ &\quad - 1 + al \sin al) + \frac{q^2 l^3}{24 P^2} = \\ &= 76 \cdot \frac{q^2 E \cdot I}{P^3} \cdot \sqrt{\frac{P}{E \cdot I}} \quad (20) \end{aligned}$$

indien de waarde $al = 9$ daarin gesubstitueerd wordt.

Wij krijgen nu het 2de geval (zie fig. 14).

Hierbij onderscheidt men 2 spiegel-symmetrische takken. Het is dan voldoende 1 tak in beschouwing te nemen, waarvoor geldt voor $x = 0$ is $\frac{dy}{dx} = 0$,

terwijl $M_2 = 0$.

Dus:

$$C_2 a + \frac{\frac{1}{2} q l^2 - M_1}{P l} = 0.$$

Met (14) en (15) vindt men dan:

$$C_1 = -\frac{a^2 M_1 + q}{a^2 P} \quad (21)$$

$$C_2 = \frac{2 M_1 - q l^2}{2 P a l} \quad (22)$$

en

$$\begin{aligned} M_1 &= -q l^2 \cdot \left[\frac{2 (\cos al - 1) + al \sin al}{2 al (al \cos al - \sin al)} \right] = \\ &= -\Delta \cdot q l^2 \quad (23) \end{aligned}$$

zoodat dus:

$$y = -\frac{a^2 M_1 + q}{a^2 P} \cos ax + \frac{2 M_1 - q l^2}{2 P a l} \cdot \sin ax + \frac{\frac{1}{2} q x (l - x) + \frac{1 - x}{l} M_1}{P} + \frac{q}{a^2 P};$$

voor $x = \frac{1}{2} l$ wordt dan:

$$f = \frac{q l^2}{P} \cdot \left[\left\{ \Delta - \frac{1}{(al)^2} \right\} \cos \frac{1}{2} al - \frac{2 \cdot \Delta + 1}{2 al} \cdot \sin \frac{1}{2} al + \frac{1}{8} - \frac{\Delta}{2} + \frac{1}{(al)^2} \right] \quad (24)$$

Het relatieve maximum van q kan hier het gemakkelijkst gevonden worden door direct probeeren van (24).

Men vindt als ongunstigste waarde $al = 6,4$

$$\text{waarmee } P = \frac{41 E \cdot I}{l^2} \quad (25)$$

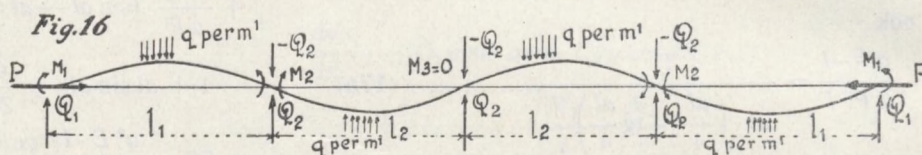
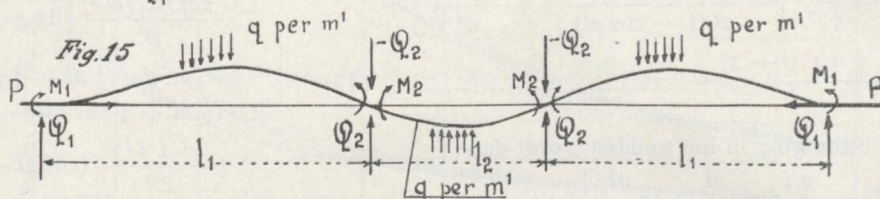
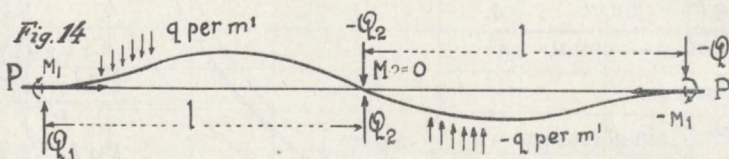
$$\text{en } q = 0,148 \cdot \frac{P^2 f}{E \cdot I} \quad (26)$$

Dan wordt weer:

$$\begin{aligned} \Delta_1 l = \int_0^l & \left[\frac{1}{2} C_1^2 a^2 \sin^2 ax + \frac{1}{2} C_2^2 a^2 \cos^2 ax + \right. \\ & + \frac{1}{2} \left(\frac{\frac{1}{2} q l - q x - \frac{M_1}{l}}{P} \right)^2 - C_1 C_2 a^2 \cdot \\ & \cdot \sin ax \cos ax - C_1 a \sin ax \cdot \\ & \cdot \frac{\frac{1}{2} q l - q x - \frac{M_1}{l}}{P} + C_2 a \cos ax \cdot \\ & \cdot \left. \frac{\frac{1}{2} q l - q x - \frac{M_1}{l}}{P} \right] dx = \frac{1}{2} C_1^2 a \cdot \\ & \cdot \left(\frac{1}{2} al - \frac{1}{4} \sin 2 al \right) + \frac{1}{2} C_2^2 a \left(\frac{1}{2} al + \right. \\ & + \left. \frac{1}{4} \sin 2 al \right) - \frac{C_1 C_2 a}{2} \cdot \sin^2 al + \\ & + \frac{C_1 \left(q l - \frac{2 M_1}{l} \right)}{2 P} \cdot (\cos al - 1) + \\ & + \frac{C_2 \left(q l - \frac{2 M_1}{l} \right)}{2 P} \cdot \sin al + \frac{C_1 q}{a P} \cdot (\sin al - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & - al \cos al) - \frac{C_2 q}{a P} \cdot (\cos al - 1 + al \sin al) + \\ & + \frac{q^2 l^3}{24 P^2} + \frac{M_1^2}{2 P^2 l} = \\ & = 29 \cdot \frac{q^2 E \cdot I}{P^3 \cdot \sqrt{\frac{P}{E \cdot I}}} \quad (27) \end{aligned}$$

Eigenaardig is het feit, dat bij een relatief max. van q de axiale kracht gelijk $2 \times$ de Eulersche knikkracht is, zooals uit (18) en (25) blijkt.



Bij het derde geval onderscheidt men 3 takken (zie fig. 15). Voor de 1e tak geldt voor $x = 0$ is

$$\frac{dy}{dx} = 0$$

dus:

$$0 = C_2 a + \frac{\frac{1}{2} q l_1 - \frac{M_1}{l_1} + \frac{M_2}{l_1}}{P} \quad (28)$$

Met (15) en (16) vindt men dan verder:

$$C_1 = \frac{q l_1^2}{P} \cdot \left(\Delta_1 - \frac{1}{a^2 l_1^2} \right) - \frac{M_2}{P} \cdot \Delta_2$$

$$C_2 = -\frac{q l_1^2}{P} \cdot \left(\frac{2 \Delta_1 + 1}{2 a l_1} \right) + \frac{M_2}{P} \cdot \left(\frac{\Delta_2 - 1}{a l_1} \right)$$

$$M_1 = -\Delta_1 q l_1^2 + \Delta_2 M_2$$

als gesteld is:

$$\Delta_1 = \frac{2 (\cos al_1 - 1) + al_1 \sin al_1}{2 al_1 (al_1 \cos al_1 - \sin al_1)}$$

$$\Delta_2 = \frac{\sin al_1 - al_1}{\sin al_1 - al_1 \cos al_1}$$

Hiermee wordt:

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=l_1} = -\frac{q l_1}{P} \cdot \left[\left(\Delta_1 - \frac{1}{a^2 l_1^2}\right) \cdot a l_1 \sin a l_1 + \left(\frac{2 \Delta_1 + 1}{2}\right) \cdot \cos a l_1 + \left(\frac{1}{2} - \Delta_1\right) \right] + \frac{M_2}{P l_1} \cdot \left[\Delta_2 a l_1 \sin a l_1 + (\Delta_2 + 1) \cos a l_1 + (1 - \Delta_2) \right] =$$

$$= -\frac{q l_1}{P} \cdot Y_1 + \frac{M_2}{P l_1} \cdot Y_2.$$

Voor de 2de tak geldt, dat $M_1 = M_2$, waarmee wordt:

$$C_1 = -\frac{M_2 + \frac{q}{a^2}}{P}$$

$$C_2 = \frac{q}{a^2 P} \cdot \left(\frac{\cos a l_2 - 1}{\sin a l_2} \right) + \frac{M_2}{P} \cdot \left(\frac{\cos a l_2 - 1}{\sin a l_2} \right) \dots \dots \dots (29)$$

en dus:

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=0} = C_2 a + \frac{q l_2}{2P} = \frac{q l_2}{P} \cdot \left(\frac{\cos a l_2 - 1}{a l_2 \sin a l_2} + \frac{1}{2} \right) +$$

$$+ \frac{M_2}{P l_2} \cdot \left\{ \frac{a l_2 (\cos a l_2 - 1)}{\sin a l_2} \right\} =$$

$$= \frac{q l_2}{P} \cdot Y_3 + \frac{M_2}{P l_2} \cdot Y_4.$$

Wordt M_2 voor de 1e tak positief aangenomen, dan moet het voor de 2de tak negatief in rekening worden gebracht, terwijl verder geldt:

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=l_1} = -\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=0}$$

Dus is:

$$-\frac{q l_1}{P} \cdot Y_1 + \frac{M_2}{P l_1} \cdot Y_2 = -\frac{q l_2}{P} \cdot Y_3 +$$

$$+ \frac{M_2}{P l_2} \cdot Y_4$$

$$\text{of } M_2 = q \cdot \frac{l_1 l_2 (Y_1 l_1 - Y_3 l_2)}{(Y_2 l_2 - Y_4 l_1)}.$$

Stellen wij:

$M_2 = \alpha q l_2^2$, dan vindt men:

$$\alpha = \frac{l_1}{l_2} \cdot \frac{Y_1 l_1 - Y_3 l_2}{Y_2 l_2 - Y_4 l_1} = \frac{a l_1}{a l_2} \cdot \frac{a l_1 Y_1 - a l_2 Y_3}{a l_2 Y_2 - a l_1 Y_4} \dots \dots \dots (30)$$

Met (29) vindt men $\alpha = \frac{1}{2} l_2$ voor de 2e tak:

$$f = \frac{q}{a^2 P} \cdot \left[1 - \frac{1}{\cos \frac{a l_2}{2}} + \frac{a^2 l_2^2}{8} \right] +$$

$$+ \frac{M_2}{P} \cdot \left[1 - \frac{1}{\cos \frac{a l_2}{2}} \right] \dots \dots \dots (30a)$$

Door probeeren vindt men, dat ongeveer $a l_1 = 5,8$ en $a l_2 = 4,2$ als ongunstigste waarden aan betrekkingen (30) en (30a) voldoen.

Hiermee vindt men dan verder:

$$P = \frac{33,6 E \cdot I}{l_1^2} = \frac{17,6 E \cdot I}{l_2^2}, \text{ terwijl}$$

$$q = 0,111 \frac{P^2 f_2}{E \cdot I}.$$

Voor de 1e tak wordt dan:

$$\Delta_1 l_1 = \frac{1}{2} \int_0^{l_1} \left(-C_1 a \sin ax + C_2 a \cos ax + \right.$$

$$\left. + \frac{\frac{1}{2} q l_1 - q x - \frac{M_1}{l_1} + \frac{M_2}{l_1}}{P} \right)^2 dx =$$

$$= \frac{1}{2} C_1^2 a \cdot \left(\frac{1}{2} a l_1 - \frac{1}{4} \sin 2 a l_1 \right) + \frac{1}{2} C_2^2 a \cdot$$

$$\cdot \left(\frac{1}{2} a l_1 + \frac{1}{4} \sin 2 a l_1 \right) - \frac{1}{2} C_1 C_2 a \sin^2 a l_1 +$$

$$+ \frac{C_1 \cdot \left[q l_1 + 2 \left(\frac{M_2 - M_1}{l_1} \right) \right]}{2 P} \cdot (\cos a l_1 - 1) +$$

$$+ \frac{C_2 \cdot \left[q l_1 + 2 \left(\frac{M_2 - M_1}{l_1} \right) \right]}{2 P} \cdot \sin a l_1 + \frac{C_1 q}{a P} \cdot$$

$$\cdot (\sin a l_1 - a l_1 \cos a l_1) - \frac{C_2 q}{a P} \cdot (\cos a l_1 - 1 +$$

$$+ a l_1 \sin a l_1) + \frac{q^2 l_1^3}{24 P^2} + \frac{(M_2 - M_1)^2}{2 P^2 l_1} =$$

$$= 23 \cdot \frac{q^2 E \cdot I}{P^3} \sqrt{\frac{P}{E \cdot I}}$$

en voor de 2de tak:

$$\Delta_1 l_2 = \frac{1}{2} \int_0^{l_2} \left(-C_1 a \sin ax + C_2 a \cos ax + \right.$$

$$\left. + \frac{\frac{1}{2} q l_2 - q x}{P} \right)^2 dx = \frac{1}{2} C_1^2 a \left(\frac{1}{2} a l_2 - \right.$$

$$- \frac{1}{4} \sin 2 a l_2) + \frac{1}{2} C_2^2 a \left(\frac{1}{2} a l_2 + \frac{1}{4} \sin 2 a l_2 \right) -$$

$$- \frac{1}{2} C_1 C_2 a \sin^2 a l_2 + \frac{C_1 q l_2}{2 P} \cdot (\cos a l_2 -$$

$$- 1) + \frac{C_2 q l_2}{2 P} \cdot \sin a l_2 + \frac{C_1 q}{a P} \cdot (\sin a l_2 - a l_2 \cdot$$

$$\cdot \cos a l_2) - \frac{C_2 q}{a P} \cdot (\cos a l_2 - 1 + a l_2 \sin a l_2) +$$

$$+ \frac{q^2 l_2^3}{24 P^2} = 46 \cdot \frac{q^2 E \cdot I}{P^3} \sqrt{\frac{P}{E \cdot I}}.$$

Bij het 4de geval onderscheidt men 4 takken.

De uiterste 2 takken zijn analoog aan het 3de geval, zoodat wij direct de middelste takken in beschouwing zullen nemen. Hiervoor geldt, dat $M_3 = 0$ (zie fig. 16). Wij vinden dan:

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=0} = \frac{q}{P} \cdot \frac{l_2}{P} \cdot \left[\frac{\cos al_2 - 1}{al_2 \cdot \sin al_2} + \frac{1}{2} \right] + \frac{M_2}{P l_2}.$$

$$(al_2 \cotg al_2) = \frac{q}{P} \cdot \frac{l_2}{P} \cdot Y_3' + \frac{M_2}{P l_2} \cdot Y_4'.$$

Zoo verkrijgen wij een analoge betrekking voor α en wel:

$$\alpha = \frac{al_1}{al_2} \cdot \frac{al_1}{al_2} \cdot \frac{Y_1 - al_2 Y_3'}{Y_2 - al_1 Y_4'} \dots\dots\dots (31)$$

indien $M_2 = \alpha \cdot q l_2^2$
terwijl

$$f = \frac{q}{a^2 P} \cdot \left[1 - \frac{1}{\cos \frac{al_2}{2}} + \frac{a^2 l_2^2}{8} \right] + \frac{M_2}{2 P} \cdot \left[1 - \frac{1}{\cos \frac{al_2}{2}} \right] \dots\dots\dots (31a)$$

Als ongunstigste waarden vinden we $al_1 \cong 5,3$ en $al_2 \cong 4,2$ terwijl dus:

$$P = \frac{28,1}{l_1^2} \frac{E \cdot I}{P} = \frac{17,6}{l_2^2} \frac{E \cdot I}{P}, \text{ en } q = 0,116 \cdot \frac{P^2 \cdot f_2}{E \cdot I} \dots\dots\dots (32)$$

Verder vinden wij voor de 1e tak:

$$\begin{aligned} \Delta_1 l_1 &= \frac{1}{2} \int_0^{l_1} \left(-C_1 a \sin ax + C_2 a \cos ax + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\frac{1}{2} q l_1 - q x - \frac{M_1}{l_1} + \frac{M_2}{l_1}}{P} \right)^2 dx = \\ &= \frac{1}{2} C_1^2 a \left(\frac{1}{2} a l_1 - \frac{1}{4} \sin 2 al_1 \right) + \\ &\quad + \frac{1}{2} C_2^2 a \left(\frac{1}{2} al_1 + \frac{1}{4} \sin 2 al_1 \right) - \\ &\quad - \frac{1}{2} C_1 C_2 a \sin^2 al_1 + \\ &\quad + \frac{C_1 \cdot \left[q l_1 + 2 \left(\frac{M_2 - M_1}{l_1} \right) \right]}{2 P} \cdot (\cos al_1 - \\ &\quad - 1) + \frac{C_2 \cdot \left[q l_1 + 2 \left(\frac{M_2 - M_1}{l_1} \right) \right]}{2 P} \cdot \sin al_1 + \\ &\quad + \frac{C_1 q}{a P} \cdot (\sin al_1 - al_1 \cos al_1) - \\ &\quad - \frac{C_2 q}{a P} \cdot (\cos al_1 - 1 + al_1 \sin al_1) + \\ &\quad + \frac{q^2 l_1^3}{24 P^2} + \frac{(M_2 - M_1)^2}{2 P^2 l_1} = \end{aligned}$$

$$= 11 \cdot \frac{q^2 E \cdot I}{P^3 \sqrt{\frac{P}{E \cdot I}}} \dots\dots\dots (33)$$

en voor de 2de tak:

$$\begin{aligned} \Delta_1 l_2 &= \int_0^{l_2} \left[\frac{1}{2} C_1^2 a^2 \sin^2 ax + \frac{1}{2} C_2^2 a^2 \cdot \right. \\ &\quad \cdot \cos^2 ax + \frac{1}{2} \left(\frac{\frac{1}{2} q l_2 - q x - \frac{M_2}{l_2}}{P} \right)^2 - \\ &\quad - C_1 C_2 a^2 \sin ax \cos ax - C_1 a \sin ax \cdot \\ &\quad \cdot \frac{\frac{1}{2} q l_2 - q x - \frac{M_2}{l_2}}{P} + C_2 a \cos ax \cdot \\ &\quad \cdot \frac{\frac{1}{2} q l_2 - q x - \frac{M_2}{l_2}}{P} \left. \right] dx = \frac{1}{2} C_1^2 a \cdot \\ &\quad \cdot \left(\frac{1}{2} al_2 - \frac{1}{4} \sin 2 al_2 \right) + \frac{1}{2} C_2^2 a \left(\frac{1}{2} al_2 + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{4} \sin 2 al_2 \right) - \frac{C_1 C_2 a}{2} \cdot \sin^2 al_2 + \\ &\quad + \frac{C_1 \left(q l_2 - \frac{2 M_2}{l_2} \right)}{2 P} (\cos al_2 - 1) + \\ &\quad + \frac{C_2 \left(q l_2 - \frac{2 M_2}{l_2} \right)}{2 P} \cdot \sin al_2 + \\ &\quad + \frac{C_1 q}{a P} (\sin al_2 - al_2 \cos al_2) - \frac{C_2 q}{a P} \cdot \\ &\quad \cdot (\cos al_2 - 1 + al_2 \sin al_2) + \frac{q^2 l_2^3}{24 P^2} + \\ &\quad + \frac{M_2^2}{2 P^2 l_2} = 44 \cdot \frac{q^2 E \cdot I}{P^3 \sqrt{\frac{P}{E \cdot I}}} \dots\dots\dots (34) \end{aligned}$$

Wanneer we de algemeene opzet en beschouwingen vervolgen, dan moeten nu de aansluitende baangedeelten in aanmerking genomen worden. In de inleiding is duidelijk gemaakt, dat een uitwisseling van lengteveranderingen van het uitgeknikte deel en de expandeerende aansluitende baanstukken plaats vindt.

In het uitgeknikte deel is de heerschende temperatuurskracht P_t afgenomen tot P , waardoor een uitzetting plaats vindt groot:

$$\Delta_2 l = \frac{(P_t - P) l}{E \cdot F} = \frac{(P_t - P) al}{a E \cdot F} = \frac{(P_t - P) al}{E \cdot F \sqrt{\frac{P}{E \cdot I}}}.$$

De totale koordeverandering in het uitgeknikte deel wordt dus:

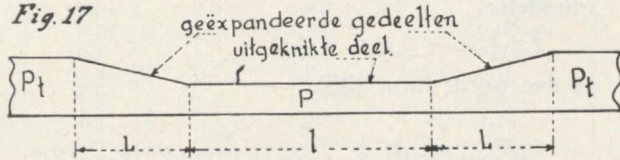
$$\Delta_1 l - \Delta_2 l$$

In een expandeerend gedeelte wordt de lengteverandering:

$$\Delta L = \int_0^L \frac{(P_t - P) x}{l} dx = \frac{(P_t - P) L}{2 E \cdot F}$$

Noemen we de langswrijving per strekkende lengte-eenheid p , dan is (zie fig. 17).

Fig. 17



$$P_t = P + p L$$

$$\text{of } L = \frac{P_t - P}{p}$$

waarmee

$$\Delta L = \frac{(P_t - P)^2}{2 p E \cdot F}$$

De vergelijking voor de uitwisseling van lengte-veranderingen luidt:

$$2\Delta L = \Delta_1 l - \Delta_2 l$$

Voor het 1e geval wordt dit dus:

$$\frac{(P_t - P)^2}{p E \cdot F} = 76 \cdot \frac{q^2 E \cdot I}{P^3 \sqrt{\frac{P}{E \cdot I}}} - \frac{9 (P_t - P) \sqrt{\frac{E \cdot I}{P}}}{E \cdot F},$$

of na eenige herleidingen:

$$q^2 = \frac{(P_t - P)^2 P^3 \sqrt{\frac{P}{E \cdot I}} + 9 p P^3 (P_t - P)}{76 p E \cdot I \cdot E \cdot F}$$

Voor het 2e geval kunnen we hetzelfde doen, daarbij in gedachte houden, dat $\Delta_1 l$ slechts voor het halve uitgeknikte gedeelte bepaald is. Dan geldt dus:

$$\Delta L = \Delta_1 l - \Delta_2 l$$

of

$$\frac{(P_t - P)^2}{2 p E \cdot F} = 29 \cdot \frac{q^2 E \cdot I}{P^3 \sqrt{\frac{P}{E \cdot I}}} - \frac{6,4 (P_t - P) \sqrt{\frac{E \cdot I}{P}}}{E \cdot F}$$

dus:

$$q^2 = \frac{(P_t - P)^2 P^3 \sqrt{\frac{P}{E \cdot I}} + 12,8 p P^3 (P_t - P)}{58 p E \cdot I \cdot E \cdot F}$$

Voor het 3de geval wordt deze formule:

$$q^2 = \frac{(P_t - P)^2 P^3 \sqrt{\frac{P}{E \cdot I}} + 15,8 p P^3 (P_t - P)}{92 p E \cdot I \cdot E \cdot F}$$

En voor het 4de geval:

$$q^2 = \frac{(P_t - P)^2 P^3 \sqrt{\frac{P}{E \cdot I}} + 19 p P^3 (P_t - P)}{110 p E \cdot I \cdot E \cdot F}$$

Voor alle gevallen vindt men den algemeenen vorm:

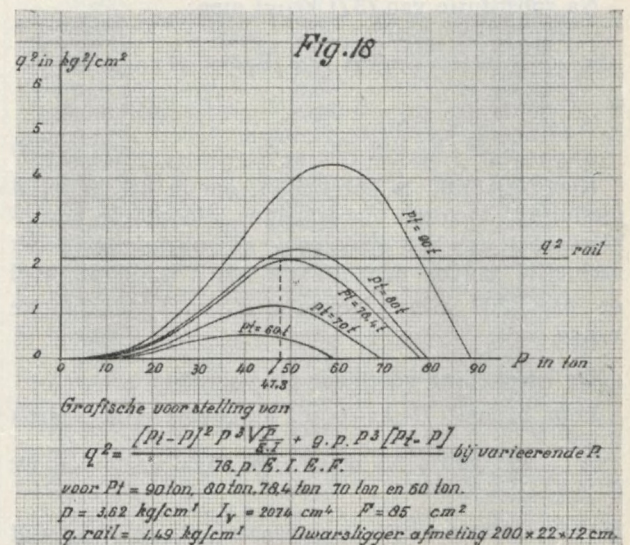
$$q^2 = \frac{(P_t - P)^2 P^3 \sqrt{\frac{P}{E \cdot I}} + \gamma p P^3 (P_t - P)}{\delta p E \cdot I \cdot E \cdot F} = f(P, P_t) \quad (35)$$

γ en δ zijn daarbij constanten, welke dus alleen afhankelijk zijn van het knikgeval.

Deze betrekking geeft dus het verband tusschen q , P_t en P voor een bepaalde bovenbouwsoort en een bepaald knikgeval weer.

Zetten wij volgens (35) als ordinaat q uit en als abscis P , dan kunnen wij voor verschillende P_t -waarden een stelsel krommen tekenen. Deze snijden alle de abscis bij $P = 0$ en $P = P_t$.

Fig. 18 geeft zoo'n stelsel krommen weer.



Het valt dan gemakkelijk in te zien, dat een heel stelsel P_t - en P -waarden nooit het gewicht q van de rail kunnen bereiken, een ander stelsel weer wel. Van dit laatste stelsel is natuurlijk die kromme het ongunstigst, waarbij q_{rail} juist bereikt wordt bij de hoogste top, omdat daarbij de kleinste P_t -waarde gevonden wordt, die onder de diverse mogelijkheden denkbaar is. Mathematisch is dan als volgt te handelen: P_t constant houden en P laten variëren en

dan $\frac{dq}{dP} = 0$ stellen.

Nu is:

$$\frac{dq}{dP} = \frac{1}{2 \sqrt{f(P, P_t)}} \cdot \frac{df(P, P_t)}{dP} = 0.$$

Men kan gemakkelijk inzien, dat de uitdrukking 0 kan worden, indien de noemer ∞ is, hetgeen het geval is voor $P = \infty$ (wat echter van geen practische beteekenis is), dan wel indien de teller = 0 wordt. Dit laatste geeft

$$\frac{df(P, P_t)}{dP} = (3\frac{1}{2} P_t - 5\frac{1}{2} P) (P_t - P) \sqrt{P} + C(3 P_t - 4 P) = 0 \quad (36)$$

Hierin is $C = \gamma p \sqrt{E \cdot I}$ een constante, welke alleen van het knikgeval en de bovenbouwsoort afhangt.

Wordt nu $P = \alpha \cdot P_t$ genoemd, dan kan men (36) herleiden tot:

$$\frac{P_t^3}{C^2} = \frac{(3 - 4 \alpha)^2}{\alpha (1 - \alpha)^2 (3\frac{1}{2} - 5\frac{1}{2} \alpha)^2} = Y_1$$

of $P_t = \sqrt[3]{Y_1} \cdot \sqrt[3]{C^2} \quad (37)$

Noemen we verder $\omega = \frac{n}{2} q^2 p E \cdot F \cdot E \cdot I \cdot \sqrt{E \cdot I}$, dan wordt:

$$\omega = (1 - \alpha)^2 \alpha^3 \sqrt{\alpha} \cdot (P_t)^{\frac{11}{2}} + C \cdot (1 - \alpha) \cdot \alpha^3 \cdot (P_t)^4.$$

Na substitutie van (37) krijgt men:

$$\frac{\omega}{\sqrt[3]{C^{11}}} = (1 - \alpha)^2 \alpha^3 \sqrt{\alpha} Y_1^{\frac{11}{6}} + (1 - \alpha) \cdot \alpha^3 \cdot Y_1^{\frac{8}{6}} = Y_2 \quad (38)$$

Klaarblijkelijk is het gelukt, om in het linkerlid uitsluitend factoren te verkrijgen, die van de bovenbouwsoort en het knikgeval afhangen, terwijl het rechterlid zuiver een functie van α is. In de tabel op pag. 209 zijn gegeven $\sqrt[3]{Y_1}$ en Y_2 als functie van α .

De berekening geschiedt nu als volgt:

Men bepaalt C en ω uit de gegevens en daarna $\frac{\omega}{\sqrt[3]{C^{11}}}$, wat gelijk Y_2 moet zijn. Men vindt dan uit

de tabel direct $\sqrt[3]{Y_1}$ en α , waarna P_t en P bekend zijn. De kleinste P_t -waarde van het gevonden stelsel geeft het minimum aan, waarbij het systeem kan uitknikken. Verder zijn l en f uit formules (18), (19), (25) en (26) te bepalen.

Bij toepassing van bovenstaande berekeningswijze komt men tot de minimum denkbare P_t -waarde. Men vindt dan in den regel een vrij grooten bijbehorenden pijl voor het uitgeknikte deel. Men kan echter ook uitgaan van een bepaalde maat voor een katterughoogte of andere afwijking van de rechte lijn en dan de daarbijbehorende P_t -waarde uit bovengesproken formules bepalen. Deze P_t -waarden zullen belangrijk grooter zijn dan de bovengevonden mini-

mum P_t -waarde. Men doet veilig zijn zekerheden te bepalen ten opzicht van deze P_t -minimumwaarde.

Wij kunnen ons nu afvragen, wat de knikkraft kan wezen, indien een zeer groot aantal golven ontstaat. De betrekking voor de uitwisseling van lengteveranderingen luidt dan, wanneer n het aantal golven voorstelt:

$$2 \Delta L = n \Delta_1 l - n \Delta_2 l$$

en dan wordt form. (35)

$$q^2 = \frac{(P_t - P)^2 P^3 \sqrt{\frac{P}{E \cdot I} + \frac{n}{2} \gamma p P^3 (P_t - P)}}{\frac{n}{2} \delta p E \cdot I \cdot E \cdot F}$$

Wordt $n \infty$ groot, dan is de 1e term in den teller te verwaarloozen ten opzichte van den 2den en men heeft:

$$q^2 = \frac{\gamma}{\delta} \cdot \frac{P^3 \cdot (P_t - P)}{E \cdot I \cdot E \cdot F}$$

Verder wordt dan:

$$Y_2 = \frac{\omega}{\sqrt[3]{C^{11}}} = \frac{\frac{n}{2} \delta q^2 p E \cdot F \cdot E \cdot I \cdot \sqrt{E \cdot I}}{\left(\frac{n}{2}\right)^{\frac{11}{3}} \cdot \left(\gamma p \sqrt{E \cdot I}\right)^{\frac{11}{3}}} = 0 \text{ indien } n = \infty.$$

Nu is $Y_2 = 0$ indien $Y_1 = 0$ en dit is voor:

$$3 - 4 \alpha = 0 \text{ of } \alpha = \frac{3}{4}$$

$$\text{of } P = \frac{3}{4} P_t$$

en dan wordt dus:

$$q^2 = \frac{\gamma}{\delta} \cdot \frac{1}{4} \left(\frac{3}{4}\right)^3 \frac{P_t^4}{E \cdot I \cdot E \cdot F}$$

$$\text{of } P_t = \sqrt[4]{\frac{256}{27} \cdot \frac{\delta}{\gamma} \cdot q \cdot \sqrt{E \cdot I \cdot E \cdot F}}$$

Voor geval I wordt dit dan (knik in verticale richting):

$$P_t = 2,99 \sqrt{q \cdot \sqrt{E \cdot I \cdot E \cdot F}}$$

Voor knik in horizontale richting hebben wij dan nog het geval na te gaan, waarbij de takken geen momenten op de uiteinden hebben over te brengen.

De afleiding daarvan kan na het voorgaande achterwege gelaten worden.

Men krijgt voor het relatieve maximum in dit

$$\text{geval } al = 4,5 \text{ en } \Delta_1 l = 13,8 \frac{q^2 E \cdot I}{P^3 \sqrt{\frac{P}{E \cdot I}}}$$

waarmee:

$$P_t = 2,32 \sqrt{q \cdot \sqrt{E \cdot I \cdot E \cdot F}}$$

Het is nu interessant om na te gaan, welk soort evenwicht er heerscht in het uitgeknikte gedeelte van de baan. Beschouwen we b.v. het 1e geval en

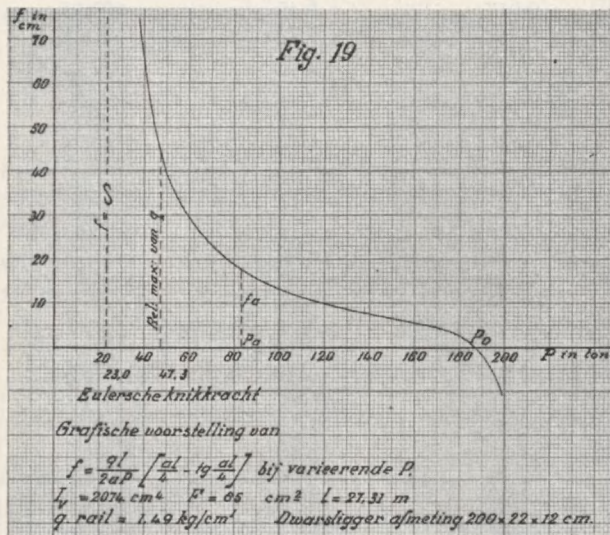
Tabel voor $\sqrt[3]{Y_1}$ en Y_2

α	$\sqrt[3]{Y_1}$	Y_2	α	$\sqrt[3]{Y_1}$	Y_2
0,01	4,22	0,00058	0,613	5,82	539,51
0,05	2,56	0,00944	0,614	5,98	622,27
0,1	2,12	0,035	0,615	6,14	711,39
0,2	1,87	0,15	0,616	6,32	826,59
0,3	1,86	0,45	0,617	6,50	962,01
0,4	2,00	1,29	0,618	6,72	1142,49
0,5	2,42	5,02	0,619	6,94	1362,74
0,550	2,94	15,09	0,620	7,18	1628,08
0,551	2,96	15,48	0,621	7,47	1998,79
0,552	2,97	15,90	0,622	7,81	2541,75
0,553	2,99	16,46	0,623	8,14	3147,79
0,554	3,01	16,94	0,624	8,52	4049,72
0,555	3,02	17,45	0,625	9,03	5490,47
0,556	3,04	18,00	0,626	9,58	7543,16
0,557	3,06	18,59	0,627	10,17	9516,95
0,558	3,07	19,07	0,628	10,98	15682,37
0,559	3,09	19,74	0,629	11,87	23906,67
0,560	3,11	20,46	0,630	12,80	35791,84
0,561	3,13	21,05		~	~
0,562	3,15	21,89		^	^
0,563	3,17	22,58	0,640	18,03	230251,07
0,564	3,19	23,33	0,641	15,21	91588,71
0,565	3,21	24,13	0,642	13,55	48897,89
0,566	3,24	24,99	0,643	12,00	25385,11
0,567	3,26	25,93	0,644	10,70	13668,65
0,568	3,28	26,94	0,645	9,81	8595,65
0,569	3,31	28,05	0,646	9,14	5887,84
0,570	3,33	29,24	0,647	8,52	4071,69
0,571	3,35	30,19	0,648	7,97	2848,63
0,572	3,37	31,24	0,649	7,52	2093,67
0,573	3,40	32,71	0,650	7,09	1530,16
0,574	3,43	33,93	0,651	6,71	1146,61
0,575	3,46	35,74	0,652	6,43	915,09
0,576	3,49	37,22	0,653	6,11	704,46
0,577	3,52	38,83	0,654	5,84	557,78
0,578	3,55	40,59	0,655	5,60	450,16
0,579	3,58	42,54	0,656	5,38	362,76
0,580	3,61	44,67	0,657	5,17	297,28
0,581	3,64	46,55	0,658	4,99	247,11
0,582	3,68	46,75	0,659	4,80	202,06
0,583	3,71	51,34	0,660	4,64	169,74
0,584	3,75	53,90	0,661	4,49	144,06
0,585	3,79	56,82	0,662	4,35	123,40
0,586	3,82	59,82	0,663	4,23	106,53
0,587	3,86	63,20	0,664	4,11	92,46
0,588	3,90	66,79	0,665	3,93	73,79
0,589	3,94	70,65	0,666	3,84	65,13
0,590	3,99	74,87	0,667	3,74	57,67
0,591	4,04	79,57	0,668	3,66	51,29
0,592	4,08	84,41	0,669	3,53	42,66
0,593	4,13	89,85	0,670	3,45	38,24
0,594	4,18	96,08	0,671	3,37	34,35
0,595	4,23	102,46	0,672	3,27	29,18
0,596	4,29	109,48	0,673	3,20	26,45
0,597	4,35	117,85	0,674	3,10	22,71
0,598	4,41	126,62	0,675	3,04	20,65
0,599	4,47	136,13	0,676	2,95	17,91
0,600	4,54	147,16	0,677	2,90	16,37
0,601	4,61	159,27	0,678	2,82	14,29
0,602	4,68	172,65	0,679	2,77	13,11
0,603	4,76	188,24	0,680	2,70	11,53
0,604	4,84	205,73	0,69	2,15	3,93
0,605	4,93	225,02	0,7	1,73	1,46
0,606	5,02	248,16	0,8	1,15	0,22
0,607	5,12	274,07	0,9	2,08	5,24
0,608	5,22	303,28	0,95	4,48	25,36
0,609	5,32	336,32	0,96	5,24	39,31
0,610	5,44	376,36	0,97	6,44	69,89
0,611	5,56	422,06	0,98	10,65	327,27
0,612	5,70	479,14	0,99	13,21	436,85

teekenen voor een bepaalde bovenbouwsoort de betrekking:

$$f = \frac{q \cdot l}{2 P a} \cdot \left(\frac{al}{4} - \operatorname{tg} \frac{al}{4} \right) \quad (39)$$

grafisch op, dan wordt een soort periodieke kromme verkregen, waarvan de 1e tak, welke van technisch belang is, weergegeven is in fig. 19. Uit deze figuur



is te zien, dat bij een bepaalde P bijv. P_a een bepaalde f_a behoort. Wordt f_a kleiner, dan is ze alleen in stand te houden met een grootere P . Zijn de uiteinden van het uitgeknikte deel vrij beweeglijk en is de uitwendige kracht P even groot gebleven, dan zal het uitgeknikte deel in zijn rechten stand terug keeren.

Blijft de uitwendige kracht even groot, terwijl de uitbuiging vergroot wordt, dan is gemakkelijk in te zien, dat het spoor geheel uitknikt. Deze evenwichtstoestand is dus uitgesproken labiel. In de werkelijkheid wordt een verder uitknikken van het spoor begrensd door de aansluitende baanstukken, die maken, dat de bewegingsvrijheid van de uiteinden van het uitgeknikte deel beperkt is. Bij het punt P_o van de kromme is de middendoorbuiging 0 geworden, doch de elastische lijn bestaat hier uit 2 golven (zie fig. 11). Verder kan form. (17) geschreven worden:

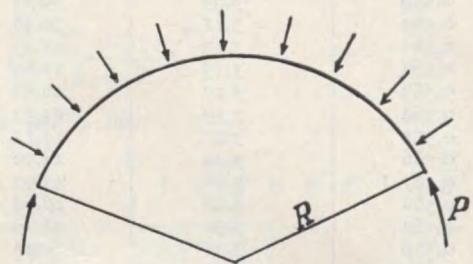
$$y = \frac{-q l^2}{2 P} \cdot \left[\frac{\cos ax - 1}{al \operatorname{tg} \frac{1}{2} al} + \frac{\sin ax}{al} \right] + \frac{\frac{1}{2} q x (l - x)}{P}.$$

Men ziet hieruit, dat y steeds 0 zal wezen bij $P = \infty$, dus ook $al = \infty$ want de factor $al \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} al$ kan ook ∞ zijn bij $al = \infty$, of m.a.w. er is theoretisch een oneindig groote kracht noodig om een volkomen rechte staaf onder invloed van haar eigen gewicht tot knikken te brengen in een richting tegengesteld aan die, waarin het eigen gewicht werkt.

De factor $al \cdot \operatorname{tg} \frac{1}{2} al$ kan voor $al = \infty$ echter alle waarden bezitten tusschen $+\infty$ en $-\infty$ (men kan zich hiervan gemakkelijk overtuigen door toepassing van den regel van de l'Hopital). Dit is een teeken van zeer groote labiliteit; een minimale verstoringe invloed is dan slechts noodig om een dergelijk stelsel direct uit zijn evenwicht te brengen. Een volkomen ideaal spoor is natuurlijk een illusie en in de practijk zijn diverse factoren aanwezig, die een knikken bij eindige krachten mogelijk maken b.v. de vorming van katteruggen, het veroorzaken van niveauverschillen bij het lichten en richten van het spoor, enz.

Het uitknikken van het spoor in bogen kan op zeer eenvoudige wijze behandeld worden (zie fig. 20).

Fig. 20



Ontstaat in het spoor liggend in een boog een temperatuursstijging, dan zal — indien geen dwarsliggertegendrukken kunnen ontstaan — de boog zoover buitenwaarts verschuiven, totdat voldoende lengte verkregen is voor het opnemen van de temperatuursverlenging, zonder dat een kracht P in de boog ontstaat. Zijn wel tegendrukken aanwezig, dan kan de kracht P stijgen, totdat in de dwarsliggers de grensdrukken bereikt zijn, die de dwarsliggers in beweging kunnen brengen. Voordat deze grensdrukken bereikt zijn is een spatten van de boog niet denkbaar, aangezien de dwarsliggers niet in beweging zijn te brengen en dan zou zelfs een staaf zonder stijfheid tegen buiging de kracht P kunnen overbrengen. Na overschrijding van deze grensdrukken kan in de boog weer verschuiving plaats vinden.

Bij een volkomen gelijkmatigheid van de dwarsliggerinbedding zal de boog in zijn geheel buitenwaarts verschuiven, totdat een voldoende lengtevermeerdering verkregen is om het stelsel weer in evenwicht te houden. Echter zal een volkomen gelijkmatigheid wel nooit voorkomen en hierdoor ontstaat neiging tot spatten. Bereken men nu met de bestaande formules voor het uitknikken van boogdragers de kniklengte, die behoort bij de bovengenoemde grenskracht, dan komt men tot lengten die veel kleiner zijn, dan de bogen in den regel hebben, ergo de grenskracht zal dan altijd tevens de knikkraft zijn en de golfvorming, die optreedt regelt zich naar deze grenskracht. Wordt de kritische dwarsliggertegendruk A genoemd en de dwarsliggerafstand c , verder de straal van de boog R , dan bedraagt deze grenskracht

$$P = \frac{AR}{c}.$$

Men doet veilig zijn zekerheden naar deze kracht te bepalen en door de onzekerheid in de kritische dwarsligger-tegendruk haar niet al te laag te nemen, maar b.v. minstens 3 te stellen.

Recapituiatie.

Uit de ter beschikking staande gegevens berekent men:

$C = \gamma p \sqrt{E \cdot I}$ en $\omega = \delta q^2 p E \cdot F \cdot E \cdot I \cdot \sqrt{E \cdot I}$ en hieruit:

$$Y_2 = \frac{\omega}{\sqrt[3]{C^{11}}}.$$

Uit de tabel is dan direct de bijbehorende α en $\sqrt[3]{Y_1}$ waarde te vinden. Men houdt de kleinste $\sqrt[3]{Y_1}$ waarde aan en dan is:

$$P_t = \sqrt[3]{Y_1} \cdot \sqrt[3]{C^2} \text{ en } P = \alpha P_t.$$

Toe te passen is:

Voor 1 golf	$\gamma = 9,0$	$\delta = 76$
Voor 2 golven	$\gamma = 12,8$	$\delta = 58$
Voor 3 golven	$\gamma = 15,8$	$\delta = 92$
Voor 4 golven	$\gamma = 19,0$	$\delta = 110$

Voor een oneindig aantal golven geldt voor knik:

a) in verticale richting:

$$P_t = 2,99 \sqrt{q \cdot \sqrt[3]{E \cdot I \cdot E \cdot F}}$$

$$P = \frac{3}{4} P_t$$

b) in horizontale richting:

$$P_t = 2,32 \sqrt{q \cdot \sqrt[3]{E \cdot I \cdot E \cdot F}}$$

$$P = \frac{3}{4} P_t$$

in het bovenstaande beteekent:

p = langswrijving per strekkende eenheid

q = gewicht dan wel dwarsliggertegendruk per strekkende eenheid

I = traagheidsmoment van het spoor

F = oppervlakte van de doorsnede van het spoor.

In bogen is de knikkracht te berekenen volgens:

$$P = \frac{A R}{c}.$$

Hierin beteekent:

R = straal van de boog

A = dwarsliggertegendruk (bij verschuiven)

c = dwarsliggerafstand.

Rekenvoorbeeld.

Voor den bovenbouw in rail No. 3 met een dwarsliggerafstand van 69 cm bedraagt het gewicht van het spoor 1,49 kg/cm'.

De dwarsweerstand van de dwarsliggers in zandballast bedraagt $\frac{200}{69} = 2,90$ kg/cm', terwijl voor den

langsweerstand $\frac{250}{69} = 3,62$ kg/cm' is aangenomen.

Verder is $F = 85$ cm²; $I_x = 2074$ cm⁴; $I_y = 1500$ cm⁴.

Voor knik in verticale richting is $\gamma = 9$ en $\delta = 76$ en hiermee vindt men:

$$C^2 = 4623; \frac{\omega}{\sqrt[3]{C^{11}}} = 189; P_{t \text{ min}} = 78,4 \text{ ton};$$

$$P = 47,3 \text{ ton}.$$

Knik in horizontale richting geval I $\gamma = 9$; $\delta = 76$.

$$C^2 = 3344; \frac{\omega}{\sqrt[3]{C^{11}}} = 789; P_{t \text{ min}} = 93,6 \text{ ton};$$

$$P = 57,7 \text{ ton}.$$

Knik in horizontale richting geval II $\gamma = 12,8$; $\delta = 58$.

$$C^2 = 6764; \frac{\omega}{\sqrt[3]{C^{11}}} = 168; P_{t \text{ min}} = 87,3 \text{ ton};$$

$$P = 57,6 \text{ ton}.$$

Knik in horizontale richting geval III $\gamma = 15,8$; $\delta = 92$.

$$C^2 = 10304; \frac{\omega}{\sqrt[3]{C^{11}}} = 123; P_{t \text{ min}} = 94,7 \text{ ton};$$

$$P = 62,7 \text{ ton}.$$

Knik in horizontale richting geval IV $\gamma = 19,0$; $\delta = 110$.

$$C^2 = 14901; \frac{\omega}{\sqrt[3]{C^{11}}} = 75; P_{t \text{ min}} = 97,0 \text{ ton};$$

$$P = 64,5 \text{ ton}.$$

Verder voor knik in verticale richting (bij ∞ aantal golven)

$$P_t = 108,4 \text{ ton}.$$

Voor knik in horizontale richting (bij idem)

$$P_t = 108,9 \text{ ton}. \quad P = 81,4 \text{ ton}.$$

Wij zien nu het volgende voor knik en horizontale richting:

$$1 \text{ golf } P_t = 93,5 \text{ ton}.$$

$$2 \text{ golven } P_t = 87,3 \text{ ton}.$$

$$3 \text{ golven } P_t = 94,7 \text{ ton}.$$

$$4 \text{ golven } P_t = 97,0 \text{ ton}.$$

$$\infty \text{ golven } P_t = 108,9 \text{ ton}.$$

Hierbij wordt het minimum bereikt bij 2 spiegelsymmetrische golven, terwijl daarna bij toeneming van het aantal golven de knikkracht toeneemt, om het grootste zijn bij een ∞ aantal golven. De praktijk wijst dit zeker ook uit. Wanneer knik in horizontale richting optreedt, dan vertoont het spoor in den

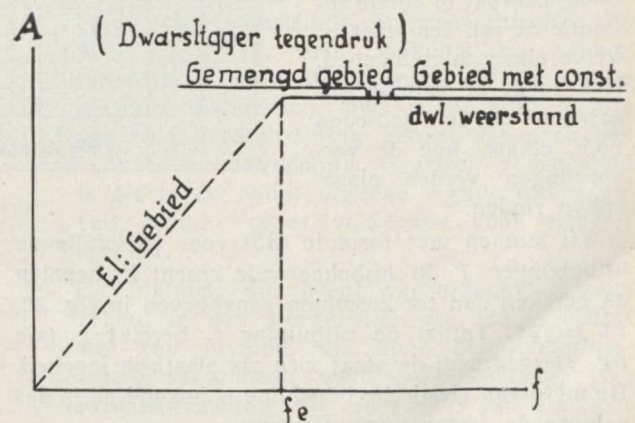


Fig. 21. Geïdealiseerde dwarsliggerkarakteristiek.

regel de neiging om slechts in 2 golven uit te knikken. Men zie b.v. de foto's in *Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens*, 15 Maart 1933 Heft 6: Versuche der königlich ungarischen Staatsbahnen über die Standsicherheit des Gleises.

Verder idem: 15 Maart 1932 Heft 6: Versuche über die Wirkung von Längskräften im Gleis.

Wij willen nu trachten een verklaring te geven van het ontstaan van vervormingen in een ideaal spoor.

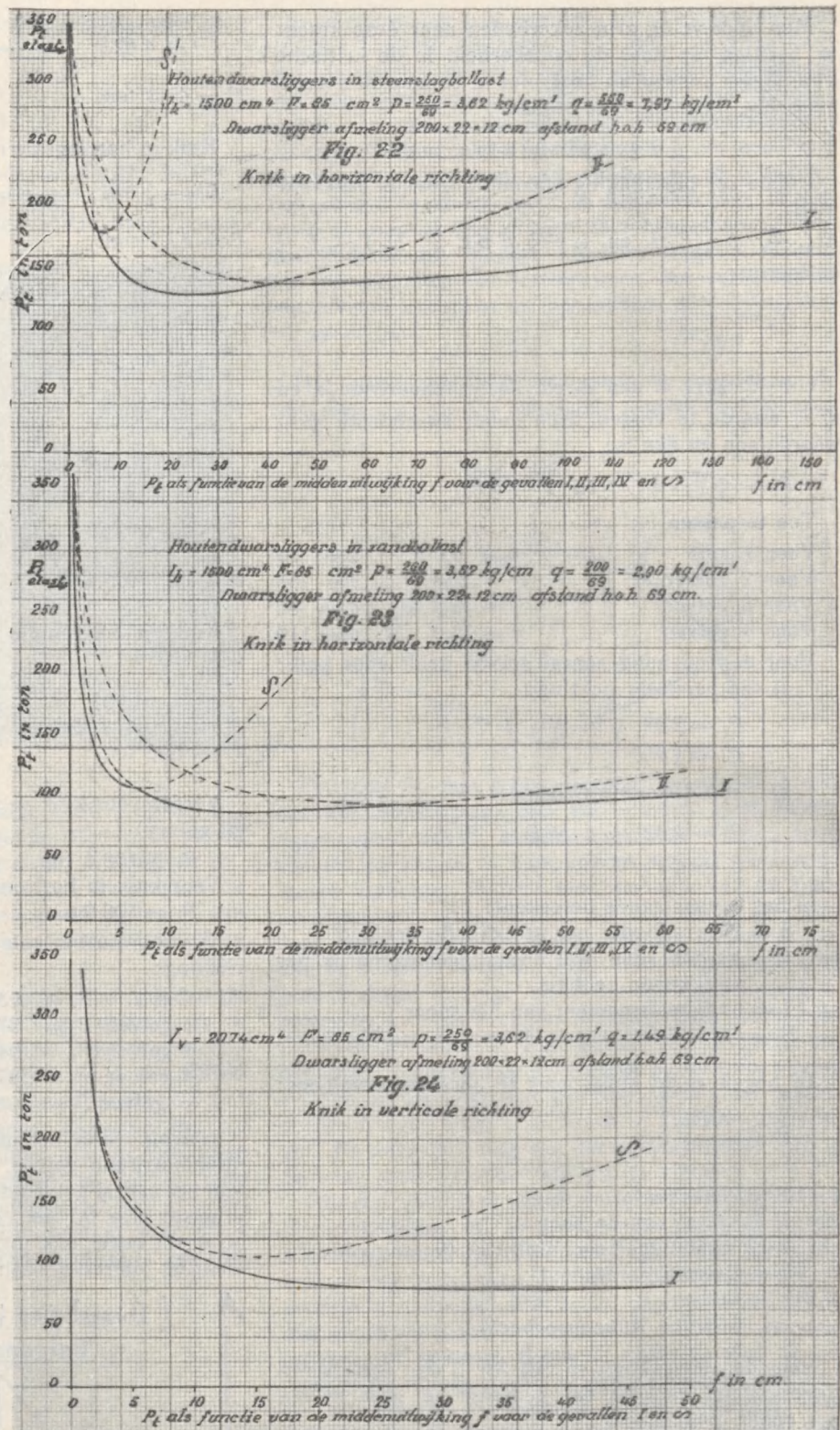
In het begin werd er reeds op gewezen, dat de dwarsligger-karakteristiek in de eerste instantie bestaat uit een min of meer elastisch gedeelte, om daarna over te gaan tot een horizontaal rechtlijnig gedeelte. Schrijver dezes wil deze karakteristiek idealiseeren als aangegeven in fig. 21, dus bestaande uit 2 rechtlijnige gedeelten. Met deze karakteristiek blijkt nu knik voor een ideaal spoor in zijdelingsche richting ook bij eindige krachten mogelijk te zijn.

Het eerste rechtlijnige gedeelte duidt op een dwarsligger-reactie, welke evenredig is met de uitwijking en het tweede op een reactie, welke constant blijft onafhankelijk van de uitwijking. Uitknikken van een ideaal spoor bij eindige krachten kan nu ook ontstaan, doordat in eerste instantie de rail een staaf is, welke elastisch is ingebed. Het hangt af van de geaardheid van de 2 gebieden t.o.v. elkaar, hoe de vervormingen verder plaats zullen vinden.

Wij kunnen met formule (35) voor verschillende uitbuigingen f de bijbehorende kracht P_t bepalen en geraken dan tot krommen aangegeven in fig. 22, 23 en 24. Totdat de uitwijking f_0 bereikt is (zie fig. 21) gedraagt de staaf zich als elastisch ingebed. De mate van elastische inbedding is bekend en is dus volgens de formule van Engesser:

$$P = 2 \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot A'}{c}},$$

als c = dwarsliggerafstand en A' = elastische dwarsliggertegendruk bij 1 cm verplaatsing, terwijl I is te nemen $2 I_y$, rekening houdende met de altijd min of meer loszittende bevestigingsmiddelen. Deze P is afgeleid in de veronderstelling van oneindig kleine



uitwijkingen. In dit geval mag P_t dan practisch gelijk P genomen worden.

Bij een uitwijking f_e moet deze laatste berekende waarde voor P_t kleiner zijn, dan gevonden wordt uit formule (35) (zie fig. 15). De bepaling van het verloop van P_t als functie van f voor het daaropvolgende tusschengebiet, dus van het gebied, waarin de volle staaflengte elastisch ondersteund is, tot het gebied, waarin de volle staaft constant ondersteund is, is vrij gecompliceerd. Het rechte gedeelte van het eerste stuk zal continu overgaan in het kromlijnige gedeelte. Schrijver is het dus eens met de auteurs, die een elastische inbedding aannemen, dat de knikverschijnselen in horizontale richting bij een ideaal spoor zich in de eerste instantie uiten als knik van een elastisch ingebedde staaft. Fig. 22, 23 en 24 geven den toestand weer voor de bovenbouwsoort uit het rekenvoorbeeld aan de hand van de proefondervindelijk bepaalde dwarsliggerkarakteristieken.

Volgens deze gegevens blijkt $P_{t \text{ elastisch}}$ zeer hoog te liggen, zoodat sprake is van knik in het onelastische gebied. Men kan practisch zeggen, dat dan bij een ideaal spoor de eerste vervormingsverschijnselen beginnen, wanneer de drukspanning is opgelopen tot de vloeigrens van het materiaal. In werkelijkheid

zijn nog andere verstorende invloeden aanwezig, zooals b.v. het niet recht liggen van het spoor. Dan valt in te zien, dat in de practijk de kracht in de rail ook nog eerst aanmerkelijk hooger moet oplopen dan $P_{t \text{ min}}$ alvorens gevaarlijke vervormingen kunnen ontstaan. (Geen rekening is gehouden met het feit, dat bij de vervorming van een railjuk de dwarsliggers eenigszins gaan zwaaien en daardoor in dwarsrichting tegenreacties krijgen van het ballastbed, waardoor feitelijk een grooter traagheidsmoment in rekening dient gebracht te worden, dan uit de proefnemingen bepaald wordt). Deze feiten nopen tot de conclusie, dat een kracht, welke slechts een paar procenten kleiner is dan $P_{t \text{ min}}$, als toelaatbaar mag worden geacht en dan reeds een voldoende zekerheid bestaat ten aanzien van de stabiliteit van het spoor.

Uit de figuren valt ook in te zien, dat bij kleinere uitwijkingen een neiging bestaat om in twee golven en bij grootere, in één golf uit te knikken. In de gebieden, welke voor de practijk van belang zijn bestaat bij deze bovenbouwsoort dus geen neiging om in meer golven uit te knikken.

(Wordt vervolgd).

Over de vermoeidheidsverschijnselen in de bouwmaterialen.

(zie *De Ing. in N.-I.* no. 6 — 1937).

In verband met de hem door prof. ir. P. P. Bijlaard ter hand gestelde publicatie: *Mitteilungen K. W. I. (Kaiser Wilhelm Institut) für Eisenforschung*, Bd. XVII, Lieferung 2, wenscht de schrijver van het onder bovenstaanden titel in dit tijdschrift No. 6-1937 verschenen artikel nog even daarop terug te komen.

Uit de hoogergenoemde publicatie is hem gebleken, dat de demping voor staal 37 (al de gegeven beschouwingen zijn uitsluitend voor st. 37 opgesteld) niet dusdanig verloopt, dat op een gegeven oogenblik de demping nagenoeg geheel verdwenen is. Zij blijkt voor staal 37 in den aanvang wel af te nemen, doch deze afname schijnt na een bepaald aantal lastwisselingen op te houden en de demping schijnt daarna vrijwel constant te blijven. Bij een nauwkeuriger bestudeering van het werkje: „Dauerprüfung der Werkstoffe” van Föppel — Becker — v. Heydekampff, hetgeen schrijver in den aanvang slechts heel vluchtig gedaan heeft, aangezien bedoeld boekje in hoofdzaak beschrijvingen geeft van de voor de „Dauerprüfung” toegepaste machines en beproevingsinstallaties, bleek hem, dat de schrijvers hierin spreken over een „Grenzdämpfung”, waaronder verstaan wordt die demping, waarbij de proefstaaft nog juist een willekeurig groot aantal lastwisselingen kan verdragen zonder te breken. Grensdemping en trillingsvastheid schijnen nauw met elkaar verbonden te zijn. Schrijvers oorspronkelijke aanname, dat de geheele dempingsarbeid aansprakelijk zou zijn voor de „Dauerbruch” schijnt dus niet juist te wezen.

Er schijnt dus een gedeelte van den dempingsarbeid onschadelijk te wezen, welk gedeelte vermoedelijk geheel in warmte wordt omgezet. Het schadelijke gedeelte worde *breukarbeid* genoemd. Nu zijn ten aanzien van deze questie verschillende onderstellingen mogelijk, n.l.:

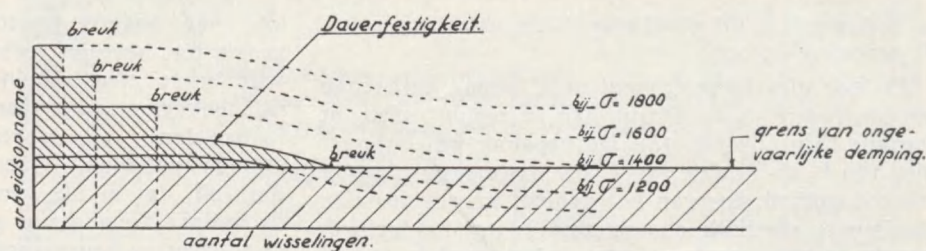
1e. Bij elke wisselbelasting tusschen bepaalde spanningsgrenzen wordt een zeker gedeelte van den dempingsarbeid verbruikt voor breukvorming.

De verhouding van dit gedeelte tot den geheelen hysteresisarbeid kan worden aangegeven door een factor α , kleiner dan 1 welke factor waarschijnlijk niet constant is, doch afhankelijk van de uiterste spanningsgrenzen.

2e. Tot een bepaalde waarde is de dempingsarbeid geheel onschadelijk (waarschijnlijk die dempingsarbeid, welke behoort bij de z.g. natuurlijke elasticiteitsgrens). Wordt deze grens overschreden, dan is de volle groote van die overschrijding geheel aansprakelijk voor de breukvorming. Grafisch voorgesteld is dit in de ondervolgende figuur weergegeven, welke verder voldoende voor zichzelf spreekt.

3e. De invloed, die breuk veroorzaakt, is geen arbeid in den werkelijken zin. Ze is echter wel een invloed, die door den hysteresisarbeid veroorzaakt wordt; die zich bij elke arbeidswisseling uit en tevens het statische arbeidsdiagram beïnvloedt, doch geen wezen-

lijke arbeidsophooping is. Het verloop van dezen invloed als functie van het aantal omwentelingen mag geheel anders zijn dan het verloop van de demping als functie van het aantal omwentelingen.



Deze 3 onderstellingen doen niets af aan de door schrijver ontwikkelde inzichten, hypothesen en berekeningswijzen. Zij kunnen worden beschouwd als een vervolcomening daarvan. In het trillingstechnische gedeelte staat slechts aangegeven, op welke wijze in eenig trillend systeem de arbeidsdemping op een eenvoudige wijze in rekening is te brengen. Ook in de voorgestelde berekeningswijze van arbeidsophooping (c.q. breukinvloedsophooping) hoeft geen wijziging te komen, in zooverre dan, dat indien onderstelling 2 juist blijkt te zijn, geen arbeids-opname in rekening gebracht moet worden voor impulsen, welke blijven beneden die, waarbij de grensdemping juist bereikt is.

Hoe het verder ook zij, als volkomen vast staat de achteruitgang van het statisch arbeidsdiagram van staven, welke aan wisselende belasting zijn onderworpen geweest, zoowel in materiaal van bruggen afkomstig, als in proefstaven welke op een primitieve wijze in een draaibank wisselend belast zijn geweest. Rustperioden schijnen dit verlies niet te herstellen.

Van deze feiten moet dus stellig worden uitgegaan. Hoe de achteruitgang plaats vindt is nog onzeker en zal nader onderzocht moeten worden.

Zooals reeds vroeger gezegd, is het Bruggenbureau van de S. S. voornemens om deze kwestie, in samenwerking met het Laboratorium voor Materiaalonderzoek, tot klaarheid te brengen. Er wordt thans een trek-druk-pulsator in de Depôt-werkplaatsen van het Bruggenbureau gebouwd, met de bedoeling deze materie nauwkeurig proefondervindelijk te onderzoeken, in combinatie met bepalingen op de statische trek machines van het Laboratorium. Ongetwijfeld zullen deze proeven van langen duur zijn, doch de resultaten, welke t.z.t. bekend gemaakt zullen worden, zullen verkregen worden volgens een thans reeds vast omlijnd beproevingsplan, waardoor doelbewust gezocht kan worden naar het verband tusschen wisselbelastingen en den achteruitgang van het statische rekdiagram. Is dit verband bepaald, dan zijn daaruit nog zeer veel conclusies te trekken en verdere beschouwingen daaraan vast te knopen (o.a. de theoretische bepaling van den kerfwerkfactor enz.).

W. J. van der Eb.

BERICHTEN VAN ALLERLEI AARD.

Octrooien.

Voor de onder deze rubriek vallende mededeelingen betreffende openbaargemaakte octrooien worden regelmatig opgaven ontvangen van de zijde der Ver-

eenigde Octrooibureaux, Bezuidenhout 69, 's-Gravenhage, het Ned.-Ind. Octrooi- en Merkenbureau, Dagoweg 31B, Bandoeng en van het Kantoor v. d. Industrieelen Eigendom (Dep. v. Justitie) te Batavia-Centrum.

In verband met de omstandigheid, dat in eenige voorafgaande nummers van dit tijdschrift het eerstgenoemde Bureau geen vermelding vond, wordt medegedeeld, dat het niet tijdig ontvangen van de desbetreffende opgaven hiervan de oorzaak was. Voortaan zal in het hoofd van deze rubriek een algemeene vermelding als hierboven afgedrukt worden geplaatst.

Plaatsgebrek noopt de Redactie de ontvangen opgaven van openbaargemaakte octrooien tot het volgende nummer aan te houden.

Red.

ONTVANGEN GESCHRIFTEN.

Bibliotheek der Groep N.-I. van het K. I. v. I.

De bibliotheek werd aangevuld met de navolgende ontvangen uitgaven van het *Smithsonian Institution* te Washington, D. C.

Bulletin 100, Volume 9, 1929, by Ferdinand Canu, Versailles, France and Ray S. Bassler, Washington, D. C.: Contributions to the biology of the Philippine Archipelago and adjacent regions.

Bryozoa of the Philippine region.

Bulletin 125, 1923, by Ferdinand Canu, Versailles, France and Ray S. Bassler, Washington, D. C.: North American later tertiary and quaternary Bryozoa.

Bulletin 149, 1930, by George P. Merrill, Head Curator of Geology, U. S. N. M.): Composition and structure of meteorites.

Bulletin 164, 1932, by Riiji Endo, Manchurian Teacher's College, Mukden, Manchuria: The Canadian and Ordovician formations and fossils of South Manchuria.

Bulletin 165, 1933, by Ferdinand Canu, Versailles, France and Ray S. Bassler, Head Curator, Department of Geology, U. S. N. M.): The bryozoan fauna of the Vincentown limesand.

No. 2462, 1933, by Remington Kellogg, Bureau of Biological Survey, U. S. Dept. of Agriculture: Description of two Squalodonts recently discovered in the Calvert cliffs, Maryland; and notes on the sharktoothed Cetaceans.

No. 2464, 1923, by George P. Merrill, Head Curator of Geology, U. S. N. M.): A meteoric metabolite from Dungannon, Virginia.

No. 2535, 1924, by T. S. Oldroyd, Stanford University, California: The fossils of the lower San Pedro fauna of the Nob Hill Cut, San Pedro, California.

No. 2556, 1925, by T. D. A. Cockerell, University of Colorado, Boulder: Plant and insect fossils from the Green River Eocene of Colorado.

*) U. S. N. M. = United States National Museum.

No. 2572, 1925, by Oliver P. Hay, Associate of the Carnegie Institution, Washington: On remains of Mastodons found in Texas, Anancus Brazosius and Comphotherium Cimarronis.

No. 2613, 1926, by E. O. Ulrich, U. S. Geological Survey, and R. S. Bassler, U. S. N. M. *): A classification of the toothlike fossils, Conodonts, with descriptions of American Devonian and mississippian species.

No. 2645, 1927, by Remington Kellogg, Bureau of Biological Survey, U. S. Dept. of Agriculture: Kentriodon Pernix, a Miocene porpoise from Maryland.

No. 2649, 1926, by Edwin Kirk, U. S. Geological Survey: Cymbidium, a new genus of silurian Pentameroid Brachiopods from Alaska.

No. 2652, 1926, by Edward W. Berry, Johns Hopkins University, Baltimore, Md.: A fossil palm fruit from the Middle Eocene of Northwestern Peru.

No. 2661, 1927, by Edwin Kirk, U. S. Geological Survey: Tanaodon, a new molluscan genus from the Middle Devonian of China.

No. 2669, 1927, by William F. Foshag, Assistant Curator Dept. of Geology, U. S. N. M. *) and Harry M. Berman, Harvard University, and Robert B. Gage, Trenton, New Jersey: The occurrence and properties of Chlorophoenicite, a new arsenate from Franklin, New Jersey.

No. 2670, 1927, by George P. Merrill, Head Curator of Geology, U. S. N. M. *): A stony meteorite from Forksville, Mecklenburg County, Virginia.

No. 2671, 1927, by George M. Austin, Wilmington, Ohio: Richmond faunal zones in Warren and Clinton Counties, Ohio.

No. 2686, 1927, by Edward W. Berry, Johns Hopkins University, Baltimore Md.: A new type of Caddis Case from the lower Eocene of Tennessee.

No. 2687, 1927, by Charles W. Gilmore, Curator of Vertebrate Paleontology, U. S. N. M. *): On fossil turtles from the Pleistocene of Florida.

No. 2695, 1927, by Frank M. Carpenter, Bussey Institution of Harvard University: A fossil insect from the Lower Permian of the Grand Canyon.

No. 2701, 1928, by Grace B. Holmes, Eastern High School, Washington, D. C.: A bibliography of the Conodonts with descriptions of early Mississippian species.

No. 2706, 1927, by Lloyd W. Stephenson, U. S. Geological Survey: Additions to the Upper Cretaceous Invertebrate faunas of the Carolinas.

No. 2716, 1927, by Joseph A. Cushman, Sharon, Massachusetts: Foraminifera of the genus Siphonina and related genera.

No. 2727, 1928, by Mary J. Rathbun, Associate in Zoology, U. S. N. M. *): Two new Crabs from the Eocene of Texas.

No. 2728, 1928, by Charles W. Gilmore, Curator of Vertebrate Paleontology, U. S. N. M. *): A new fossil reptile from the Triassic of New Jersey.

No. 2734, 1928, by Edward W. Berry, Johns Hopkins University, Baltimore, Md.: Fossil nutlets of the genus Lithospermum.

No. 2743, 1928, by Edward W. Berry, Johns Hopkins University, Baltimore, Md.: Tertiary fossil plants from the Argentine Republic.

No. 2745, 1928, by Charles W. Gilmore, Curator of Vertebrate Paleontology, U. S. N. M. *): A new Pterosaurian reptile from the marine Cretaceous of Oregon.

No. 2750, 1928, by Charles W. Gilmore, Curator of Vertebrate Paleontology, U. S. N. M.: Fossil footprints from the Fort Union (Paleocene) of Montana.

No. 2760, 1928, by Edwin Kirk, U. S. Geological Survey: The fossil Crinoid genus Vasocrinus Lyon.

No. 2763, 1928, by Edwin Kirk, U. S. Geological Survey: Bathmopterus, a new fossil Gasteropod genus from the Silurian of Alaska.

No. 2768, 1928, by William F. Foshag, Assistant Curator, U. S. N. M. *): Mineralogy and geology of Cerro Mercado Durango, Mexico.

No. 2787, 1929, by George P. Merrill, Head Curator of Geology, U. S. N. M. *), With chemical analysis by F. A. Gonyer: A newly found meteoric stone reported by W. B. Lang from Peck's Spring, Midland County, Texas.

No. 2793, 1929, by Edwin Kirk, U. S. Geological Survey: Pagecrinus, a new Crinoid genus from the American Devonian.

No. 2795, 1929, by Edward W. Berry, Johns Hopkins University, Baltimore, Md.: Tertiary fossil plants from Colombia, South America.

No. 2806, 1929, by Charles E. Resser, Associate Curator of Stratigraphic Paleontology: New Lower and Middle Cambrian Crustacea.

No. 2810, 1930, by Ferdinand Canu, Versailles, France and Ray S. Bassler: The Bryozoan Fauna of the Galapagos Islands.

No. 2811, 1930, by Erwin R. Pohl, Dept. of Geology, Vanderbilt University, Nashville, Tenn.: The Middle Devonian traverse group of rocks in Michigan, a summary of existing knowledge.

No. 2818, 1930, by E. O. Ulrich, Associate in Paleontology U. S. N. M. *): Ordovician Trilobites of the family Telephidae and concerned stratigraphic correlations.

No. 2819, 1930, by Edwin Kirk, U. S. Geological Survey: Mitrospira, a new Ordovician Gasteropod genus.

No. 2820, 1929, by J. Edward Hoffmeister, University of Rochester, New York: A new fossil Coral from the Cretaceous of Texas.

No. 2823, 1929, by W. Gardner Lynn, Johns Hopkins University: A nearly complete carapace of a fossil turtle Amyda Virginiana (Clark).

No. 2829, 1930, by Joseph A. Cushman, Sharon, Massachusetts, and Yoshiaki Ozawa, Imperial University, Tokyo: A monograph of the foraminiferal family Polymorphinidae, recent and fossil.

No. 2833, 1930, by Charles W. Gilmore, Curator of Vertebrate Paleontology, U. S. N. M. *): A nearly complete shell of the extinct turtle Trachemys Sculpta.

No. 2836, 1930, by Wendell C. Mansfield, U. S. Geological Survey: Some peculiar spiral fossil forms from California and Mexico.

No. 2839, 1930, by Charles W. Gilmore, Curator of Vertebrate Paleontology, U. S. N. M. *): On dinosaurian reptiles from Two Medicine formation of Montana.

No. 2847, 1931, by E. O. Ulrich, U. S. Geological Survey and R. S. Bassler, U. S. N. M. *): Cambrian bivalved Crustacea of the order Conchostaca.

No. 2860, 1931, by John B. Reeside, Jr., U. S. Geological Survey, Washington, D. C. and A. Allen Weymouth, California Company, Denver, Colorado: Mollusks from the Aspen Shale (Cretaceous) of Southwestern Wyoming.

No. 2875, 1931, by Charles W. Gilmore, Curator of Vertebrate Paleontology, U. S. N. M. *): A new species of Troodont Dinosaur from the Lance formation of Wyoming.

*) U. S. N. M. = United States National Museum.

*) U. S. N. M. = United States National Museum.

No. 2887, 1931, by W. C. Mansfield, U. S. Geological Survey: Some tertiary Mollusks from Southern Florida.

No. 2893, 1931, by Rudolf Ruedemann, New York State Museum, Albany, N. Y.: Some new Middle Cambrian fossils from British Columbia.

No. 2899, 1931, by Charles Elmer Resser, Curator, Division of Stratigraphic Paleontology, U. S. N. M. *): A new Middle Cambrian merostome Crustacean.

No. 2914, 1932, by Joseph A. Cushman and P. W. Jarvis, Cushman Laboratory for Foraminiferal Research, Sharon, Mass.: Upper Cretaceous Foraminifera from Trinidad.

No. 2938, 1932, by W. P. Woodring, U. S. Geological Survey: A Miocene Mollusk of the genus *Haliotis* from the Temblor Range, California.

No. 2941, 1932, by Charles W. Gilmore, Curator, Division of Vertebrate Paleontology, U. S. N. M. *): On a newly mounted skeleton of *Diplodocus* in the United States National Museum.

No. 2943, 1932, by George Gaylord Simpson, American Museum of Natural History, New York City: A new Paleocene Mammal from a deep well in Louisiana.

No. 2946, 1932, by William B. Marshall, Assistant Curator, Division of Mollusks, U. S. N. M. *) and Edgar O. Bowles, George Washington University, Washington, D. C.: New fossil fresh-water Mollusks from Ecuador.

No. 2948, 1933, by Horace Elmer Wood, 2d Dana College, Newark, New Jersey: A fossil *Rhinoceros* (*Diceratherium Armatum* Marsh) from Gallatin County, Montana.

No. 2950, 1933, by Charles W. Gilmore, Curator, Division of Vertebrate Paleontology, U. S. N. M. *): A new species of extinct Turtle from the Upper Pliocene of Idaho.

No. 2953, 1933, by Roland W. Brown, U. S. Geological Survey: Fossil plants from the Aspen Shale of Southwestern Wyoming.

No. 2954, 1933, by Rudolf Ruedemann, State Paleontologist, New York State Museum, Albany, N. Y.: *Camptostroma*, a lower cambrian floating Hydrozoan.

No. 2972, Vol. 83, 1934, by Edwin Kirk, U. S. Geological Survey: *Corynecrinus*, a new Devonian Crinoid genus.

No. 2975, Vol. 83, 1934, by John W. Wells, Storrow Fellow, National Research Council: Some fossil Corals from the West Indies.

No. 2976, Vol. 83, 1934, by C. Lewis Gazin, Assistant Curator, Division of Vertebrate Paleontology, U. S. N. M. *): Fossil Hares from the Late Pliocene of Southern Idaho.

*) U.S.N.M. = United States National Museum.

UIT INHOUD VAN TIJDSCHRIFTEN.

Der Bauingenieur, Jhrg. 18 Heft 29/30, 23 Juli 1937.
Siedlungs- und Hallenbauten auf der Reichsausstellung „Schaffendes Volk“, von Stadtbaudir. Dipl.-Ing. H. Bücher. — Zylinderschalen mit veränderlichem Krümmungshalbmesser und veränderlicher Schalenstärke (Schluss), von A. Aas Jakobsen. — Knickfestigkeit excentrisch beanspruchter Säulen aus Baustoff, der nur gegen Druck widerstandsfähig ist, von Baudir. N. Royen. — *Kurze technische Berichte*: Zwei neue Getreidespeicher im Strassburger Hafen. — Die Wehranlage von Ramet-Ivoz (Belgien). — Der Hafen von Jaffa. — Bitumenbauweisen im Wasserbau. — Ueber die Wirkungs-

weise automatischer Wehrantriebe. — Die grösste Gerberbrücke der Vereinigten Staaten. — Theaterneubau in Carraccone. — Moderner Strassenbau in Amerika. — Neues Verfahren zur Kontrolle des Wassergehaltes von Betonzuschlagstoffen.

Die Bautechnik, Jhrg. 15 Heft 30, 9 Juli 1937.

Grossräumige Salzlagerhallen in Holz, von F. Trysna. — Ueber die Schubfestigkeit bindiger Böden, von Dr. B. Tiedemann. — Die Brückenbauten der Stadt Berlin in den beiden letzten Jahren (Schluss), von Stadtbaudir. Langer und Magistratsbaudir. Emmrich. — *Vermischtes*: Verbreiterung der Seinebrücke zwischen Marsfeld und Trocadero. — *Patentschau*: Fahrbare Vorrichtung zum Auftragen eines bituminösen Belages, insbesondere auf Kanalböschungen. — *Beilage: Der Stahlbau*, Jhrg. 10 Heft 14/15: Die Stahlkonstruktion des deutschen Hauses auf der Internationalen Ausstellung Paris 1937, von Obering. A. Bungardt. — Ueber Leichtfahrbahntragwerke für stählerne Strassenbrücken, von Otto Graf. — Beitrag zur Plastizitätstheorie des Durchlaufträgers, von Dr.-Ing. K. Klöppel. — Die stählernen Oderbrücken im Zuge der Verkehrsstrasse Ost bei Stettin, von Magistratsbaudir W. Köhler. — Kinematische Ermittlung der Einflusslinien gekrümmter Brücken, von Dr.-Ing. G. A. Fuchs.

Die Bautechnik, Jhrg. 15 Heft 31, 16 Juli 1937.

Die Kratzbachtalbrücke bei Hainichen im Zuge der Reichsautobahn Dresden-Chemnitz-Weimar, von Dipl.-Ing. König. — Die Arbeiten der Reichswasserstrassenverwaltung im Jahre 1936 (Schluss), von Ministerialdir. Dr.-Ing. ehr. Gährs. — Neues über die Entwicklung der Baustoffe in den V. St. A. — *Vermischtes*: Ein Beitrag zur Auswertung von Einflusslinien. — Zerlegbare Krane für Baustellen. — *Patentschau*: Spundwand.

Die Bautechnik, Jhrg. 15 Heft 32, 23 Juli 1937.

Ein neues Kesselhaus der Hamburgischen Electricitätswerke, von Dipl.-Ing. M. Krause. — Die neuen Talsperrendämme im Harz. Erfahrungen bei Vorarbeiten, Gestaltung, Bau und Betrieb des Söse- und Oderwerkes der Harzwasserwerke (Schluss), von Prof. Dr.-Ing. Colorio. — Versuche und Erläuterungen zu den Richtlinien für die Prüfung von Beton auf Wasserundurchlässigkeit, (Schluss), von Otto Graf und Kurt Walz. — *Vermischtes*: Elektroschwingungsrüttler. — Erhöhung der zulässigen Spannungen der Stahleinlagen bei massiven Brücken.

Die Bautechnik, Jhrg. 15 Heft 33, 30 Juli 1937.

Der Ausbau der Endstrecke des Oder-Spree-Kanals bei Fürstenberg a. d. O. Der Mündungsabschnitt, von Oberreg.- und -baudir Ostman. — Ueber die Schubfestigkeit bindiger Böden, (Schluss), von Dr. B. Tiedemann. — *Patentschau*: Vorrichtung zur Herstellung von Ortpfählen aus Eisenbeton. — *Beilage: Der Stahlbau*, Jhrg. 10 Heft 16: Ueber das Ausknicken symmetrischer Bogenträger unter symmetrisch verteilten Belastungen, von E. Chwalla und C. F. Kollbrunner. — Ueber Leichtfahrbahntragwerke für stählerne Strassenbrücken (Schluss), von Otto Graf. — *Verschiedenes*: Vereinfachte Durchbiegungsformeln von vollwändigen Trägern.

Beton und Eisen, Jhrg. 36 Heft 13, 5 Juli 1937.

Neuere Plattenbrücken, von W. Preisser. — Die Gewährleistung bestimmter Betoneigenschaften im Rahmen derzeitiger Vorschriften (Fortsetzung), von Dr.-Ing. K. Walz. — Der Träger über 2, 3 und 4 gleich weiten Öffnungen mit veränderlichem Trägheitsmoment, von Dipl.-Ing. J. Engels. — *Vermischtes*: Internationaler Kongress für Materialprüfung in London. — *Beilage*: Grundsätzliche Neuerung für Beton- und Makadam-Strassendecken.

Beton und Eisen, Jhrg. 36 Heft 14, 20 Juli 1937.

Baustoffe und Bauverfahren im amerikanischen Betonbau (insbesondere im Betonstrassenbau) verglichen mit deutschen Verhältnissen, von Prof. O. Graf. — Die

Haftfestigkeit von Eiseneinlagen im Asphaltbeton, von Prof. Dr.-Ing. E. Neumann. — Reichsausstellung „Schaffendes Volk“ Düsseldorf 1937, von Dr.-Ing. H. T. Lapa. — Der Einfluss silikatischer Beimischungen auf die Bildung von Kalkhydrat auf Abbindewärme und Festigkeit von Portlandzement, von Dipl.-Ing. H. Keller. — Zur Frage der Erdbbensicherheit von Bauwerken. Eigenschwingungen eines elastischen Systems, von Prof. K. S. Sawriew.

Engineering News-Record, Volume 119 No. 1, 1 Juli 1937.

Contractors win river battle. — Workability of concretes and mortars, by Edw. W. Scripture. — Checking torrential floods. — Controlled quality in asphalt paving, by C. L. Shattuck. — Steel baffles stop sliding fill, by G. H. Allen. — Desert water tanks, by G. G. Stykes. — *From field and office*: Hung forms for floor slabs, by K. B. Humphrey. — Forms for grade beams, by G. W. Maker.

Engineering News-Record, Vol. 119 No. 2, 8 Juli 1937.

Bridge building follows flood, by W. G. Bowman. — Marl tunneling methods, by J. E. Gibson. — Municipal sewage irrigation, by G. A. Mitchell. — Structures to control torrents, by R. E. Cruse. — New expansion joint proves good, by E. J. Webb. — *From field and office*: Caps for pavement cores. — Instrument and tool car for survey party. — Design for stadia rod. — Columns upended and set by special sling. — Cut and fill volume told by chart. — *Comments and discussions*: Cloudburst flood formulas.

Engineering News-Record, Volume 119 No. 3, 15 Juli 1937.

Lessons from a building collapse, by E. E. Seelye. — Seven ways to finance water supply improvements, by A. W. Consoer. — Asphalt plant with precision control, by C. A. Proctor and C. L. Shattuck. — New record in pouring concrete. — Bridge engineer's Odyssey, by W. G. Bowman. — A. S. T. M. Convention at New York. — Rustproofing Ft. Peck Penstock.

Engineering News-Record, Volume 119 No. 4, 22 Juli 1937.

Baltimore builds a viaduct, by G. J. Requardt and H. J. Lucke, Jr. — Fast work on large shafts. — New England flood plans analyzed. — Desinfection of new water mains. — Bridgebuilding down east, by W. G. Bowman. — Missouri river blocked at Fort Peck, by Capt. C. H. Chorpeneing. — Notes on sewage disposal, by W. Rudolfs. — *From field and office*: Bridge design data charted, by W. E. Belcher. — Use of safety primers in tunneling, by R. E. Munn.

Le Génie Civil, Tome CXI No. 3, 17 Juli 1937.

Constructions civiles: La construction de l'Eglise Sainte-Odile, à Paris, par P. Calfas. — *Résistance des matériaux*: Réflexions nouvelles sur les ponts suspendus (suite), par G. Pigeaud. — *Matériaux de construction*: L'emploi des ciments alumineux à la confection des bétons réfractaires. — *Congrès*: Le IIe Congrès mondial du Pétrole (Paris, 14-21 Juin 1937), par Ch. Berthelot. — *Variétés*: Les travaux d'extension en cours aux ports de Las Palmas et de Sainte-Croix-de-Ténériffe (Iles Canaries). — L'action corrosive des différents sols sur les métaux non ferreux et leur alliages. — L'étude expérimentale des signaux colorés destinés à la navigation.

Le Génie Civil, Tome CXI No. 4, 24 Juli 1937.

Hygiène et sécurité: Les récents progrès dans la défense contre l'incendie, par A. Antoni. — *Résistance des matériaux*: Réflexions nouvelles sur les ponts suspendus (suite et fin), par G. Pigeaud. — *Congrès*: Le IIe Congrès mondial du Pétrole (Paris, 14-21 Juin 1937) (suite et fin), par Ch. Berthelot. — *Variétés*: Auto-rail Renault, type ABV, à deux moteurs de 300 chevaux. — La construction du Palais de l'Allemagne à l'Exposition de Paris en 1937.

Le Génie Civil, Tome CXI No. 5, 31 Juli 1937.

Travaux publics: La gare maritime de la Compagnie Générale Transatlantique, au Havre, par Beau. — *Constructions civiles*: L'Hôtel de l'Institution of Civil Engineers à Londres. — *Variétés*: La Voie Triomphale de la Lumière et de la Radiophonie à l'Exposition Internationale de Paris 1937. — A propos de l'incendie des ballons dirigeables.

Schweizerische Bauzeitung, Band 110 Nr. 4, 24 Juli 1937.

Zur Entwicklung der „Swissair“. — Ein Atelier-Haus in Uetikon am Zürichsee, von Dipl.-Arch. Hans Suter. — Der Bürgenstock-Hammetschwand-Aufzug. — Die Schweizer. Bahnen und der Schnellverkehr. — *Mitteilungen*: Unwetterfeste Wohnhäuser. — Kreiselpumpen für Schlamm und Abwasser. — Die Béni-Bahdel-Staumauer in Algerien.

Schweizerische Bauzeitung, Band 110 Nr. 5, 31 Juli 1937.

Quelques aspects récents de l'emploi des mathématiques en économie politique, par Dr. Charles Jaeger. — Schulhaus in Grosswangen (Luzern). — Nicht mehr Licht, aber bessere Beleuchtung, von Ing. E. d. Brenner.

Travaux, 21. année No. 55, Juli 1937.

Le renforcement de tabliers métalliques à proximité de Strasbourg, par M. Lang. — L'Eglise Sainte-Odile à la Porte Champerret (J. Barge, architecte). — Une méthode à développer dans la conception et l'exécution des ouvrages pour diminuer les efforts secondaires, par M. Th. Makcheeff. — Voûtes cylindriques autoportantes, par M. Guerrini. — L'utilisation du ciment de laitier pour la construction des grands barrages, par M. de Langavant. — Pelle mécanique pour souterrains. — Station d'épuration des eaux usées de la ville de Montauban, par M. Rousse. — La station d'épuration de la ville d'Aulnay-sous-Bois, par MM. Descoutures et Montel.

Z. V.D.I., Band 81 Nr. 28, 10 Juli 1937.

Getreidespeicher im Stettiner Hafen, von H. Seidel. — Nebenschlusswiderstände für Lampen in Reihenschaltung. — Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1936, von S. Erk. — *Aus der Ingenieurarbeit*: Die Einrichtungen des Wasserkraftwerkes Krangede in Nordschweden. — Berechnung und Konstruktion von Oszillographenschleifen.

Z. V.D.I., Band 81 Nr. 29, 17 Juli 1937.

Der Bau der Erdölraffinerie Triest, von Dr. phil H. A. Bahr. — Fortschritte der Sprach- und Musikübertragung, von E. Thienhaus. — Tragbare Bildsender. — Eigenartige Erscheinungen bei der magnetischen Werkstoffprüfung, von Obering. O. Holtschmidt. — Normalspuriger Gleisbogen für Halbmesser unter 100 m. — *Aus der Ingenieurarbeit*: Wärmeübergang und molekulare Stoffübertragung im gleichen Feld bei grossen Temperatur- und Teildruckunterschieden. — Dauerfestigkeits-Schaubilder von gekerbten und kaltverformten Stählen und von Schrauben. — Einfluss der Mutter- und Gewindeform auf die Beanspruchung von Schraubenverbindungen.

Z. V.D.I., Band 81 Nr. 30, 24 Juli 1937.

Der Einfluss der Technik auf die Seekriegführung, von Admiral A. Saalwächter. — Messung elastischer Konstanten mit Ultraschall, von L. Bergmann. — Die Dauerfestigkeit von Schweissverbindungen, von H. Cornelius. — *Aus der Ingenieurarbeit*: Richtlinien für die Entwässerung und Entlüftung von Fernheizleitungen.

Z. V.D.I., Band 81 Nr. 31, 31 Juli 1937.

Fortschritte der Sprach- und Musikübertragung (2. Teil), von E. Thienhaus. — Neuzeitliche Verfahren zur Klanganalyse, von G. Buchmann. — *Aus der*

Ingenieurarbeit: Grossbild-Tonfilmanlagen. — Gasdichte Keramik-Metall-Verschmelzungen. — *Aus der Ingenieur-forschung:* Sichtbarmachen von Luftströmungen.

Verkehrstechnik, Jhrg. 18 Heft 14, 20 Juli 1937.

Die wirtschaftlichste Tagesleistung der Nahverkehrsmittel für Güterbeförderung, von Dipl.-Ing. M. W a r n i n g. — Die Regulierung des Slussengebietes in Stockholm. — *Beilage: Strassenbau und Strassenverkehr:* Verbesserung von altem Steinpflaster mittels Fugenschluss und Teppichbelag, von Oberbaurat H. K r ö c k e r.

Wasserkraft und Wasserwirtschaft, Jhrg. 32 Heft 15/16, 2 Augustus 1937.

Die heutigen Möglichkeiten einer zweidimensionalen Berechnung von Propellerturbinen und -Pumpen, von Dott. Ing. Prof. M. M e d i c i. — Neuere Beobachtungen über die Aenderung des Grundwasserstandes in einzelnen Teilen der Provinz Brandenburg, von Prof. L u d w i g. — Ueber die möglichkeit der Reiskultur in Mittel-Europa, von Prof. Dr. techn. Dr.-Ing. e. h. A. S c h o k l i t s c h. — Hochwässer in den Vereinigten Staaten, von Geh. Reg. Rat W e r n e k k e. — Die Anwendung der Mischungsverlustformel auf plötzliche Stromerweiterungen und ihre Einführung in die Hochwasserabflussberechnung, von Reg. Baum. A. S c h ä f e r. — *Rundschau:* Kann Entwässerung Klimaänderungen bewirken?

Wasserwirtschaft und Technik, Jhrg. 4 (30) Nr. 14-16, 15 Juni 1937.

Ermittlung der Geschwindigkeits- (Rauigkeits-) be-werte geweisster Stahlmuffenrohre, von Ministerialrat Ing. R. E h r e n b e r g e r. — Die Kraftwerke am Flimsenstein und die Sammelschiene Mailand-Essen, von Dr. techn. K. F. S i t t e. — Graphische Bestimmung des Wasserschlages in Leitungen nach L. Bergeron, von Ing. E. H u d e c s e k. — *Rundschau:* Energiequellen der Welt.

Werft Reederei Hafen, Jhrg. 18 Heft 14, 15 Juli 1937.

Zur Frage der Festigkeit von Luken und Schotten, von Dr. W. D a h l m a n n. — 16. Hauptversammlung der Gesellschaft der Freunde und Förderer der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt e.V.: Der Einfluss von Unebenheiten des Flussbodens bei der Fahrt auf flachem Wasser, von Ing. K. H e l m. — Zur Frage der Lastkraftwagenabfertigung in den Häfen, von Oberbaurat W u n d r a m. — *Wichtige Fachliteratur:* Die Schüttelschwingungen auf der „Normandie“ und die Massnahmen zu ihrer Beseitigung.

Werft Reederei Hafen, Jhrg. 18 Heft 15, 1 Augustus 1937.

16. Hauptversammlung der Gesellschaft der Freunde und Förderer der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt e.V. (1. Fortsetzung). — Die Bedeutung der Versuchstechnik in der Binnen- und in der Seeschifffahrt, von K. H e l m. — Der Hafen von Oslo, von Dr.-Ing. B o l l e.

PERSONALIA.

Ir. Ch. F. v a n H a e f t e n, Directeur van V. en W., is benoemd tot President-Curator van het College van Curatoren der T. H. te Bandoeng.

Ir. H. R. B e u k e l m a n, Voorz. v. h. Comité v. Bestuur der N. I. S. te Semarang, is benoemd tot Lid van het Coll. v. Curatoren der T. H. te Bandoeng.

Prof. ir. P. P. B y l a a r d is 8 September j.l. met verlof naar Europa vertrokken. Hij zal gedurende een jaar aan de T. H. te Delft de colleges verzorgen in de Bruggbouw en de Leer van belangrijke ijzerconstructies, ter voorloopige voorziening in de vacature, ontstaan door het aftreden van prof. ir. N. C. K i s t.

Ir. J. H. H e s s e l b e r g, Hoofd der Prov. Irr. Afd. Brantas, is ben. tot Onderhoofd v. d. Prov. Waterst. van O.-Java (Soerabaja).

Ir. W. H. G. I t z i g H e i n e is ben. tot Hoofd v. d. Prov. Irr. Afd. Brantas (Modjokerto).

Irs. R. K l a y, J. H. D e g e n s en H. V l u g t e r, ingrs. b. d. Prov. Waterst. v. O.-Java zijn overgepl. resp. van Malang naar Madioen, van Soerabaja naar Malang en van Modjokerto naar Kediri.

Ir. H. M. V e r w e y, ing. bij 's Lands Waterst., toegev. a. d. Res. v. Palembang, is ter besch. gest. v. d. Prov. O.-Java en gepl. op het Hoofdkantoor v. d. Prov. Waterst. (Soerabaja).

Ir. F. A. M e y n e k e n, ing. bij 's Lands Waterst., Dep. V. en W., afd. Havenwezen, is wegens 6-j. dienst 8 mnd. verlof verleend, ing. 16 Maart 1938.

Ir. G. W i l s o n is herben. tot ing. b. d. Prov. Waterst. v. W.-Java en gepl. te Soebang.

Ir. A. B. D e l m a a r is met ing. v. 1 Aug. 1937 werkz. gest. bij 's Lands Waterst. op maandgeld, en met ing. v. 16 Aug. 1937 ter besch. gest. v. d. Prov. M.-Java en tijd. werkz. gest. op het Hoofdkantoor v. d. Prov. Waterst. (Semarang).

Irs J. P l a n t e m a en Th. J. R o e s, ingrs. bij de S. S. te Soerabaja, is wegens 6-j. dienst 8 mnd. verlof verleend, ing. resp 2 Juli 1938 en 30 Mei 1938.

Ir. L. R. O l d e m a n, ing. in opleiding b. d. S. S. is ger. v. 1 Juli j.l. gepl. b/d Expl. Oosterlijnen.

Irs. S. G. T r o o s t e r en P. H. d e J o n g, v. d. B. P. M., zijn na terugk. van Eur. verlof geplaatst resp. te Tjepoe en te Louise (Sanga-Sanga).

Ir. W. J. C. K a u, A. R a t n e r en dr. J. H. W e s t e r m a n, idem, zijn overgepl. resp. van Tjepoe naar Tarakan, van Balikpapan naar P. Brandan (Perlak) en van Balikpapan naar Babo (N. G.).

Dr. F. L a u f e r, geoloog v. d. B. P. M. is met Eur. verlof van Tjepoe vertrokken.

Ir. H. J. H o u t m a n, ing. b.d. B. P. M. is met Eur. verlof van P. Brandan vertr., in aansl. op overpl. naar Argentinië.

Ir. A. K l e i n, ing. b. d. N. V. Deli Spoorw. Mij. is met Eur. verlof vertr.

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

BESTUURSMEEDEELINGEN.

Aangenomen en voorgestelde nieuwe leden.

De in No. 8 van dezen jaargang voorgestelde personen zijn allen aangenomen als lid.

Thans worden voorgesteld als *gewoon lid*:

ir. E. L. d e G r o o t, leeraar H. B. S. te Semarang.

B. d e K r e y, leider technische zaken der N. V. Borneo Sumatra Handel Mij. te Soerabaja.

ir. L o a W a n K i o n g, ingenieur bij 's Lands Waterstaat, Dep. V. en W., te Bandoeng,

J. Th. v a n O y e n, adviseerend architect te Semarang,

en als *junior lid*:

Rd. Entjon, student aan de Technische Hoogeschool te Bandoeng,

H. J. de Groot, id. id.

ir. A. C. W. van Heel, assistent aan de Technische Hoogeschool te Bandoeng,

Lie Kok Gwan, student aan de Technische Hoogeschool te Bandoeng.

The Lian Thong, id. id.

ir. Tjoa Teng Kie, assistent aan de Technische Hoogeschool te Bandoeng,

ir. P. Th. Wijnhamer, leeraar aan de Technische Vakschool te Bandoeng.

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

Den leden wordt verzocht het goede voorbeeld van bovengenoemde kandidaten aan collega's-niet-leden voor oogen te willen stellen.

Koninklijke Onderscheidingen.

Het Bestuur kijwt zich hierbij met genoegen van de taak om mede te deelen, dat het op 31 Augustus j.l. H. M. de Koningin behaagde, onze medeleden:

H. B. Stapel, Hoofdvertegenwoordiger in Ned.-Indië van de Zustermaatschappijen, ir. W. J. R. Cornelissen, Hoofd der Bankatinwinning, prof. ir. J. H. G. Schepers, Hoofd der Triangulatiebrigade van den Topografischen dienst, en Kolonel G. J. F. Statius Muller, Kolonel der Genie, te benoemen tot *Officier in de Orde van Oranje-Nassau*, terwijl ir. F. B. J. Kluvers, Eerst aanwezende Waterstaatsambtenaar te Bandjarmasin, werd benoemd tot *Ridder in de Orde van Oranje-Nassau*.

Samenstelling Besturen.

In den laatsten tijd hadden in de Groeps- en Kringbesturen nogal wat mutaties plaats. Medege-deeld zij, dat op 1 October j.l. de samenstelling hiervan was als volgt:

Groepsbestuur (p/a Secretariaat, Bragaweg 38, Bandoeng).

Voorzitter: ir. C. Hillen, Tjibeunjingplantsoen 43, Bandoeng.

Vice-Voorzitter: ir. W. J. Burck, Salemba 4, Batavia-C.

Secretaris: ir. A. Korving, Bengawanlaan 90, Bandoeng.

Penningmeester: ir. F. M. C. Berkhout, Wenckebachstraat 18, Bandoeng.

Leden: Kolonel G. J. F. Statius Muller, Merdikario 10, Bandoeng.

Jhr. ir. H. S. van Lennep, Djocjaweg 50, Batavia-C.

ir. H. van Galen Last, Keyserstraat 40, Bandoeng.

De wijzigingen in het Groepsbestuur zullen uiteraard aan de volgende Algemeene Vergadering ter bekrachtiging worden voorgelegd.

Groepsafdeeling Mijnbouw.

Voorzitter: ir. W. Hollleman, Riouwstraat 109, Bandoeng.

Secretaris-penningmeester: ir. A. Harting, De Ionghstraat 9, Bandoeng.

dr. ir. L. J. C. van Es, Commissaris, Tjimanoeckstraat 16, Bandoeng.

Kring I (Batavia).

Voorzitter: ir. W. D. P. Stenfert, Nieuwe Tamarindelaan 28, Batavia-C.

Secretaris: ir. R. A. Wolterbeek Muller, Tanahabang West 91, Batavia-C.

Penningmeester: ir. J. A. R. Nagel, p/a. Ned. Handel Mij. Batavia-C.

Kring II (Bandoeng).

Voorzitter: ir. S. Snuyf, p/a. Preangerhotel, Bandoeng.

Vice-voorzitter ir. J. C. Jaring, Dagoweg, Bandoeng.

Secretaris-Penningmeester: ir. A. de Haas, Madoerastraat 6, Bandoeng.

Kring III (Semarang).

Voorzitter: ir. M. Ph. Broekhuysen, van der Hoopweg 10, Semarang.

Secretaris-penningmeester: ir. P. M. Benschop, Singotoroweg 1A, Semarang.

Lid: ir. D. van Riemsdijk, Djangli 37, Semarang.

Kring IV (Soerabaja).

Voorzitter: ir. K. K. J. L. Steinmetz, Sumatrastraat IIB, Soerabaja.

Secretaris-penningmeester: ir. I. Wiechers, Mawarstraat 6, Soerabaja.

Kring V (Medan).

Voorzitter: ir. A. H. van Assen, Tamarindelaan 9, Medan.

Secretaris-penningmeester: ir. W. A. Veenstra, Max Havelaarlaan 15, Medan.

Het Koninklijk Instituut van Ingenieurs 90 jaar.

De viering in Nederland.

Op Woensdagmiddag, den 1sten September, kwam het Instituut in hotel „de Wittebrug” te Den Haag in feestelijke vergadering bijeen. De Voorzitter v. d. Groep Ned.-Indië, ir. C. Hillen, sprak vanuit de studio te Bandoeng, om circa kwart over elfen des avonds (17 h 05 Amst. zomertijd), deze vergadering als volgt toe:

Hier voor de microfoon te Bandoeng spreekt de voorzitter van de Groep Nederlandsch-Indië van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs.

Mijnheer de President, Mijne Heeren,

Uit de verte heeft de Groep de gelegenheid om in Uw midden zijn stem te laten hooren en wij verheugen ons, dat technische middelen ons in staat stellen, mondeling uiting te geven aan ons medeleven met de belangrijke gebeurtenis die U vandaag heeft samengebracht.

Ons Koninklijk Instituut heeft met zijn 90 jaar een leeftijd bereikt, welke het ruimschoots stelt boven den arbeidstijd, die elk onzer is gegund. Het is daardoor de blijvende eenheid, van welke wij tijdelijk deel uitmaken, het groote verband, waar wij ons ondergeschikt aan voelen. Doch hoogere waardigheid dan die zijner jaren ontleent het Instituut aan de basis, waarop het door zijn stichters werd gesteld: „Het bevorderen van de Wetenschap en de Kunst van den Ingenieur om de daarmee samenhangende maatschappelijke belangen te dienen.”

Wij, leden van de Indische Groep, trachten in de tropen dit doel te bevorderen, door ons deel te volbrengen van de taak, welke aan Nederlandsche Ingenieurs, tot heil van het Rijk is toevertrouwd. Wij weten evenals gij, dat

daardoor ons werk ver uitgaat boven den arbeid om het dagelijksch brood, dat het staat op het hooge peil van gemeenschapswerk in dienst van alle volken, die onder de Nederlandsche vlag leven.

Dit doel geeft ons werk bezieling en legt het ons zeer na aan het hart.

Ieder die deze algemeene taak beseft, zal die telkens terugvinden in zijn eigen plicht op een bepaald oogenblik. Een plicht, welke niet mag worden afgewezen en niet kan worden uitgesteld, ook al is hij in de simpele vervulling van elken dag, zonder glans, niet in het oog loopend, niet bijzonder geëerd, mogelijk zelfs onaanzienlijk, maar met dat al noodzakelijk en waard om gedaan te worden. Want alle plichtsgetrouwen tezamen draaien het wiel der wereld.

Op een bouwterrein vroeg een voorbijganger aan twee steenhouwers, wat zij deden. Ik houw steenen, zei de een; ik bouw mee aan de kathedraal, zei de ander. Zij deden in feite hetzelfde, doch werkten uit een andere geestelijke instelling.

Mijnheer de President, ik hoop dat ons Koninklijk Instituut steeds veel kathedraalbouwers zal omvatten.

Wat den dag van vandaag betreft, wensch ik U allen, verzamelde collega's, veel genoegen in Uw feestelijke samenkomst. In het bijzonder denk ik aan de huidige vertegenwoordigers van de Indische Groep in den Raad van Bestuur en aan onze vele oud-leden in Uw midden, die de herinnering bewaren aan den tijd, dat zij werkten in dit groote land.

Namens de Groep is het mij een eer, hulde te brengen aan hen, die door technische en persoonlijke uitnemendheid, zich op dezen dag de onderscheiding van eerelid zagen toebedeeld.

Ik ben ervan verzekerd, dat slechte tijden en teleurstellingen het Instituut niet meer kunnen doen wankelen. Het is gegrondvest in den grooten rijkdom van leven uit zijn verleden, in de groote maatschappelijke waarde van het werk, dat zijn leden hebben tot stand gebracht, in zijn grootsche taak van heden en toekomst.

Ik eindig met den wensch, dat aan ieder onzer persoonlijk in zijn leven en zijn werk de kracht zij geschonken om met blijdschap zijn deel in de taak van het Instituut te volbrengen.

Ik heb gezegd.

Na een langdurig applaus van de vergadering antwoordde de President, prof. ir. van Royen, ongeveer als volgt:

Mijnheer de Groepsvoorzitter,

Ik kan U mededeelen, dat Uwe, op dezen grooten dag, namens de Groep Nederlandsch-Indië uitgesproken woorden, in de vergadering van het Instituut duidelijk zijn overgekomen, dank zij de goede zorgen, die de Nederlandsche en Indische P. T. T.-dienst, met den Gemeente-dienst te 's-Gravenhage daarvoor hebben gehad.

Gij zijt met groote waardeering aangehoord en als President van het Instituut spreek ik namens allen onzen hartelijken dank uit voor de gevoelens van medeleven, die wij daaruit mochten beluisteren. Het Instituut volgt met groote belangstelling het pionierswerk, dat op technisch gebied in het uitgestrekte Koloniale Rijk wordt verricht, met vol begrip van de groote moeilijkheden, die daar moeten worden overwonnen.

Het heeft ons aangenaam getroffen te mogen vernemen, hoe door de Groep Nederlandsch-Indië van het Instituut, daar tusschen de Ingenieurs een band gelegd wordt, die hen zal helpen in het volvoeren van hun taak.

Wij wenschen U toe, dat Uw streven, om door Uw Groep de kunst en de wetenschap van den Ingenieur te dienen, met stijgend succes moge worden voortgezet tot Uw eigen voldoening.

Ik heb gezegd.

Hierop eindigde ir. Hillen met de woorden:

Mijnheer de President,

Wij zijn hier momenteel niet in vergadering bijeen. Velerlei omstandigheden maakten, dat voor deze viering

in Indië een ander tijdstip moest worden gekozen. Ik zit hier, met den Secretaris in de studio en wij konden U uitstekend volgen.

Ik zal niet nalaten om aan de Groep hier in Indië bericht te geven van hetgeen U hebt gesproken en met erkentelijkheid zal men van Uw vriendelijke en opwekkende woorden kennis nemen. Ik wensch U verder een zeer prettige samenkomst.

De viering in Kring IV (Soerabaja).

Excursie naar het Waterkrachtwerk Mendalan van de N. I. W. E. M. op 4 September 1937.

Om half zeven werd vertrokken vanuit de tuin van de Simpangsche Sociëteit, in een tiental auto's. Na een vlotte autotocht gaf een eerepoort, met het opschrift: „Leve het K. I. v. I.”, het doel van de tocht aan. Deze attentie van de N. I. W. E. M. gaf duidelijk aan, in welken geest de deelnemers zouden worden ontvangen. Onder het genot van koffie en sandwiches gaf de heer *Allemand* een korte, duidelijke uiteenzetting van de opzet van de Waterkrachtinstallatie in de Kali Konto, bestaande uit de centrales *Mendalan* en *Siman*.

De oudste centrale is die van *Mendalan*, welke een reservoir heeft voor dagaccumulatie. Direct benedenstrooms wordt voor irrigatiedoeleinden water afgetapt en voor dezen dienst was het in den loop van den dag sterk schommelende debiet nadeelig. Daarom is de tweede centrale *Siman* benedenstrooms *Mendalan* gebouwd. Het water wordt na passeeren van *Mendalan* weder verzameld in een reservoir, waaruit het met een constant debiet via de centrale *Siman* wordt teruggevoerd in de Kali Konto. Alle schommelingen in de belasting moeten dus door de centrale *Mendalan* worden opgenomen. De stroom, opgewekt in de centrale *Siman*, wordt teruggevoerd naar de centrale *Mendalan*, waar de distributie centraal geregeld wordt via een net van 70 000 volt naar Soerabaja c.s. en van 30 000 volt naar Kediri c.s.

De 30 deelnemers werden gesplitst in een vijftal ploegen ter bezichtiging van de werken, allereerst de centrale *Mendalan*. Na den rondgang werd een koele dronk aangeboden, waarna naar het waterslot van de centrale *Siman* werd gereden. Langs de drukleiding kwam men in de centrale, waarmee de eigenlijke excursie ten einde was.

Per auto begaven de deelnemers zich naar Hotel Selecta te Poenten ter verdere viering van het 90-jarig bestaan.

Helaas rustte op den Voorzitter de droeve plicht om de deelnemers het overlijden van ir. Th. J. van Teutem, in leven scheepsbouwkundig ingenieur bij het Marine Etablissement, te berichten. Staande werd dit bericht aangehoord en de overledene met eenige oogenblikken stilte herdacht.

Hierna sprak de Voorzitter zijn herdenkingsrede uit, memoreerde daarin kort de geschiedenis van het Instituut en eindigde met een heildronk op onze geëerbiedigde Koningin, Beschermvrouwe van het Instituut en op het Koninklijk Instituut van Ingenieurs. De heer ir. *Vlugter* bracht de gelukwenschen van de *Vereeniging van Waterstaatsingenieurs* over.

Gedurende de lunch dankte de Voorzitter den heer *Allemand* van de N. I. W. E. M. voor de buiten-

gewone ontvangst, welke de Kring was te beurt gevallen en voor de wijze, waarop de excursie door hem werd geleid.

Het samenzijn had een zeer geanimeerd verloop. Een der deelnemers stelde voor meer op soortgelijke wijze bijeen te komen ter versterking van den onderlingen band, welk voorstel algemeen bijval oogstte.

De viering in de Kringen I (Batavia) en II (Bandoeng).

Op Zaterdagavond, den 11^{den} September te c.a. half negen, verzamelde zich een zestigtal leden uit de Kringen I en II, met hun dames, in de lobby van het Preangerhotel te Bandoeng om de gezamenlijke viering in te zetten met een allergezelligste borrel, gevolgd door een eenvoudig souper, dat omstreeks half tien aanving.

De Voorzitter van Kring II heette allen aan tafel welkom. De kolonel Statius Muller, inspecteur van het wapen der Genie, complimenteerde, namens den Legercommandant, het Instituut met het jubileum; Zijne Excellentie was tot zijn spijt verhinderd bij deze viering aanwezig te zijn.

Het souper had een buitengewoon geanimeerd verloop. De gedachte, dat den volgenden morgen reeds om 8 uur zou worden afgereden naar de Tangkoeban Prahoe, deed omstreeks 1 uur velen, zij het noode, afscheid nemen. Verscheidene onvermoeibaren verlieten echter eerst in de prille morgenuren de Sociëteit Concordia, waar deze geslaagde inzet op waardige wijze was voortgezet.

Op Zondagmorgen den 12^{den}, omstreeks 8 uur, reden een 50 à 60-tal deelnemers en deelnemers van het Preangerhotel af naar de Tangkoeban Prahoe, waar zich nog een twintigtal leden bij het gezelschap aansloten.

Dr. ir. van Bemmelen beschreef in een 10-minuten-voordracht het ontstaan van de Bandoengsche hoogvlakte en de randgebergten ten N. hiervan, en waarop de deelnemers van hun hooge waarnemingsplaats een fraai uitzicht genoten. Daarna werd een bezoek gebracht aan de vluchttunnel van den Vulkanologischen dienst, die door den bergwand is heen gegraven, een betrekkelijk korte en nauwe doorgang. Ook de seismograaf had veler belangstelling. Omstreeks half twaalf kwam het gezelschap aan in het hotel Tangkoeban Prahoe, waar op één der gazons, in de buurt van het zwembad, de noodige zitjes waren gereserveerd. Bloemstukken van de Directie van het hotel Tangkoeban Prahoe en van de directie van Lindeteves Stokvis te Batavia vormden een zeer geapprecieerde attentie.

Op de causerie van ir. Stenfert over het vastleggen van geluiden op gramofoonplaten en de weergave er van, volgde een reeks demonstraties, waaraan door verschillende leden en enkele dames werd medegewerkt. De, met ware genialiteit voor de microfoon gehouden „redevoeringen”, — waarvan we de opinie van ir. Ingenegeren omtrent het verloop der excursie willen memorereen, — werden naderhand weergegeven, ook met terugdraaiende plaat. Ook werd de door ir. Hillen tot de feestelijke vergadering in „de Wittebrug” gerichte radio-

toespraak, welke op gramofoonplaten was vastgelegd, weergegeven.

Na deze interessante voordracht en demonstraties van ir. Stenfert, nam de Groepsvoorzitter het woord, waarna ir. Eindhoven allen dankte, die aan het welslagen dezer bijeenkomst hadden medegewerkt. Na een woord van dank ook aan den afgetreden Secretaris van Kring II: ir. van Egmond, die langeren tijd als zoodanig met spreker had samengewerkt, droeg hij het voorzitterschap van de Kring aan ir. S. Snuyf over. Nadat het, middeledertijd tot een 85-tal deelnemers aangegroeide gezelschap — wij merkten zelfs een drietal leden van Kring III op — zich aan de keurig in de eetzaal van het hotel gearrangeerde versierde tafels gezet had, aanvaardde de heer Snuyf in een korte toespraak dit voorzitterschap, na namens den Kring ir. Eindhoven voor diens jaren-lange, gewaardeerde leiding dank gezegd te hebben. Hierop verzocht de heer Snuyf aan ir. Hillen om deze bijeenkomst als voorzitter te willen leiden. Na een heildronk op onze Beschermvrouwe, H. M. de Koningin, en een daarop spontaan gezongen Wilhelmus, kwamen de tongen los en de Zuid-Afrikaansche ervaringen van ir. Holleman en de Zuid-Sumatraansche bevindingen van den heer Mariouw deden bijna de erwtensoepe koud worden. De heer Sluimers, hoofdredacteur van het A. I. D. sprak, namens de Pers een gelukwensch voor de 90-jarige en een heilwensch voor het volgend decennium uit.

Mevrouw Hillen dankte, namens de dames, voor de genoten gastvrijheid.

Omstreeks 4 uur ging men in de beste stemming uiteen, met zich medevoerend de herinneringen aan een bijzonder geslaagde feestelijke herdenking van den 90sten jaardag van ons Instituut.

De viering in Kring III (Semarang).

Op 4 September werd des morgens door een 30-tal leden en enkele hunner dames een bezoek gebracht aan de Constructie-werkplaatsen der N. V. de Vries Robbé—Lindeteves te Semarang onder leiding van den Administrateur van dit bedrijf den heer J. Groeneveld en enkele van zijn assistenten.

Veel belangstelling had de vuurverzinkerij, waarmede deze constructie-werkplaats sinds kort is uitgebreid en welke tijdens het bezoek in vol bedrijf was; bovendien werden bezichtigd de smederij, de fabricage van stalen ramen, de lasscherij, de plaatwerkerij, de eigenlijke constructiewerkplaats, waar een vakwerkbrug gemonteerd was, de pneumatische klinkerij, de verf- en expeditie afdelingen en de centrale.

Na den rondgang begaf men zich naar Hotel du Pavillon, waar het aantal belangstellenden nog belangrijk toenam.

In de bovenzaal nam allereerst de Kringvoorzitter ir. M. Ph. Broekhuysen het woord, die eenige woorden wijdde aan het feit, dat de aanleiding vormde tot de samenkomst: het 90-jarig bestaan van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs.

De werkelijk zeer groote opkomst van de leden met hunne dames bewees wel, welk een hechte

band het Instituut, speciaal voor de Indische ingenieurs, vormt.

Spreeker heette vervolgens met name den Vice-President van de Raad van Bestuur van het K. I. V. I., dr. ir. Ringers, welkom en sprak de hoop uit, dat de heer Ringers van deze bijeenkomst van Kring III aangename herinneringen zou meenemen; ook werd verwelkomd de heer Adriaanse in zijn functie van Voorzitter van de *Vereeniging van Waterstaatsingenieurs*, met welke organisatie een nauwe en aangename samenwerking bestaat.

In een korte causerie releveerde de heer Broekhuysen het ontstaan en de ontwikkeling van Instituut en Groep in deze 90 jaren. Hij wijdde een woord van eerbiedige hulde aan den grondlegger, Frederik Willem Conrad. Hij memoreerde het ontstaan van Kring III, waarvan de eerste Voorzitter was ir. Wouter Cool, die later Groepsvoorzitter werd en die thans de functie van Algemeen Secretaris van het K. I. V. I. vervult.

De voorzitter eindigde met de hoop uit te spreken, dat het Instituut met zijn belangrijken arbeid nog tot in lengte van jaren zal mogen bloeien en stelde voor, van dit medeleven in dien arbeid te doen blijken door het zenden van een telegram aan het Groepsbestuur, inhoudende gelukwensen ter gelegenheid van het 90-jarig bestaan van het *Koninklijk Instituut van Ingenieurs*.

Na den heer Broekhuysen sprak de heer Ringers, die opmerkte dat het aanvankelijke doel was alle leden in Indië op dezen dag samen te brengen in één plaats, hetgeen in verband met de afstanden onuitvoerbaar bleek. Speciale nadruk werd gelegd op het instandhouden van de goede verhouding van de Indische Groep met Holland.

Spreeker wees op de groote taak, welke het Instituut heeft vervuld en nog te vervullen zal hebben. Hij sprak de hoop uit, dat bij de viering van het 100-jarig bestaan het Instituut een krachtig lichaam zal vormen, verspreid over de geheele wereld.

Hierop verkreeg ir. J. Ch. Brouwer het woord om een causerie te houden over het onderwerp: „Luchtbehandeling in spoorwegrijtuigen in de tropen”.

De Voorzitter dankte den spreker daarop voor zijn interessante voordracht, waarna de Voorzitter van de *Vereeniging van Waterstaatsingenieurs in Ned.-Indië* in deze functie zijn gelukwensen aanbood, daarbij wijzende op het saamhorigheidsgevoel, dat in zijn Vereeniging leefde ten aanzien van het Instituut in de verhouding van eigen buis tot vertrouwde stad.

In den lobby van het Hotel werden daarna de op gramfoonplaten opgenomen radioreden van den Voorzitter van de Groep en van het Bestuur in Nederland ten gehoor gegeven, waarna een gezellige rijsttafel de herdenking van het 90-jarig bestaan van het K. I. V. I. besloot.

Mededeeling der Administratie.

Leden van het Instituut, die tengevolge van den brand op de „Kota Agoeng”, het nummer van *De Ingenieur* van 30 Juli 1937 (No. 31) in ernstig beschadigten toestand dan wel in het geheel niet hebben ontvangen, gelieven hiervan mededeeling te doen aan de Administratie te Bandoeng (adres Bragaweg 38), waarna hun gratis een nieuw exemplaar zal worden toegezonden.

IN NEDERLANDSCH-INDIË

II. BOUW- EN WATERBOUWKUNDE.

INHOUD: Het berekenen van den maximum afvoer van stroomgebieden met een oppervlak van 0—100 km², door ir. J. P. der Weduwen. — Varia.

Het berekenen van den maximum afvoer van stroomgebieden met een oppervlak van 0—100 km²

door

ir. J. P. DER WEDUWEN,

Ingenieur bij 's Lands Waterstaat, met buitenlandsch verlof.

Samenvatting:

De factoren, welke op den maximum afvoer van invloed zijn. De wijze, waarop ir. Melchior het verband tusschen den grootsten gemiddelden regenval, het oppervlak van het stroomgebied en den regenduur heeft vastgesteld. De aannamen, waarop de methode berust. De op den maximum afvoer van invloed zijnde grootheden uitgedrukt in een 6-tal functies. De grootste plaatselijke regenval als functie van den regenduur en de frequentie van dezen regenval. De reductie-coëfficiënt als functie van het oppervlak van het stroomgebied en den regenduur. De afvoer-coëfficiënt. De afstromingstijd als functie van het afvoerdebiet aan den wortel van het stroomgebied, de lengte en het gemiddelde verhang van den afvoer. Het verband tusschen den maatgevenden regenduur en den afstromingstijd. Het berekenen van den maximum afvoer en het opstellen van het nomogram.

Inleiding.

De maximum afvoer van een stroomgebied is afhankelijk van een groot aantal factoren, waarvan de belangrijkste zijn:

- 1e. de grootste hoeveelheid regen, welke gedurende een bepaalden tijd kan vallen,
- 2e. de vorm en de grootte van het stroomgebied,
- 3e. de helling van het stroomgebied en het verhang van den daarin gelegen afvoer,
- 4e. de bodemgesteldheid van het terrein, waaronder in hoofdzaak moet worden verstaan de opslorping in den bodem en de mate van terughouding van het water, dat eerst later tot afstroming komt,
- 5e. de regenval voorafgaande aan die, welke den maximum afvoer veroorzaakte,
- 6e. de cultuurtoestand van het terrein,
- 7e. de temperatuur en windsterkte en de daaruit voortvloeiende verdamping,
- 8e. de ligging van het stroomgebied ten opzichte van de heerschende windrichting,
- 9e. het water-accumuleerend vermogen van het rivierbed en de naaste omgeving.

Zoolang nog niet op uitgebreide schaal onderzoeken hebben plaats gehad met het doel den invloed van deze factoren afzonderlijk vast te stellen, zal gebruik gemaakt moeten worden van een coëfficiënt, welke den invloed van verscheidene dezer factoren tot uitdrukking brengt.

Zoo worden de factoren 4 t/m 7 gezamenlijk uitgedrukt door den afvoercoëfficiënt α , waarvan

doorgaans wordt aangenomen, dat deze voor groote stroomgebieden varieert van 0,41—0,62, doch voor kleinere stroomgebieden hooger moet worden gekozen.

Met den factor: de ligging van het stroomgebied ten opzichte van de heerschende windrichting, wordt bij de „methode Melchior” in zooverre rekening gehouden, dat de richting van de groote as van de om het stroomgebied beschreven ellips in stroomafwaartschen zin kan worden beschouwd als de voor het stroomgebied meest ongunstige windrichting.

Het zijn in hoofdzaak de eerste 3 der genoemde factoren, welke bij het opstellen van een algemeene formule voor den maximum afvoer afzonderlijk in rekening kunnen worden gebracht.

In verschillende in gebruik zijnde „grafieken voor den plaatselijken afvoer” wordt echter de invloed van de helling van het stroomgebied op den maximum afvoer op zeer onvoldoende wijze in rekening gebracht; vaak wordt slechts onderscheid gemaakt tusschen vlak land, heuvelland en bergland, zonder eenige nadere aanduiding betreffende het gemiddelde terreinverhang, dat met deze indeeling samenhangt.

Voor het berekenen van den maximum afvoer is de belangrijkste factor de grootste hoeveelheid regen, welke gedurende een bepaalden tijd kan vallen, welke hoeveelheid kan worden vastgesteld, indien de grootste gemiddelde regenval (d.i. het quotiënt van de grootste hoeveelheid regen en het oppervlak van het door dezen regenval getroffen gebied) op een oppervlak van willekeurige grootte gedurende een willekeurigen tijd, d.w.z. de maximum gemiddelde regenval als

functie van het oppervlak van het stroomgebied en den regenduur, bekend is.

In zijn verhandeling: „De toepassing van de formules van L a u t e r b u r g voor de bepaling van den grootsten afvoer van de rivieren op Java”, voorkomende in het *Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, afdeling Nederlandsch-Indië*, jrg. 1895-'96, ging ir. M e l c h i o r voor het vaststellen van het functionaal verband tusschen de bovengenoemde grootheden uit van de volgende regenvallen:

- regenval in 24 uren op een terrein van willekeurige grootte,
- plaatselijke regenval gedurende tijdvakken kleiner dan 24 uren,
- regenval op een terrein van willekeurige grootte gedurende verschillende tijdvakken.

Waar de hierna te behandelen methode ten deele parallel loopt met de methode M e l c h i o r, is in het volgende hoofdstuk in het kort uiteengezet op welke wijze ir. M e l c h i o r het bovenbedoelde verband heeft afgeleid.

De methode Melchior.

- Regenval in 24 uren op een terrein van willekeurige grootte.*

De wijze, waarop de gemiddelde regenval per etmaal (d.i. de totale hoeveelheid in één etmaal gevallen regen gedeeld door het oppervlak van het getroffen gebied) met de toename van de grootte van dat gebied afneemt, werd vastgesteld aan de hand van regenwaarnemingen, welke vanaf 1889 gedurende een tijdvak van 2 000 dagen op een 2 000 km² groot gebied, gelegen in Zuid-Bagelen, waren verricht door de irs. S. J. G. van Overveldt en H. P. M e n s i n g a.

Dit gebied, waarop 44 regenstations voorkwamen, werd verdeeld in driehoeken, waarvan de regenstations de hoekpunten vormden. De gemiddelde regenval in elken driehoek werd gelijk gesteld aan het gemiddelde van de waarnemingen in de 3 hoekpunten.

Voor oppervlakken van verschillende grootte werd nu de verhouding bepaald tusschen den gemiddelden regenval per etmaal op het te onderzoeken gebied en den maximum regenval, welke gedurende hetzelfde etmaal op één der binnen dit gebied gelegen stations was waargenomen. Dit verhoudingscijfer is de reductie-coëfficiënt β .

Komt nu op één der stations een zeer hooge regenval voor, dan zal voor β een lage waarde worden gevonden; omgekeerd zal deze coëfficiënt hoog zijn, indien de intensiteit van den regenval op het geheele gebied nagenoeg constant is. Dit laatste is nu echter in het algemeen het geval, indien de etmaalregenval gering is en derhalve geen rol speelt bij het bepalen van den maximum afvoer.

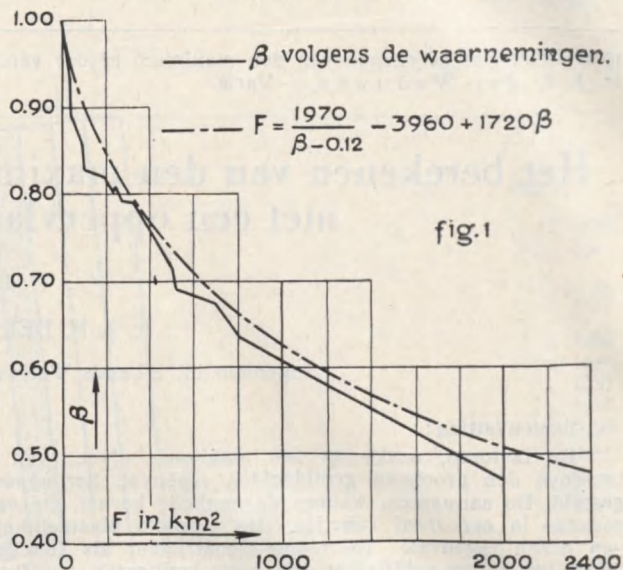
In verband hiermede werden bij het vaststellen van den coëfficiënt β nog die etmaalregenvallen in het onderzoek betrokken, welke niet lager waren dan 80% van de waargenomen maximum gemiddelde regenvallen.

Voor het geheele gebied werd de maximum waarde van β gevonden bij een gemiddelden etmaalregenval van 92 mm en een maximum etmaalregenval van 194

mm, zoodat voor een gebied met een oppervlak van 2 000 km² de reductie-coëfficiënt kon worden vastge-

$$\text{steld op } \frac{92}{194} = 0,47.$$

Ook voor kleinere oppervlakken werd op deze wijze de grootste waarde van β bepaald. De aldus gevonden waarden zijn in fig. 1 grafisch uitgezet.



Hieruit blijkt duidelijk, dat de coëfficiënt β afneemt naarmate F toeneemt.

Op deze gegevens is nu een kromme geconstrueerd, welke moest voldoen aan den eisch zoo goed mogelijk aan te sluiten bij de uit de waarnemingen verkregen β -lijn.

Op grond van de overweging, dat de waarde van β niet negatief kan worden en bij het toenemen van het oppervlak de gemiddelde etmaalregenval niet nadert tot 0, heeft deze kromme een asymptoot evenwijdig aan de F -as, voorgesteld door de vergelijking $\beta - 0,12 = 0$. De vergelijking van den op deze wijze verkregen hypebool (fig. 1) luidt:

$$(F + 3960 - 1720\beta) \cdot (\beta - 0,12) = 1970$$

$$F = \frac{1970}{\beta - 0,12} - 3960 + 1720\beta \quad \dots\dots\dots (1)$$

- Plaatselijke regenval gedurende tijdvakken kleiner dan 24 uren.*

Voor het bepalen van de grootste regenvallen in perioden korter dan 24 h werd gebruik gemaakt van de waarnemingen verricht op het Observatorium te Batavia gedurende het tijdvak 1866 t/m 1894.

Bij beschouwing van den staat, welke voor elk jaar voor tijdvakken van 1 t/m 24 h, telkens opklappend met 1 h, en 48 h de hoogste waargenomen regenvallen aangeeft (zie de publicatie van dr. J. B o e r e m a: „Empirische waarden voor den te verwachten grootsten regenval in verband met waterafvoer”, in *De Waterstaats-Ingenieur* 1918 — no. 10, waarin de oorspronkelijke door ir. M e l c h i o r in zijn verhandeling opgenomen staat werd overgenomen en aangevuld tot 1916) blijkt duidelijk, dat de veronderstelling, als zou de grootste regenval gelijkmatig over 24 h verdeeld

zijn, hoegenaamd niet met de werkelijkheid overeenkomt. De regenval blijkt nagenoeg geheel in weinige uren geconcentreerd te zijn.

De verdeeling van den maximum regenval te Batavia werd aan de hand van dien staat als volgt vastgesteld:

Staat I

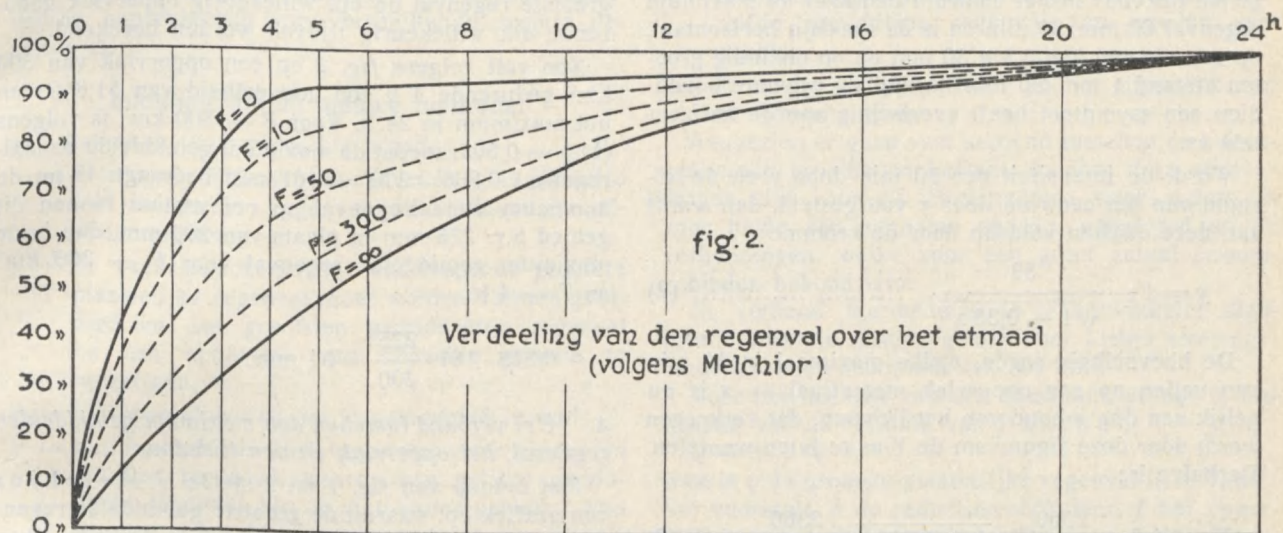
225 mm in 48 h	197 mm in 16 h	187 mm in 7 h
200 „ „ 24 „	197 „ „ 15 „	186 „ „ 6 „
197 „ „ 23 „	197 „ „ 14 „	185 „ „ 5 „
197 „ „ 22 „	197 „ „ 13 „	180 „ „ 4 „
197 „ „ 21 „	192 „ „ 12 „	158 „ „ 3 „
197 „ „ 20 „	192 „ „ 11 „	120 „ „ 2 „
197 „ „ 19 „	187 „ „ 10 „	90 „ „ 1 „
197 „ „ 18 „	187 „ „ 9 „	60 „ „ 30 min
197 „ „ 17 „	187 „ „ 8 „	38 „ „ 15 „

Bij het grooter worden van het oppervlak zal de verdeeling minder onregelmatig zijn, doch ook bij zeer groote oppervlakken zal deze niet als geheel gelijkmatig mogen worden beschouwd. Aangenomen werd nu, dat bij het toenemen van het oppervlak de verdeeling meer en meer zal naderen tot die, welke voor één station als de normale kan worden beschouwd.

Die normale verdeeling kan worden gevonden door na te gaan, hoe op dat station gedurende een lange reeks van jaren de verdeeling van den regen gemiddeld over het etmaal is geweest.

Als basis hiervoor werd wederom het Observatorium gekozen.

Het bleek, dat de verdeeling in de maanden Juli, October en November in den regel zeer ongelijkma-



In fig. 2 (bovenste getrokken lijn) is deze verdeeling, uitgedrukt in % van den maximum etmaalregenval, als functie van den tijd grafisch weergegeven door een vloeiende kromme, welke zoo goed mogelijk aan de gegeven punten aansluit.

Strikt genomen geldt deze lijn alleen voor het Observatorium; aangenomen werd, dat deze verdeeling geldig zou zijn voor elke willekeurige plaats.

Van de in staat I gegeven maximum regenvallen zouden nu volgens ir. Melchior worden bereikt of overschreden:

100% eens in de 29 jaren,	75% eens in de 4 jaren
90% „ „ „ 14 „	70% „ „ „ 3 „
85% „ „ „ 9 „	65% „ „ „ 2 „
80% „ „ „ 5 „	50% „ „ „ 1 jaar

c. Regenval op een terrein van willekeurige grootte gedurende verschillende tijdvakken.

In het voorgaande werd de verdeeling van den maximum regenval over een tijdvak van 24 h voor een oppervlak van 0 km² vastgesteld.

De waarnemingen ontbraken echter om een antwoord te kunnen geven op de vraag, hoe de maximum regenval op een oppervlak van willekeurige grootte zich over een tijdvak van 24 h verdeelt.

Ir. Melchior redeneerde nu als volgt.

tig is. Uit de verdeeling in laatstgenoemde maand werd afgeleid welk percentage van de etmaal-regenhoeveelheden gemiddeld in 1 t/m 23 h valt.

Deze uitkomsten zijn in fig. 2, eveneens uitgedrukt in % van den totalen etmaalregenval, grafisch voorgesteld door de onderste getrokken lijn. Deze lijn geeft derhalve aan, hoe de maximum regenval op een oneindig groot oppervlak op de meest ongelijkmatige wijze, d.w.z. op de meest ongunstige wijze, over het etmaal verdeeld moet worden gedacht.

Waar nu de bovenste lijn in deze figuur de verdeeling aangeeft voor een oppervlak = 0 en de onderste voor een oneindig groot oppervlak, zullen de lijnen voor oppervlakken van willekeurige grootte tussen deze beide grenslijnen gelegen zijn en alle gaan door de beide gemeenschappelijke punten van deze grenslijnen.

Op grond van hetgeen elders was waargenomen, nam ir. Melchior aan, uitgaande van den maximum regenval van 60 mm gedurende 30 min (zie staat I), dat de intensiteit van een regenbui van 2 mm/min, welke gedurende 30 min kan aanhouden, over een afstand van 3 km vermindert tot 1 mm/min.

De intensiteit op de tusschengelegen punten is echter niet bekend.

Ir. Melchior nam nu verder aan, dat de intensiteit langzamer toeneemt naarmate het centrum van

de bui nadert, zoodat de intensiteit over een klein oppervlak rond het centrum nagenoeg constant is. In verband hiermede heeft de intensiteitskromme in het centrum een horizontale raaklijn.

Aangezien de reductiecoëfficiënt voor een oneindig groot oppervlak op 0,12 kan worden gesteld (zie (1)), bedraagt de maximum gemiddelde etmaalregenval, uitgaande van een maximum regenval van 200 mm/etmaal, $0,12 \cdot 200 = 24$ mm. Uit fig. 2 blijkt nu, dat voor een oneindig groot oppervlak de maximum regenval in 30 min op 6% van den maximum gemiddelden etmaalregenval kan worden gesteld, zoodat voor $F = \infty$ de maximum gemiddelde regenval in 30 min $0,06 \cdot 24 = 1,44$ mm bedraagt, welke intensiteit gemakshalve op 1 mm werd gesteld.

Van de gezochte intensiteitskromme is nu het volgende bekend: in het centrum bedraagt de maximum regenval 60 mm/30 min en is de raaklijn horizontaal, op een afstand van 3 mm 30 min en op oneindig grooten afstand 1 mm/30 min, terwijl de kromme bovendien een asymptoot heeft evenwijdig aan de horizontale as.

Wordt de intensiteit per 30 min door y en de afstand van het centrum door x voorgesteld, dan wordt aan deze eischen voldaan door de kromme:

$$y = 1 - \frac{59}{\sqrt{1 + 0,35 x^2}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

De hoeveelheid regen, welke maximaal in 30 min kan vallen op een oppervlak met straal $= x$ is nu gelijk aan den inhoud van het lichaam, dat verkregen wordt door deze figuur om de Y-as te laten wentelen. Derhalve is:

$$I = \pi \left(x^2 + \frac{2360}{7} \cdot \sqrt{1 + 0,35 x^2} - \frac{2360}{7} \right) \quad \dots (3)$$

De gemiddelde regenval in mm op het oppervlak $\pi \cdot x^2$ bedraagt dus:

$$h_m = \frac{I}{\pi \cdot x^2} = 1 + \frac{337,1}{x^2} \cdot (\sqrt{1 + 0,35 x^2} - 1),$$

of na invoering van $x^2 = \frac{F}{\pi}$:

$$\begin{aligned} h_m &= 1 + \frac{337,1 \pi}{F} \cdot \left(\sqrt{1 + 0,35 \frac{F}{\pi}} - 1 \right) = \\ &= 1 + \frac{1059}{F} \cdot (\sqrt{1 + 0,1115 F} - 1) \quad \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

Wordt deze hoogte, welke gebaseerd is op een maximum etmaalregenval van 200 mm en een maximum regenval van 60 mm/30 min in het centrum, door 60 gedeeld, dan ontstaat de reductie-coëfficiënt β voor $T = 30$ min, waarmede de maximum regenval per 30 min in het centrum moet worden vermenigvuldigd om den maximum gemiddelden regenval voor $T = 30$ min op elk willekeurig oppervlak te bepalen.

Volgens (1) is op een oppervlak van 50 km² bij een tijdsduur van 24 h de maximum gemiddelde regenval te stellen op $0,95 \cdot 200 = 190$ mm en volgens (4) op 35,2 mm bij een tijdsduur van 30 min, d.i. 18% van

den maximum gemiddelden regenval in 24 h. De F-lijn voor 50 km² moet derhalve in fig. 2 gaan door het punt met ordinaat 18%. Op geheel overeenkomstige wijze wordt voor $F = 10$ en 300 km² gevonden resp. 24,8% en 11,3%.

Al deze punten zijn gelegen tusschen de ordinaten 30% voor $F = 0$ en 6% voor $F = \infty$; zij verdeelen het tusschen deze grenzen gelegen gedeelte van de loodlijn in een bepaalde verhouding.

Ir. Melchior verdeelde nu alle tusschen de grenslijnen voor $F = 0$ en $F = \infty$ gelegen loodlijnen in dezelfde verhouding en nam aan, dat de aldus verkregen lijnenbundel de verdeeling van den maximum regenval over het etmaal voor alle oppervlakken aangeeft.

Met behulp van deze grafiek (fig. 2) en (1) kan de grootste regenval op elk willekeurig oppervlak gedurende elk willekeurig tijdvak worden berekend.

Zoo valt volgens fig. 2 op een oppervlak van 300 km² gedurende 4 h een hoeveelheid van 51,8% van het maximum in 24 h. Voor $F = 300$ km² is volgens (1) $\beta = 0,805$, zoodat de maximum gemiddelde etmaalregenval $0,805 \cdot 200 = 161$ mm bedraagt. Is nu de maximum etmaalregenval op een station binnen dit gebied b.v. 225 mm in plaats van 200 mm, dan is de maximum gemiddelde regenval voor $F = 300$ km² en $T = 4$ h:

$$0,518 \cdot 161 \cdot \frac{225}{200} = 94 \text{ mm.}$$

d. *Het verband tusschen den maximum gemiddelden regenval, het oppervlak en den tijdsduur.*

Met behulp van fig. 1 en 2 stelde ir. Melchior een grafiek op, waaruit de grootste gemiddelde regenval op elk willekeurig oppervlak en gedurende elken willekeurigen tijd onmiddellijk kan worden afgelezen; de gemiddelde regenval wordt daarbij niet uitgedrukt in mm doch in m³/km²/sec.

Deze grafische voorstelling is de bekende grafiek, welke o.m. als bijlage 1 voorkomt in het artikel van ir. A. J. N. Nijman: „Bepaling van den maximum afvoer van rivieren volgens de methode Melchior” in *De Waterstaats-Ingenieur* 1933 — no. 12 en als fig. 20 in „Irrigatie in Nederlandsch-Indië” van ir. Th. D. van Maanen.

In het bovengenoemde voorbeeld: $F = 300$ km², $T = 4$ h en een maximum etmaalregenval van 200 mm is:

$$h_m = 0,518 \cdot 0,805 \cdot 200 = 83,4 \text{ mm}$$

of uitgedrukt in m³/km²/sec:

$$q = \frac{0,0834 \cdot 10^6}{4 \cdot 3600} = 5,8$$

welke uitkomst in de grafiek onmiddellijk kan worden gevonden.

In deze grafiek is de grootste regenval aangegeven voor tijdsduren tot 48 h.

Daartoe is de lijn $F = 0$ voorbij het punt $T = 24$ h doorgetrokken en wel zoodanig, dat het verlengde voldeet aan de volgende eischen: 1e. het moet voor $T = 24$ h dezelfde raaklijn hebben als het gedeelte van

0 — 24 h, 2e. het moet gaan door het punt, waarvan de abscis $T = 48$ h en de ordinaat, uitgaande van den grootsten regenval van 225 mm gedurende 48 h

te Batavia: $\frac{0,225 \cdot 10^6}{48 \cdot 3600} = 1,3 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{sec}$ is, en 3e.

moet deze lijn bij verder doortrekken asymptotisch raken aan een lijn evenwijdig aan de horizontale as,

waarvan de ordinaat te stellen is op: $\frac{1,800 \cdot 10^6}{365 \cdot 24 \cdot 3600} =$

$0,06 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{sec}$, waarbij is uitgegaan van een jaarlijkschen regenval van 1 800 mm te Batavia.

De andere F -lijnen raken eveneens asymptotisch aan dezelfde horizontale lijn, omdat gedurende een oneindig langen tijd de maximum gemiddelde regenval op oppervlakken van verschillende grootte dezelfde is.

Inleiding tot de nieuwe methode.

a. *Beteekenis der gebruikte notaties.*

α = de afvoer-coëfficiënt, aangevende welk gedeelte van den totalen regenval tot onmiddellijke afstrooming komt,

β = de reductie-coëfficiënt, waarmede de grootste plaatselijke regenval moet worden vermenigvuldigd om den grootsten gemiddelden regenval op een oppervlak van bepaalde grootte te verkrijgen,

f = het oppervlak van het stroomgebied in km^2 ,

F = het oppervlak in km^2 , ingesloten door lijnen van gelijken regenval, waarop een gelijke gemiddelde regenval als op het stroomgebied f kan worden verwacht,

i = het gemiddelde verhang van den afvoer of het gemiddelde terreinverhang,

L = de lengte van den afvoer in km,

m = de verhouding tusschen den maximum regenval, welke gedurende een bepaald aantal jaren eenmaal kan worden verwacht en die, welke in een 70-jarige periode eenmaal zal worden bereikt of overschreden,

M = het absoluut maximum van den etmaalregenval in mm,

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

Q = de afvoer aan den wortel van het stroomgebied,

R = de in rekening te brengen maximum etmaalregenval in mm,

t = de regenduur in uren,

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

v = de gemiddelde snelheid in den afvoer in m/sec,
 W = de periode in jaren, waarover de waarnemingen op een regenstation hebben plaats gehad.

b. *Algemeen overzicht.*

De hier uitgewerkte methode heeft haar ontstaan te danken aan den wensch een eenvoudige nomografische oplossing te verkrijgen voor het berekenen van

den maximum afvoer van kleine stroomgebieden, waarbij het verhang van den afvoer, c.q. het terreinverhang, in rekening is gebracht.

Vooropgesteld zij, dat de met behulp van dit nomogram berekende maximum afvoer niet is die, welke het gevolg is van het samentreffen van de meest ongunstige omstandigheden, waaronder de op het afvoerdebit van invloed zijnde factoren kunnen verkeer, doch dat uitkomsten worden verkregen, welke aanvaardbaar en in economisch opzicht verantwoord zijn.

Het opstellen van het nomogram blijkt nu slechts mogelijk te zijn, indien een verband kan worden afgeleid tusschen:

1e. het oppervlak van het stroomgebied van den afvoer en het oppervlak van een door lijnen van gelijken regenval omsloten gebied, waarop dezelfde gemiddelde regenval kan worden verwacht,

2e. de lengte van den afvoer en het oppervlak van het stroomgebied.

Aangezien er geen vast verband tusschen de bovengenoemde grootheden bestaat, immers deze verhoudingen zijn voor elk stroomgebied weer anders, is voor beide een aanname gedaan, gebaseerd op de verhoudingen, welke voor een groot aantal stroomgebieden bekend zijn.

In verband hiermede is de te ontwikkelen algemeene formule slechts geldig voor kleine stroomgebieden, tot een maximum van 100 km^2 .

Voor het bepalen van den maximum afvoer is uitgegaan van de formule van Pascher:

$$Q = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f$$

waarin q de grootste plaatselijke regenval in $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{sec}$ voorstelt, β de reductie-coëfficiënt, f het oppervlak van het stroomgebied in km^2 en α de afvoer-coëfficiënt.

De grootheid q blijkt nu afhankelijk te zijn van den regenduur t ; naarmate t toeneemt, neemt q af. Om deze grootheid te kunnen bepalen dient derhalve eerst het verband tusschen deze grootheid en den regenduur te worden vastgesteld.

De grootheid β , welke altijd kleiner is dan 1, is behalve van den vorm en de grootte van het stroomgebied eveneens afhankelijk van den regenduur t , zoodat ook tusschen deze 4 factoren een verband moet worden gezocht. De invloed van de beide factoren: vorm en grootte van het stroomgebied, is nu samengevat in den factor F , welke het oppervlak voorstelt van het door lijnen van gelijken regenval omsloten gebied, waarop een gelijke gemiddelde regenval als op het stroomgebied mag worden aangenomen.

Daarna dient nog het hierboven reeds aangeduide verband tusschen de grootte van het oppervlak F en het oppervlak van het stroomgebied f te worden bepaald.

Een zeer belangrijke factor is nu de in rekening te brengen regenduur t , immers bij een kleinen regenduur behoort een groote gemiddelde regenval; de maximum afvoer zal derhalve optreden, indien t zoo klein mogelijk wordt gekozen.

Hierbij gaat ir. Melchior uit van de volgende beschouwing.

Alle deelen van het stroomgebied zullen eerst dan gelijktijdig tot den afvoer aan den wortel medewerken, indien binnen dat stroomgebied een regen valt, waarvan de duur even groot of grooter is dan de tijd T , welke het op de meest verwijderde deelen gevallen regenwater noodig heeft om den wortel te bereiken.

Is de regenduur t kleiner dan T , d.w.z. de regen is reeds opgehouden voordat het van de meest verwijderde deelen van het stroomgebied afgevoerde regenwater aan den wortel is aangekomen, dan werkt niet het geheele oppervlak van het stroomgebied aan den maximum afvoer mede. De maximum afvoer is dan niet:

$$Q = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f$$

doch:

$$Q = \alpha' \cdot \beta' \cdot q' \cdot f'$$

waarin f' het oppervlak is van het aan den maximum afvoer medewerkende gedeelte van het stroomgebied.

Hoewel f' kleiner is dan f , zal tengevolge van den korteren regenduur $\beta' \cdot q'$ grooter zijn dan $\beta \cdot q$.

Het is dus zeer wel mogelijk, dat $\alpha' \cdot \beta' \cdot q' \cdot f'$ grooter is dan $\alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f$.

Klunzinger leidde uit waarnemingen, speciaal voor dit doel in het stroomgebied van de Wien-rivier verricht, af:

$$f' = k \cdot f = \left(\frac{3t}{2T} - \frac{t^3}{2T^3} \right) \cdot f \quad \dots\dots\dots (6)$$

Ir. Melchior schrijft nu verder: „De vraag is „dus alleen of men door t kleiner dan T te nemen „een hoogere waarde voor Q zou kunnen vinden „en het is gemakkelijk in te zien, dat het antwoord „op deze vraag altijd bevestigend moet luiden. „Immers:

$$Q = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f \cdot \left(\frac{3t}{2T} - \frac{t^3}{2T^3} \right)$$

„dus:

$$\frac{dQ}{dt} = \alpha \cdot f \cdot \left\{ \frac{d\beta \cdot q}{dt} \cdot \left(\frac{3t}{2T} - \frac{t^3}{2T^3} \right) + \right. \\ \left. + \beta \cdot q \cdot \left(\frac{3}{2T} - \frac{3t^2}{2T^3} \right) \right\}.$$

„Voor $t = T$ wordt dit:

$$\frac{dQ}{dt} = \alpha \cdot f \cdot \frac{d\beta \cdot q}{dt}.$$

„Nu is $\frac{d\beta \cdot q}{dt}$ tengevolge van het verband, dat er

„bestaat tusschen de intensiteit en den duur van „den regen steeds negatief. Dit is dus ook het geval

„met $\frac{dQ}{dt}$ indien $t = T$ is. Derhalve zal men door t

„een weinig kleiner dan T te nemen, altijd een „grootere waarde voor Q vinden.”

Met behulp van deze formule bepaalde ir. Melchior voor verschillende waarden van t het percen-

tage, waarmede de afvoer, berekend met de formule $Q = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f$, moet worden verhoogd om den maximum afvoer te krijgen (zie staat II in het reeds genoemde artikel in *De Waterstaats-Ingenieur* 1933 — no. 12).

In zijn werk: „Eenige empirische methoden tot het berekenen van den maximum afvoer eener rivier uit de grootte van den regenval” merkt ir. F. H. van

Kooten op blz. 10 op, dat de betrekking $k = \frac{f'}{f}$

voor een stroomgebied van anderen vorm dan dat der Wien-rivier een andere moet zijn.

Volgens ir. van Kooten hangt de verhooging van den voor het geheele stroomgebied berekenen maximum afvoer niet alleen af van den vorm van het stroomgebied, maar ook van den vorm van den rivierloop (plaats, aantal en grootte der bochten of meer gestrekt beloop) en dat daarom die verhooging voor elk stroomgebied afzonderlijk moet worden bepaald.

Hij komt dan tot de conclusie, dat de grootste afvoer Q uit een zoodanig gedeelte van het stroomgebied zal ontstaan, waar een zoo groot mogelijk oppervlak f' gepaard gaat met een zoo klein mogelijke lengte-ontwikkeling L' van dat gedeelte van den afvoer, dat binnen het gebied f' is gelegen.

De aan den wortel van dit gedeelte van het stroomgebied berekende maximum afvoer beschouwt hij dan als de maximum afvoer voor het geheele gebied.

De volgens de onderwerpelijke methode te berekenen maximum afvoer geldt nu feitelijk slechts voor een stroomgebied van zoodanigen vorm, dat de ver-

houding $\frac{f'}{L'}$ voor elk willekeurig gedeelte daarvan een constante waarde heeft, derhalve:

$$\frac{f'}{L'} = \frac{f}{L}.$$

In verband hiermede is aangenomen, dat de maximum afvoer wordt verkregen, indien het geheele stroomgebied aan den afvoer medewerkt.

Het in rekening brengen van een regenduur $t =$ de afstromingstijd T moet echter als te ongunstig worden beschouwd. Zooals nader zal worden uiteengezet, veronderstelt dit het samengaan van zooveel verschillende factoren in hun meest ongunstigen vorm, dat aan dit gezamenlijk optreden een te verwaarloozen waarschijnlijkheid moet worden toegekend.

Pascher definieerde nu den tijd T als de tijd, welke verloopt tusschen het moment, waarop de waterstand in den afvoer begint te stijgen, welk moment dan zou samenvallen met het begin van den regen, en het moment, waarop de waterstand in hetzelfde punt zijn maximum hoogte heeft bereikt, welk tijdsverloop uit peilschaalwaarnemingen kan worden bepaald.

Deze definitie is echter slechts juist voor het enkele geval, dat de bui zich boven het geheele stroomgebied gelijktijdig ontlast.

Het met behulp van de peilschaalwaarnemingen

bepaalde tijdsverloop is echter in hooge mate afhankelijk van de richting, waarin de bui zich voortbeweegt (hierop zal nog nader worden teruggekomen).

De afstroomingstijd T is nu afhankelijk van het oppervlak van het stroomgebied, het gedeelte van den gemiddelden regenval, dat onmiddellijk tot afstrooming komt en de lengte L en het gemiddelde verhang i van den afvoer, derhalve:

$$T = \varphi(f, \alpha \cdot \beta \cdot q, L, i).$$

Van de in de *Inleiding* genoemde factoren oefent het wateraccumuleerend vermogen van het rivierbed en de naaste omgeving een zeer bijzonderen invloed op den maximum afvoer uit.

Deze factor heeft in hoofdzaak betrekking op meer of minder uitgestrekte inundaties, welke binnen het stroomgebied van een afvoer kunnen voorkomen. Zijn de afmetingen van het geïnundeerde gebied en van de brug- of sluisopeningen, welke in den regel aan de benedenstroomsche zijde als afsluiting fungeeren, bekend, dan kan de demping, welke de bandjir ondergaat bij zijn doorgang door dit gebied (de z.g. retentie) worden bepaald (zie de publicatie van ir. D. H. A r e n d s: „De berekening van de overlaatlengte bij reservoirs” in *De Waterstaats-Ingenieur* 1933 — no's 6 en 7).

Voor de berekening van den maximum afvoer mag in dat geval de formule $Q = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f$ niet voor het geheele stroomgebied worden toegepast, doch slechts voor het gedeelte, dat bovenstrooms van het geïnundeerde gebied is gelegen.

Zoals uit het voorgaande blijkt, moeten voordat de algemeene formule kan worden toegepast, de volgende functies worden bepaald:

I	$q = \varphi_1(t)$	(7)
II	$\beta = \varphi_2(F, t)$	(8)
III	$F = \varphi_3(f)$	(9)
IV	$t = \varphi_4(T)$	(10)
V	$T = \varphi_5(f, \alpha \cdot \beta \cdot q, L, i)$	(11)
VI	$L = \varphi_6(f)$	(12)

waarbij voorloopig nog in het midden is gelaten in hoeverre de afvoer-coëfficiënt α van deze grootheden afhankelijk is.

Voor het vaststellen van de functies I, II, III, V en VI zijn uit de practijk ontleende gegevens gebruikt.

ad I. Als basis zijn gekozen de regenwaarnemingen gedurende de jaren 1866 t/m 1935 verricht op het Observatorium te Batavia, en wel voornamelijk de staat, welke voor elk jaar en voor tijdvakken van 1 t/m 24 h en 48 h de hoogste waargenomen regenvallen aangeeft.

ad II. De waarnemingen, welke gedurende het tijdvak 1 Maart 1923 — 1 Januari 1925 te Batavia zijn verricht.

ad III en VI. De uitkomsten van de verhoudingen

$\frac{F}{f}$ en $\frac{L}{\sqrt{f}}$ voor een groot aantal stroomgebieden op Java.

ad V. De waarnemingen door het Waterkrachtkaster in een groot aantal rivieren verricht.

Van de functies I t/m VI mogen de laatste 5 wel als algemeen geldend voor geheel Nederlandsch-Indië worden beschouwd, de eerste blijkt echter, zooals nader zal worden aangetoond, afhankelijk te zijn van plaatselijke factoren.

In verband hiermede geldt het opgestelde nomogram in feite slechts voor Batavia en voor plaatsen, waar de factoren, welke op den regenval van invloed zijn, niet te veel verschillen met die te Batavia.

De grootste plaatselijke regenval q .

Onder den grootsten plaatselijken regenval q moet worden verstaan de regenval, welke gedurende een bepaalde periode slechts eenmaal is bereikt.

Uitgegaan is van de regenwaarnemingen, welke gedurende het tijdvak 1866 t/m 1935 op het Observatorium te Batavia zijn verricht. Voor het tijdvak 1866 t/m 1916 komen de in elk jaar waargenomen hoogste regenvallen, uitgedrukt in mm, voor tijdvakken van 1 t/m 24 h en 48 h voor in tabel I behoorende bij de reeds genoemde verhandeling van dr. J. B o e r e m a: „Empirische waarden voor den te verwachten grootsten regenval in verband met waterafvoer”, verschenen in *De Waterstaats-Ingenieur* 1918 — no. 10, terwijl dezelfde waarden betrekking hebbend op het tijdvak 1917 t/m 1935 door het Observatorium welwillend ter beschikking werden gesteld. (Deze cijfers zijn niet opgenomen, omdat zij eerlang door het Observatorium zelf zullen worden gepubliceerd.)

Uit dezen staat zijn voor elken tijdsduur de hoogste 10 waarnemingen opgezocht, waarbij de exceptioneel hoge regenval, voorgekomen in 1893, voor den tijdsduur 6 — 48 h niet werd medegerekend.

Hoewel deze staat niet voor de verschillende tijdsduren de 70 hoogste te Batavia waargenomen regenvallen aangeeft, immers het is zeer goed mogelijk, dat in een jaar met hoge maxima lagere regenvallen kunnen zijn voorgekomen, welke hooger zijn dan de voor een ander jaar genoteerde maxima, mag worden aangenomen, dat de hoogste 10 voor de verschillende tijdsduren in dien staat opgegeven cijferwaarden ook inderdaad de 10 hoogste te Batavia waargenomen regenvallen voorstellen.

Behalve de exceptioneel hoge regenval van 1893 (kolom b) zijn in navolgenden staat de hoogste 10 waarnemingen (kolommen 1 t/m 10) en het gemiddelde daaruit, zoowel in mm als in % van den gemiddelden etmaalregenval (kolommen c en d), verzameld.

Aangenomen is nu, dat de in de laatste kolom vermelde percentages de verdeling van den grootsten etmaalregenval over de tijdvakken 1 t/m 24 h aangeven en de getalwaarden in kolom 1 de regenvallen,

Staat II.

t	b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	c	d
1 h	—	97	89	80	79	76	72	70	70	69	69	77	40
2	—	143	115	110	110	104	104	99	98	97	97	108	56
3	—	150	144	141	129	129	128	125	118	118	116	130	67,5
4	—	176	153	152	148	144	144	141	139	136	134	147	76
5	—	185	170	168	162	160	159	152	152	147	139	159	82,5
6	215	186	170	169	167	163	162	153	152	149	140	161	83,5
7	221	187	181	172	171	170	164	153	153	153	142	165	85,5
8	229	187	187	182	177	170	164	154	153	153	143	167	86,5
9	247	187	187	183	180	174	170	155	154	153	143	169	87,5
10	270	187	187	184	181	177	170	160	155	153	150	170	88
11	272	187	187	184	181	178	170	160	155	153	152	171	88,5
12	276	197	187	184	182	178	170	160	155	155	153	172	89
13	277	197	187	184	182	179	170	162	156	155	153	173	89,5
14	278	197	187	184	182	179	170	162	159	156	155	173	89,5
15	278	197	187	184	182	179	170	164	162	156	155	174	90
16	282	197	187	184	182	179	170	166	162	156	155	174	90
17	285	197	187	184	182	180	170	167	163	158	155	174	90
18	285	197	187	184	182	180	177	170	167	163	158	177	92
19	286	197	195	187	184	182	180	178	170	168	163	180	93,5
20	288	230	197	187	184	182	180	178	172	170	168	185	96
21	288	237	197	188	187	184	183	180	177	170	168	187	97
22	288	244	197	188	187	186	185	182	180	172	170	189	98
23	288	245	197	196	190	188	186	183	180	178	170	191	99
24	289	249	197	196	191	191	186	184	182	180	173	193	100
48 h	303	293	278	253	241	222	222	218	217	212	210	237	123

welke gedurende een tijdperk van 70 jaar slechts eenmaal worden bereikt of overschreden.

Op de in kolom 1 genoemde regenvallen is nu een eerste vereffening toegepast, waarbij zij in verband zijn gebracht met de in de laatste kolom aangegeven regenverdeling.

Zoo is b.v. voor $t = 12$ h de hoogste waargenomen regenval 197 mm, welke regenhoogte 89% van den maximum etmaalregenval uitmaakt; hieruit zou nu een maximum etmaalregenval $R = 221$ mm volgen. Voor de tijdvakken 1 t/m 24 h en 48 h zijn nu op deze wijze de waarden van R in onderstaanden staat bepaald.

Staat III.

t	Maximum regenval in mm	Regen- verdeling in % van R	R
1 h	97	40	242
2	143	56	255
3	150	67,5	222
4	176	76	232
5	185	82,5	224
6	186	83,5	223
7	187	85,5	219
8	187	86,5	216
9	187	87,5	214
10	187	88	212
11	187	88,5	211
12	192	89	221
13	197	89,5	220
14	197	89,5	220
15	197	90	219
16	197	90	219

t	Maximum regenval in mm	Regen- verdeling in % van R	R
17	197	90	219
18	197	92	214
19	197	93,5	211
20	230	96	240
21	237	97	244
22	244	98	249
23	245	99	247
24	249	100	249
48 h	293	123	236

Hieruit wordt nu voor R een gemiddelde waarde van 229 mm gevonden.

In verband met den geconstateerden maximum etmaalregenval van 249 mm is $R = 240$ mm gesteld, welke regenhoogte derhalve den etmaalregenval voorstelt, die te Batavia gedurende een periode van 70 jaar eenmaal zal worden bereikt of overschreden.

Uitgaande van de aangenomen regenverdeling zijn nu voor $t = 1$ t/m 24 h en 48 h de volgende maximum regenvallen gevonden, uitgedrukt in mm en $m^3/km^2/sec$, waarbij de voor tijdvakken korter dan 1 h opgegeven waarden zijn ontleend aan bijlage III, voorkomende in het werk van ir. van Kooten.

Staat IV.

t in uren	Regen- verdeling in %	Regenval in mm	q in $m^3/km^2/sec$	q volgens form. 13	q volgens form. 14
1/6		26	43,4		41,9
1/4		38	42,2		39,8
1/2		61	33,9		34,7
3/4		74	27,4		30,8
1	40	96	26,7	27,9	27,6
2	56	134	18,7	19,2	19,6
3	67,5	162	15,0	14,7	15,2
4	76	182	12,7	11,0	12,4
5	82,5	198	11,0	10,0	10,5
6	83,5	200	9,27	8,72	9,09
7	85,5	205	8,15	7,70	8,01
8	86,5	208	7,21	6,90	7,16
9	87,5	210	6,49	6,26	6,47
10	88	211	5,87	5,74	5,91
11	88,5	212	5,37	5,30	5,43
12	89	214	4,94	4,93	5,03
13	89,5	215	4,59	4,60	
14	89,5	215	4,26	4,32	
15	90	216	4,00	4,00	
16	90	216	3,75	3,87	
17	90	216	3,53	3,68	
18	92	221	3,41	3,51	
19	93,5	224	3,27	3,35	
20	96	231	3,20	3,21	
21	97	233	3,08	3,09	
22	98	235	2,97	2,97	
23	99	238	2,87	2,87	
24	100	240	2,78	2,78	
48	123	292	1,71	1,61	

Op de in de 4de kolom gegeven q -waarden is de functie

$$q = q_1(t)$$

gebaseerd, waarbij is aangenomen, dat deze functie

op voldoende wijze kan worden benaderd door een gelijkzijdige hyperbool van de gedaante:

$$(q - z)(t + x) = y.$$

Met behulp van de normaalvergelijkingen volgens de methode der kleinste vierkanten zijn de meest waarschijnlijke waarden van x , y en z bepaald. De vergelijking van de op deze wijze verkregen hyperbool luidt:

$$(q - 0,40)(t + 1,166) = 60,84$$

of eenigszins vereenvoudigd:

$$q = \frac{2,4t + 360}{6,0t + 7} \dots\dots\dots (13)$$

Aangezien voor stroomgebieden met oppervlakken tot 100 km² tijdsduren groter dan 12 h van geen beteekenis zijn, is op geheel overeenkomstige wijze gezocht naar een gelijkzijdige hyperbool van de gedaante:

$$q = \frac{y}{t + x},$$

welke voldoet voor $t = \frac{1}{6}$ h tot $t = 12$ h. Gevonden

$$\text{is: } q = \frac{67,65}{t + 1,45} \dots\dots\dots (14)$$

De q -waarden volgens (13) en (14) zijn in de laatste twee kolommen van staat IV vermeld.

Ten overvloede zij er nog op gewezen, dat deze formules slechts gelden voor Batavia en binnen betrekkelijk nauwe grenzen voor plaatsen, waar de den regenval beheerschende factoren weinig verschillen met die te Batavia.

Ir. Melchior nam aan, dat de door hem voor Batavia opgestelde regenverdeling geldig zou zijn voor elke willekeurige plaats.

Uit de in meergenoemde verhandeling van dr. Boerema in *De Waterstaats-Ingenieur* 1918 — no. 10 vermelde maximum regelvallen voor de stations Batavia, Buitenzorg, Padang, Pasoeroean, Pontianak en Ambon blijkt deze evenredigheid juist voor de lagere T -waarden niet te bestaan, ook al wordt hierbij in aanmerking genomen, dat de waarnemingsperioden voor al deze stations verschillend zijn.

Dit moge blijken uit den volgenden staat V, overgenomen uit de bovengenoemde verhandeling, welke voor de genoemde stations de verdeling van den maximum regenval over het etmaal aangeeft.

Dr. Boerema schrijft nu: „Wordt een algemeen „geldende procentsgewijze verdeling aangemen, dan zou bij verdubbeling van het dagmaximum ook de val in tijden van 5 min tot 1 uur „moeten verdubbelen en we zien, dat de maxi-

Staat V.

t in uren	Batavia	Buiten- zorg	Padang	Pasoe- roean	Pontia- nak	Ambon
1/12	7	9	5	10	11	6
1/6	12	18	9	17	15	10
1/4	16	23	12	23	22	13
1/2	26	38	22	41	40	16
2/3	30	48	26	52	44	17
1	37	65	32	54	47	21
2	50	78	45	69	62	35
3	60	85	58	71	74	48
4	69	86	71	74	90	53
5	75	88	74	75	93	56
6	80	91	76	75	98	67
7	83	94	76	75	98	72
8	85	95	77	75	98	80
9	88	96	78	75	99	86
10	90	97	78	75	99	86
11	90	97	80	77	99	87
12	91	97	80	80	99	95
13	92	97	80	89	99	97
14	92	97	80	90	99	97
15	92	97	80	91	99	98
16	92	97	81	91	99	98
17	92	97	81	92	99	99
18	92	97	81	92	99	99
19	94	98	81	92	99	99
20	97	98	82	93	99	99
21	98	98	85	93	100	100
22	98	98	93	100	100	100
23	100	98	97	100	100	100
24	100	100	100	100	100	100
48	117	136	121	116	113	154

„mum val in kortere perioden juist op verschil-
„lende plaatsen weinig uiteenloopt, van een even-
„redigheid met het dagmaximum is geen sprake.”

Tusschen de gemiddelden r van de op de 6 bovengenoemde stations waargenomen grootste regenvallen voor tijdvakken van 5 min tot 48 h en den regenduur t werd door dr. Boerema het volgende verband afgeleid:

$$r = -36,8t - 23 + \sqrt{(1430,5t^2 + 20579t + 546)},$$

waarin r is uitgedrukt in mm.

Verondersteld werd, dat deze formule juist zou zijn voor plaatsen, waar het dagmaximum weinig verschilt van 230 mm (het gemiddelde van den maximum etmaalregenval op de 6 stations). Wordt het verschil groter, dan moet een correctie worden aangebracht. Tenslotte werd gevonden voor het verband tusschen r en t :

$$r = \frac{R - 230}{24} (1,13t - 0,0054t^2) - 36,8t - 23 + \sqrt{(1430,5t^2 + 20579t + 546)}, \dots (15)$$

waarin R de grootste in rekening te brengen etmaalregenval voorstelt. Deze formule zou dan geldig zijn voor elk willekeurig station voor $t \leq 48$ h.

Wordt de regenval uitgedrukt in m³/km²/sec, dan gaat (15) over in:

$$q = \frac{10}{36 t} \cdot r \dots \dots \dots (16)$$

Deze formule geeft voor Batavia met $R = 240$ mm voor enkele waarden van t uitkomsten, welke tamelijk ver afwijken van de in de vierde kolom van staat IV gegeven q -waarden (zie staat VI).

Dit is een gevolg van de omstandigheid, dat deze formule is gebaseerd op de gemiddelden van waarnemingsreeksen van stations met een onderling sterk uiteenlopend karakter van den regenval.

Ir. v a n K o o t e n stelt het verband tusschen q en t vast volgens de formule:

$$q = \frac{10 R}{36 B} (3 \sqrt[3]{\frac{B}{t}} - 2) \dots \dots \dots (17)$$

waarin t den tijdsduur voorstelt, waarvoor de waarde van q moet worden bepaald en B den duur van de allergrootste bui. Hij stelt nu in het algemeen $\frac{R}{B} = 25$, waardoor form. 17 overgaat in:

$$q = 20,85 \sqrt[3]{\frac{B}{t}} - 13,30 \dots \dots \dots (18)$$

Voor Batavia, Padang, Pasoeroean en Pontianak moet dan B worden gesteld op resp. 7,6; 11,2; 4,8 en 7,2 h.

Deze formule heeft het bezwaar, dat zij voor waarden van $t > B$ niet meer geldig is.

In den volgenden staat zijn de uitkomsten van de formules van Bo e r e m a (16), v a n K o o t e n (18)

met $B = 7,6$ h en $q = \frac{67,65}{t + 1,45}$ met de q -waarden voor Batavia vergeleken.

Staat VI.

t in uren	q Batavia	Form. van Boerema	Form. van v. Kooten	$q = \frac{67,65}{t + 1,45}$
1/6	43,4	57,3	60,5	41,9
1/4	42,2	48,8	51,0	39,8
1/2	33,9	35,9	37,7	34,7
3/4	27,4	29,4	31,2	30,8
1	26,7	25,2	27,1	27,6
2	18,7	16,0	18,6	19,6
3	15,0	13,2	14,5	15,2
4	12,7	10,9	11,9	12,4
5	11,0	9,35	10,0	10,5
6	9,27	8,25	8,64	9,09
7	8,15	7,38	7,50	8,01
8	7,21	6,70	—	7,16
9	6,49	6,14	—	6,47
10	5,87	5,68	—	5,91
11	5,37	5,28	—	5,43
12	4,94	4,94	—	5,03

Zoowel in de formule van Bo e r e m a als in die van v a n K o o t e n komt een parameter voor; in de eerste de etmaalregenval R en in de tweede de duur B van de grootste bui.

Doch ook de hierboven afgeleide functie $q = \varphi_1(t)$ is een parameterformule en wel van den vorm:

$$q = \frac{y}{t + x}$$

waarin x en y geheel van elkander onafhankelijke parameters zijn, voor Batavia op resp. 1,45 en 67,65 te stellen.

Van deze 3 parameterformules heeft die van Bo e r e m a het voordeel, dat de waarde van R voor elke plaats uit de aldaar verrichte regenwaarnemingen kan worden bepaald, doch het nadeel tamelijk groote afwijkingen te vertoonen; voor de beide andere formules kunnen de parameters slechts worden vastgesteld na een lange waarnemingsperiode met zelfregistreerende regenmeters.

Uit fig. 29, voorkomende in de verhandeling van ir. S. H. A. B e g e m a n n: „Toepassing van de waarschijnlijkheidsrekening op hydrologische waarnemingen” in *De Waterstaats-Ingenieur* 1931 — no's 1, 2 en 3, is afgeleid, dat de in den volgenden staat voorkomende regenvallen voor tijdvakken van 1, 2, 4, 8, 12, 24 en 48 h te Batavia 5 maal per jaar, eens per jaar en eens in de 5, 10, 25 en 125 jaar zullen worden bereikt of overschreden.

Staat VII.

	1 h	2 h	4 h	8 h	12 h	24 h	48 h	
5 × per jaar	31	36	42	46	50	57	66	mm
1 × per jaar	51	64	75	83	85	96	114	mm
eens in 5 jaar	74	92	113	125	131	141	161	mm
„ „ 10 „	84	106	133	148	152	163	195	mm
„ „ 25 „	100	126	159	176	181	194	237	mm
„ „ 125 „	124	160	205	230	236	252	305	mm

In den volgenden staat zijn deze regenvallen uitgedrukt in verhouding tot de grootste regenvallen, welke eens per jaar voor de bovengenoemde tijdvakken kunnen worden verwacht en daarna voor eens in de 1/5, 1, 5, 10, 25 en 125 jaar de gemiddelden bepaald.

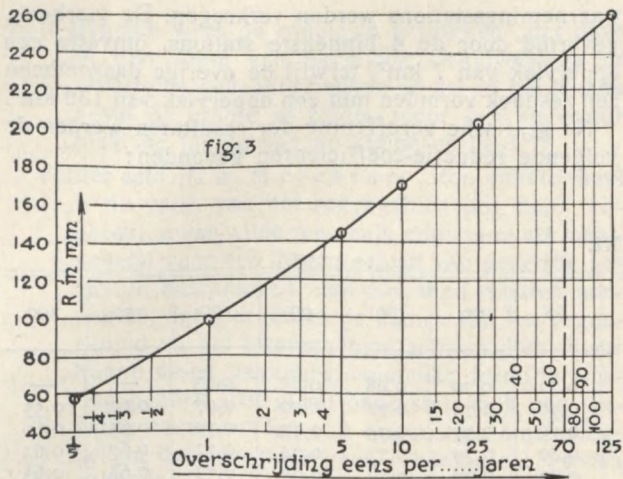
Staat VIII.

	1 h	2 h	4 h	8 h	12 h	24 h	48 h	gem.
5 × per j.	0,61	0,56	0,56	0,55	0,59	0,58	0,58	0,58
1 × per j.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
eens in 5 j.	1,45	1,44	1,50	1,51	1,54	1,47	1,41	1,47
„ „ 10 j.	1,65	1,65	1,78	1,78	1,79	1,70	1,71	1,72
„ „ 25 j.	1,96	1,97	2,12	2,12	2,13	2,02	2,08	2,06
„ „ 125 j.	2,43	2,50	2,73	2,73	2,77	2,63	2,68	2,64

De gemiddelden zijn nu grafisch uitgezet, waarna door deze punten een kromme is getrokken, met behulp waarvan voor een groot aantal tusschengelegen punten de verhouding tot den eens per jaar te verwachten maximum regenval is bepaald (zie fig. 3, waarin de ordinaten zijn uitgedrukt in mm regenhoogte volgens staat IX, laatste kolom).

Hieruit is gevonden, dat de eens in de 70 jaar optredende etmaalregenval 2,44 maal zoo groot is als die, welke eens per jaar kan worden verwacht.

In staat IX zijn nu behalve deze verhoudingscijfers



m' nog de verhoudingscijfers m aangegeven ten opzichte van den maximum etmaalregenval, welke eens in de 70 jaar wordt bereikt of overschreden en de hieruit berekende etmaalregenvallen in mm, welke in het in de eerste kolom genoemde aantal jaren te Batavia kunnen worden verwacht.

Staat IX.

	m'	m	Etmaal-regenval
5 × per jaar	0,58	0,238	57
4 ×	0,64	0,262	63
3 ×	0,71	0,291	70
2 ×	0,82	0,336	81
1 ×	1,00	0,410	98
eens in 2 jaar	1,20	0,492	118
3	1,32	0,541	130
4	1,41	0,579	139
5	1,47	0,602	145
10	1,72	0,705	169
15	1,87	0,766	184
20	1,98	0,811	195
25	2,06	0,845	203
30	2,13	0,875	210
40	2,23	0,915	219
50	2,31	0,948	227
60	2,38	0,975	234
70	2,44	1,00	240
80	2,49	1,02	245
90	2,53	1,03	249
100	2,57	1,05	253
125	2,64	1,08	260

Aangenomen mag worden, dat de verhoudingscijfers m' en m geldig zijn voor geheel Nederlandsch-Indië.

Voor den regenval, welke te Batavia eenmaal in een periode van b.v. 15 jaar kan worden verwacht, gaat nu, zooals uit bovenstaanden staat volgt, (13) over in:

$$q_{15} = 0,766 \cdot \frac{67,65}{t + 1,45}$$

of in het algemeen:

$$q = m \cdot q_{70} = m \cdot \frac{67,65}{t + 1,45} \quad (19)$$

De reductie-coëfficiënt β .

Zooals reeds is uiteengezet, werd deze coëfficiënt voor $t = 24$ h door ir. Melchior bepaald aan de hand van de in Zuid-Bagelen verrichte regenwaarnemingen, waarbij het verband tusschen β en F werd vastgelegd in:

$$F = \frac{1970}{\beta - 0,12} - 3960 + 1720 \cdot \beta \quad (1)$$

terwijl door hem op theoretische gronden uit een in Duitschland verrichte waarneming voor $t = 30$ min werd afgeleid:

$$\beta = \frac{h_m}{60} = \frac{1 + \frac{1059}{F} (\sqrt{1 + 0,1115 F} - 1)}{60} \quad (4)$$

De Italiaansche ingenieur M. F. Poggi stelde in Milaan met behulp van een zevental zelfregistreerende regenmeters een onderzoek in naar de reductie-coëfficiënten voor oppervlakken van verschillende grootte en voor verschillende waarden van t (zie: „Déterminations des volumes d'eaux pluviales susceptibles d'affluer à un réseau d'égouts" in de *Annales des Ponts et Chaussées*, jrg. 1914).

De uitkomsten van deze waarnemingen zijn in den volgenden staat samengevat.

Staat X.

F	zeer klein	1	5	10	20	27 km ²
t						
1/4 h	0,97	0,89	0,63	0,47	0,32	0,27
1/2	0,98	0,93	0,70	0,53	0,38	0,32
3/4	1,00	0,95	0,77	0,62	0,44	0,39
1	1,00	0,96	0,80	0,67	0,50	0,42
2	1,00	0,98	0,88	0,82	0,69	0,62
3	1,00	0,98	0,90	0,81	0,68	0,64
4 h	1,00	0,96	0,91	0,85	0,75	0,69

Uit dezen staat blijkt, dat de reductie-coëfficiënt veranderlijk is met het oppervlak F en den tijdsduur t .

Uit deze waarnemingen trok ir. van Kooten de conclusie, dat de coëfficiënt β afhankelijk is van den tijdsduur voor $t < 2$ h, doch voor $t > 2$ h de invloed van dezen factor zonder bezwaar kan worden verwaarloosd. Met behulp van deze en in Duitschland en Oostenrijk verrichte waarnemingen leidde ir. van Kooten de volgende formules af:

$$\beta = \frac{24}{25 + F^{2/3}} + 0,03 \quad (20a)$$

en

$$\beta = \frac{64,4}{65 + F^{2/3}} + 0,01 \quad (20b)$$

waarvan de eerste zou gelden voor Midden-Europa en in het algemeen voor streken met geringe frequentie voor buien en de tweede voor Java en andere streken met groote frequentie voor buien.

Eveneens met het doel het verband tusschen β , F en t te kunnen vaststellen, werden van 1 Maart 1923 — 1 Januari 1925 onder leiding van dr. Boerema in Batavia en omgeving waarnemingen verricht, waar-

van de uitkomsten zijn gepubliceerd in *Verhandeling no. 15* van het Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium te Batavia: „Uitbreiding van regenbuien te Batavia”.

Hiertoe werden behalve de reeds aan het Observatorium werkende Hellmann-regenmeter nog 9 dergelijke instrumenten geplaatst, zoodat in totaal 10

waarnemingsstations werden verkregen. De vierhoek, gevormd door de 4 binnenste stations, omvatte een oppervlak van 7 km², terwijl de overige daaromheen een zeshoek vormden met een oppervlak van 130 km².

Na grafische vereffening der resultaten werden de volgende reductie-coëfficiënten gevonden:

Staat XI.

$\frac{F}{t}$		0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200
1/6 h	I		0,93	0,88	0,84	0,80	0,77	0,75	0,72	0,70	0,68	0,65	0,63	—	—
1/2	I		0,94	0,90	0,86	0,84	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70	0,67	0,60	0,55
1	I		0,95	0,92	0,90	0,86	0,83	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73	0,70	0,65	0,60
2	I		0,96	0,93	0,90	0,87	0,84	0,82	0,80	0,79	0,77	0,74	0,72	0,67	0,62
3	I		0,96	0,93	0,90	0,87	0,85	0,83	0,80	0,79	0,77	0,75	0,73	0,68	0,63
4	I		0,97	0,94	0,90	0,87	0,85	0,83	0,80	0,79	0,77	0,75	0,73	0,69	0,64
5	I		0,98	0,94	0,91	0,88	0,85	0,83	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73	0,70	0,65
12	I		—	0,97	0,93	0,90	0,87	0,85	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78	0,76	0,74
24 h	I		—	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,88	0,85

De β -waarden voor $t = 24$ h werden niet door dr. Boerema uit de waarnemingen afgeleid; zij zijn berekend met de formule van Melchior.

Worden deze uitkomsten nu vergeleken met die van Poggi, dan blijkt, zooals dr. Boerema in de bovengenoemde verhandeling opmerkt, dat te Batavia:

- 1e. de reductie-factoren voor gelijken duur en oppervlak grooter zijn,
- 2e. de afname der reductie-factoren met toenemend oppervlak veel kleiner is,
- 3e. voor eenzelfde oppervlak de reductie-factoren met toename van den duur minder toenemen dan te Milaan.

De β -waarden volgens (20b) van van Kooten komen zeer goed overeen met de gevonden waarden voor $t = 4$ h, voor de kleinere t -waarden zijn zij te hoog, voor de grootere te laag.

Volgens mondelinge mededeeling van prof. Boerema mogen de te Batavia verkregen uitkomsten als voor geheel Indië geldig worden beschouwd.

Gezocht is nu naar een zoo eenvoudig mogelijk verband tusschen de grootheden β , F en t , waarbij, in verband met den tamelijk korten duur van de waarnemingsperiode, de eisch is gesteld, dat de cijferwaarden, welke voortvloeien uit de functie $\beta = \varphi_2(F, t)$ niet lager mogen zijn dan de resultaten der waarnemingen.

De beste uitkomsten, vermeld in den volgende staat XII, zijn verkregen met de formule:

$$\beta = \frac{180 + \frac{t+1}{t+9} \cdot F}{180 + F} \dots\dots\dots (21)$$

Staat XII.

$\frac{F}{t}$		0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200
1/6 h	I		0,98	0,95	0,91	0,88	0,84	0,81	0,78	0,76	0,73	0,71	0,69	0,60	0,54
1/2	I		0,98	0,96	0,92	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,74	0,72	0,70	0,62	0,56
1	I		0,98	0,96	0,92	0,89	0,85	0,83	0,80	0,78	0,75	0,73	0,71	0,64	0,58
2	I		0,98	0,96	0,93	0,90	0,87	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76	0,74	0,67	0,62
3	I		0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,86	0,83	0,81	0,79	0,78	0,76	0,70	0,65
4	I		0,98	0,97	0,94	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79	0,78	0,72	0,68
5	I		0,98	0,97	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,81	0,80	0,74	0,70
12	I		0,99	0,98	0,96	0,95	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87	0,86	0,83	0,80
24 h	I		0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,89	0,87

De in dezen staat gegeven β -waarden blijken gemiddeld 4% hoger te zijn dan die volgens staat XI, nl. voor $t = 1/6, 1/2, 1, 2, 3, 4, 5, 12$ en 24 h resp. 9, 4, 2, 2, 3, 4, 5, 7 en 0%.

Nu zal nog moeten worden bepaald het verband tusschen het oppervlak F , waarop de hierboven aangegeven β -waarden betrekking hebben en

het oppervlak f van het stroomgebied, d.w.z. de functie $F = \varphi_3(f)$.

Onder het oppervlak F wordt nu verstaan het oppervlak ingesloten door lijnen van gelijken regenval (de z.g. isohyeten), waarvoor de gemiddelde regenval even groot is als voor het stroomgebied.

Uit de lijnen van gelijken hevigen regenval, in teekening gebracht voor het onderzochte gebied in

Zuid-Bagelen werd de conclusie getrokken „dat deze „in den regel een nagenoeg cirkelvormige of „elliptische gedaante hebben en dat in het laatste „geval de groote as zelden meer dan anderhalf „maal de lengte van de kleine as heeft”.

Verder schrijft ir. Melchior: „Een enkele maal „is de vorm van het regengebied nog meer uit- „gerekt, maar wilde men zulk een regen als maat- „gevend voor een stroomgebied van dezelfde ge- „daante beschouwen, dan zou men moeten aan- „nemen, dat niet alleen de centra van het regen- „gebied en het stroomgebied samenvallen, maar „hunne assen nagenoeg volmaakt dezelfde rich- „ting hebben. Dit geval onderstelt zulk een toe- „vallig samentreffen van ongunstige omstandig- „heden, dat daarmede geen rekening zal worden „gehouden”.

„Derhalve wordt aangenomen, dat de opper- „vlakte, die geacht moet worden maatgevend te „zijn voor den regenval per km² van eenig „stroomgebied, verkregen wordt door om dat „stroomgebied een ellips te teekenen, die daar- „mede zoo na mogelijk aansluit, maar waarvan „de groote as niet grooter is dan hoogstens 1,5 „maal de kleine as.”

Ir. van Kooten komt op blz. 37 tot soortgelijke beschouwingen, wanneer hij schrijft: „Het gunstigst „voor een grooten gemiddelden regenval op een „stroomgebied zal het nu zijn, indien het centrum „van grootsten regenval ongeveer in het midden „van het stroomgebied valt en de isohyeten in „vorm en richting zooveel mogelijk met den om- „trek van het stroomgebied overeenkomen. Deze „overeenkomst zal echter slechts zelden plaats „hebben, daar de buitenste isohyeten meestal de „grens van het stroomgebied onder een meer of „minder scherp hoek zullen snijden. Hierdoor „zal de gemiddelde regenval op het stroomge- „bied iets minder zijn dan die, voorkomende op „een even groote door een isohyeet ingesloten „oppervlakte”.

In de stroomgebieden van de Sengkarang, Sragi, Genteng, Tjomal, Waloe en Ramboet stelde ir. van Kooten een onderzoek in naar de verhouding tus- schen den gemiddelden regenval op het stroomgebied en op een even groot, door een isohyeet ingesloten oppervlak. Het bleek nu, dat deze verhouding voor stroomgebieden van zeer verschillende vorm kan worden gesteld op 0,95 — 0,85.

In de bovengenoemde verhandeling: „Uitbreiding van regenbuien te Batavia” zijn voor een groot aantal buien met een regenduur van 1/6, 1/2, 1, 2, 4, 5 en 12 h de isohyeten geteekend. Uit deze figuren blijkt, dat deze lijnen een tamelijk regelmatige ge- daante bezitten, hetzij elliptisch, hetzij van min of meer rechthoekigen vorm met afgeronde hoeken.

Op plaat IV in het werk van ir. van Kooten komen een groot aantal lijnen van gelijken regenval voor, welke betrekking hebben op grootere stroomge- bieden. Het blijkt nu, dat naarmate de isohyeten een kleiner oppervlak insluiten, de vorm regelmatiger is en eenigszins de ellipsvorm nabijkomt. Eerst voor grootere oppervlakken begint de vorm grillig en on- regelmatig te worden.

Hoewel de gemiddelde regenval iets kleiner zal zijn dan op het stroomgebied, is aangenomen, dat voor de kleinere stroomgebieden het oppervlak F wordt voorgesteld door het oppervlak van de omschreven ellips, zooals door ir. Melchior ook voor de groo- tere stroomgebieden werd aangenomen.

Voor de functie:

$$F = \varphi_3(f)$$

is nu de meest eenvoudige vorm gekozen, nl.:

$$F = \gamma \cdot f$$

waarin γ een getalwaarde voorstelt.

Voor een 47-tal stroomgebieden, waarvan 22 ont- leend aan de verhandeling van ir. Melchior en de overige uit opgaven verstrekt door het Water- krachtkadaster, werd, bij verwaarloozing van een 4-tal waarden van $\gamma > 2,50$, als gemiddelde waarde ge- vonden: $\gamma = 1,70$.

Aangenomen is nu:

$$\frac{F}{f} = 1,50 \dots\dots\dots (22)$$

(Voor 18 stroomgebieden bleek $\frac{F}{f} < 1,50$ te zijn,

met een gemiddelde van 1,36).

In verband hiermede gaat (21) nu over in:

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \cdot f}{120 + f} \dots\dots\dots (23)$$

waarvan de uitkomsten voor verschillende waarden van t en f in den volgende staat zijn gegeven.

Staat XIII.

$t \backslash F$	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\frac{1}{6}$ h	I	0,97	0,93	0,88	0,83	0,78	0,74	0,71	0,68	0,65	0,63	0,60
$\frac{1}{2}$	I	0,97	0,94	0,88	0,83	0,79	0,75	0,72	0,69	0,66	0,64	0,62
1	I	0,97	0,94	0,89	0,84	0,80	0,76	0,73	0,71	0,68	0,66	0,64
2	I	0,97	0,94	0,90	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,71	0,69	0,67
3	I	0,97	0,95	0,90	0,87	0,83	0,80	0,78	0,75	0,73	0,71	0,70
4	I	0,98	0,95	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,77	0,75	0,74	0,72
5	I	0,98	0,96	0,92	0,89	0,86	0,83	0,81	0,79	0,77	0,75	0,74
12	I	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83
24 h	I	0,99	0,98	0,97	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89

Het verband tusschen den gemiddelden regenval, het oppervlak van het stroomgebied en den regenduur.

Uit (14) en (23) volgt nu, dat voor Batavia de ge- middelde regenval als functie van het oppervlak van het stroomgebied en den regenduur kan worden voor- gesteld door de formule:

$$\beta \cdot q = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \cdot f}{120 + f} \cdot \frac{67,45}{t + 1,45} \dots\dots\dots (24)$$

gebaseerd op een maximum etmaalregenval van 240 mm. Voor $R = 100$ mm is dan:

$$\beta \cdot q = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \cdot f}{120 + f} \cdot \frac{100}{240} \cdot \frac{67,65}{t + 1,45}$$

welke functie in *fig. 4* voor verschillende waarden van t grafisch is voorgesteld.

De afvoercoëfficiënt α .

Deze coëfficiënt, waarvan nog zeer weinig bekend is, is te beschouwen als een samenvatting van verschillende factoren, welke op den maximum afvoer van invloed zijn, nl.:

- 1e. de bodemgesteldheid van het terrein,
- 2e. de regenval voorafgaande aan die, welke den maximum afvoer veroorzaakte,
- 3e. de cultuurtoestand van het terrein,
- 4e. de temperatuur en windsterkte en de daaruit voortvloeiende verdamping.

Al deze factoren zijn veranderlijk, zoodat de coëfficiënt α voor eenzelfde gebied verschillende waarden kan aannemen.

Vooral de onder 2e. genoemde factor kan hooge α -waarden veroorzaken. Is het terrein tengevolge van de voorafgaande regens verzadigd, dan zal niet alleen een grooter percentage van den regenval tot onmiddellijke afstroming komen, maar tegelijkertijd ook een grooter gedeelte van het in den bodem verzamelde water worden afgevoerd.

In het algemeen worden voor deze coëfficiënten de getalwaarden 0,41, 0,52, 0,62 en 0,75 gebruikt; ir. Melchior stelde $\alpha = 0,52$.

Ir. van Kooten onderscheidt een 3-tal afvoercoëfficiënten, een jaarlijksche, een maandelijksche en die voor den maximum afvoer. De laatste is hier de belangrijkste.

Op blz. 52 schrijft ir. van Kooten: „De afvoercoëfficiënt wordt door het hydrotechnische bureau te München bepaald uit de formule:

$$\alpha = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt[3]{T+1}} \quad (25)$$

„Ze berust op de aanname, dat hoe sneller het regenwater over het terrein naar de recipienten stroomt, hoe minder water voor den bovengrondschen afvoer zal verloren gaan door indringing in den bodem of achterblijving voor hinderen, nissen en dus hoe grooter de afvoercoëfficiënt α zal zijn en op de ervaring, dat bij een buitengewoon hevigen regen van zeer korten duur, bijna al het gevallen water wordt afgevoerd, maar dat, zoodra de duur der bui iets langer wordt, de afvoercoëfficiënt meestal tusschen 0,60 en 0,90 is gelegen en bij landregens nog veel kleiner is”.

Ir. van Kooten gaat nu van dezelfde beginselen uit, alleen wordt dan niet de tijd T , de afstromingstijd, gebruikt als maatstaf voor de snelheid, waarmee het water over het terrein naar de recipienten stroomt, doch de gemiddelde regenval $\beta \cdot q$, welke behalve van den regenduur t ook afhankelijk is van den etmaalregenval.

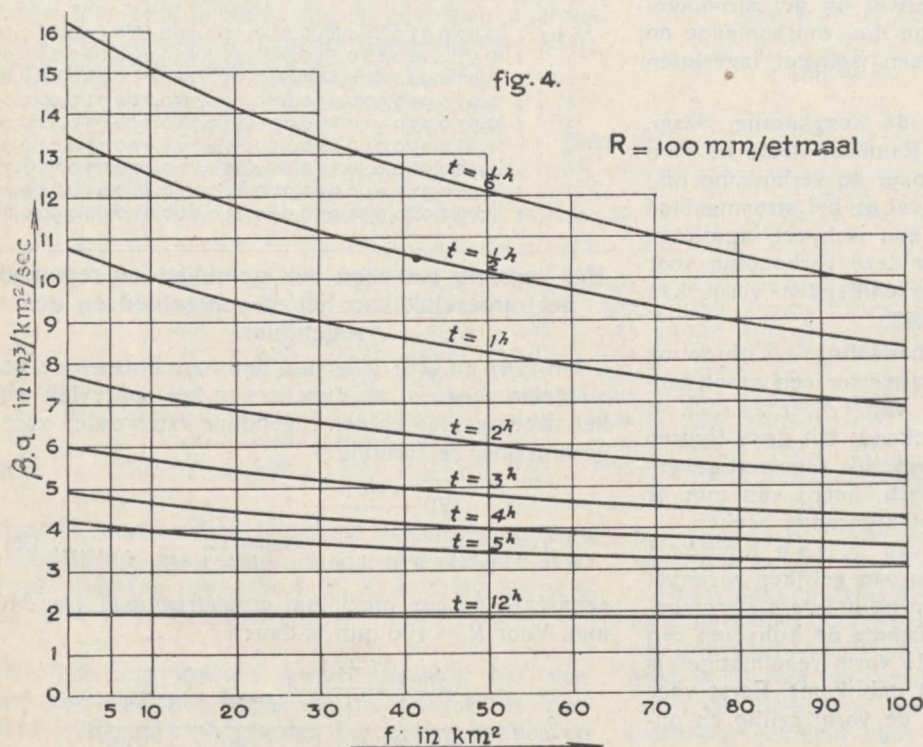
De gedachtengang daarbij is de volgende.

Wordt tengevolge van een grooteren etmaalregenval de gemiddelde regenval $\beta \cdot q$ grooter, dan zal ook de snelheid van afstroming naar de recipienten en daarmee de coëfficiënt α grooter worden. De lengte van den afvoer en daarmee de tijd van afstroming tot den wortel zijn hierop niet van invloed, d.w.z. wordt een grooter gedeelte van het stroomgebied beschouwd, dan zou daarmee volgens (25) een kleinere waarde van α gepaard gaan.

Hierbij ziet ir. van Kooten blijkbaar over het hoofd, dat er tusschen de grootheden $\beta \cdot q$ en t en tusschen t en T een zeer nauw verband bestaat, zoodat het vervangen van T door $\beta \cdot q$ aan den coëfficiënt α geen andere betekenis geeft.

Uit het bovenstaande mag worden afgeleid, dat voor de betrekkelijk kleine stroomgebieden van Java, waarin de maximum afvoeren meestal door zeer hevige buien ontstaan, de coëfficiënt $\alpha = 0,52$ te laag is.

Ir. van Kooten vervolgt dan: „De vraag is nu hoe een betrekking tusschen $\beta \cdot q$ en α zal kunnen worden gevonden. De langste duur der buien kan op $t = 14$ h worden gesteld. Daarvoor geeft (25) $\alpha = 0,60$. In verband met het voorgaande worden nu als gren-



„zen aangenomen bij landregens van $\beta \cdot q = 0,0 - 3 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{sec}$ $\alpha = 0,40 - 0,60$ en bij „buien voor $\beta \cdot q = 3 - 34 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{sec}$ $\alpha = 0,60 - 0,90$.

„Aan deze 3 waarden van $\beta \cdot q$ en α voldoet de „vergelijking:

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta \cdot q + 7} \quad \dots\dots\dots (26)$$

De eerste grenswaarde $\beta \cdot q = 3 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{sec}$ komt voor bij buien, indien de regenduur groot en β klein is, de tweede grenswaarde $\beta \cdot q = 34 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{sec}$ bij hevige buien met een korten regenduur, een hoog en etmaalregenval en een groote waarde van β .

Voor het bepalen van den maximum afvoer is ook hier van deze formule gebruik gemaakt.

De afstromingstijd T .

Onder den afstromingstijd T wordt verstaan de tijd, welke het op de meest verwijderde deelen van het stroomgebied gevallen regenwater noodig heeft om den wortel te bereiken.

Is de lengte van den afvoer $= L$ en de gemiddelde snelheid, waarmede het water den afvoer doorloopt, $= v$, dan is:

$$T = \frac{L}{v} \quad \dots\dots\dots (27)$$

Deze gemiddelde snelheid zal grooter zijn naarmate de hoeveelheid regen, welke onmiddellijk tot afstroming komt, en het gemiddelde verhang van den afvoer grooter zijn, derhalve:

$$v = \varphi(f, \alpha \cdot \beta \cdot q, i).$$

Ir. Melchior leidde op de volgende wijze voor de gemiddelde snelheid de formule:

$$\begin{aligned} v &= 1,31 \sqrt[5]{(\beta \cdot q \cdot f \cdot i^2)} = \\ &= 1,493 \sqrt[5]{(\alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f \cdot i^2)} \quad \dots\dots\dots (28) \end{aligned}$$

af, waarin v is uitgedrukt in m/sec en $\alpha = 0,52$.

Hij ging hierbij uit van de formule:

$$v = c_1 \sqrt{R \cdot i} \text{ of } v^2 = c_1^2 \cdot R \cdot i.$$

Worden nu alle dwarsprofielen als gelijkvormig beschouwd en is het gemiddelde oppervlak der dwarsprofielen $= W$, dan is R evenredig met $\sqrt{W}$, waaruit volgt:

$$v^2 = c_1^2 \cdot c_2 \sqrt{W} \cdot i \text{ of } v^4 = c_3 \cdot W \cdot i^2.$$

Nu is de gemiddelde hoeveelheid, welke per sec wordt afgevoerd $= W \cdot v$ en deze hoeveelheid is evenredig met den afvoer aan den wortel van het stroomgebied, derhalve:

$$\begin{aligned} W \cdot v &= c_4 \cdot Q = c_4 \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f \text{ of} \\ W &= c_4 \frac{\alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f}{v} \end{aligned}$$

en

$$v^4 = c_3 \cdot c_4 \frac{\alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f}{v} \cdot i^2, \quad v^5 = c_5 \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f \cdot i^2$$

of:

$$v = c \sqrt[5]{(\alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f \cdot i^2)}.$$

In deze formule stelt i het gemiddelde verhang van den afvoer voor. Voorgesteld werd i niet te beschou-

wen als het gemiddelde verhang voor de geheele lengte van den afvoer, doch het meest bovenstroom-sche gedeelte van het lengteprofiel buiten beschouwing te laten, aangezien het verhang hierin meestal onevenredig groot is, welk gedeelte werd vastgesteld op 1/10 van de geheele lengte.

Wordt L in km, v in m/sec en T in uren uitgedrukt, dan gaat (27) over in:

$$T = \frac{1000 L}{3600 v} = 0,278 \frac{L}{c \sqrt[5]{(\alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f \cdot i^2)}} \quad \dots (29)$$

Uit de gegeven van Pascher voor de Wien-rivier:

$T = 10 \text{ h}$, $L = 28,0 \text{ km}$, $H = 230 \text{ m} =$ het hoogte-

verschil over 9/10 L , $i = \frac{H}{0,90 L} = \frac{230}{25200} = 0,0091$,

$f = 215 \text{ km}^2$ en $\beta \cdot Q = 4,17 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{sec}$ werd nu afgeleid:

$$v = 0,778 \text{ m/sec}$$

en

$$\begin{aligned} c &= \frac{0,778}{\sqrt[5]{(0,52 \cdot 4,17 \cdot 215 \cdot 0,0091^2)}} = \frac{1,31}{\sqrt[5]{0,52}} = \\ &= 1,493, \end{aligned}$$

zoodat (29) tenslotte wordt:

$$\begin{aligned} T &= 0,186 \frac{L}{(\alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f)^{1/5} \cdot i^{2/5}} = \\ &= 0,186 \frac{L}{Q^{1/5} \cdot i^{2/5}} \quad \dots\dots\dots (30) \end{aligned}$$

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

Tegen de afleiding van deze formule bestaat het bezwaar, dat van alle daarin voorkomende grootheden slechts de gemiddelde waarden in beschouwing zijn genomen, zoodat deze formule niet het juiste verband tusschen de daarin genoemde grootheden tot uitdrukking brengt.

Nu schrijft ir. van Kooten op blz. 9, dat de T -formule van Melchior waarden geeft, welke voor rivieren met grooten regenval, dus groote Q , 1,5 — 3 maal zoo groot zijn als de waargenomen tijd (T_w), terwijl voor rivieren met geringen regenval, dus kleine Q , de T -waarde van Melchior te laag is.

Op blz. 52 staat: „Wanneer een hoog water op- „komt, zal op verschillende punten der rivier de „waterstand stijgen, een hoogsten stand bereiken „en daarna weder geleidelijk dalen. Die hoogste „stand treedt op elk lager gelegen punt der „rivier later in, dan op een nabijzijnd hoger „gelegen punt, zoodat het hoogwater en meer „bepaaldelijk de daarbij optredende hoogste „stand, zich vanaf den oorsprong naar het punt P „der rivier geleidelijk voortplant. Het blijkt uit „de waarnemingen, dat deze voortplantingssnel- „heid van den hoogsten stand niet evenredig is „met de profielsnelheid, maar dat de eerstge- „noemde snelheid in mindere mate van het verval „der rivier en in meerdere mate van het door- „stroomingsprofiel afhangt dan de profielsnelheid.

„Voor het geval het geheele stroomgebied aan „de vorming van een grooten afvoer in het punt „ P meedoet, zal de tijd T zich samenstellen uit

„den tijd, die noodig is voor de afstrooming van „het regenwater langs het terrein naar den „oorsprong der rivier en den tijd, die noodig is „voor de voortplanting van het hoogwater langs „de rivier vanaf den oorsprong tot het punt P „der rivier. Men kan echter den tijd T ook gelijk „stellen aan den tijd, die er verloopt tusschen „het begin van den regen bij den oorsprong der „rivier en het oogenblik, dat in P de hoogste „rivierstand wordt bereikt. Daar het veelal niet „gemakkelijk is te bepalen wanneer de regen, „die het hoogwater veroorzaakt, in het uiterste „bovengebied is begonnen, zoo wordt meestal „de tijd T gevonden uit geregelde peilschaal- „aflezingen of met behulp van een zelfregistre- „rende peilschaal, door den tijd te bepalen, die „er verloopt tusschen het begin van stijging bij „het punt P der rivier en het oogenblik, dat „aldaar de hoogste stand wordt bereikt. Men „verkrijgt op deze wijze echter niet de juiste „waarde van T , omdat er een zekere tijd ver- „loopt tusschen het begin van stijging bij P en „het begin van den regen aldaar en dit laatste „ook niet behoeft samen te vallen met het begin „van den regen bij den oorsprong der rivier. De „laatste fout kan echter eenigszins worden ge- „elimineerd door T bij verschillende hoogwaters „te bepalen en het gemiddelde van die waarden „te nemen, daar het bij P zoowel eerder als „later kan beginnen te regenen, dan in het „bovengebied”.

Zooals reeds eerder werd vermeld, is de afstroo-
mingstijd T in hooge mate afhankelijk van de richting,
waarin de bui zich voortbeweegt. (lit. 1922-1923).

Beweegt de bui zich in de richting van den afvoer
met een snelheid, welke nagenoeg gelijk is aan de
snelheid, waarmede het water in den afvoer stroomt,
dan zal tusschen het begin van stijging en het
moment, waarop de waterstand zijn grootste hoogte
heeft bereikt, een zeer kort tijdsverloop liggen; de
strook van de zelfregistreerende peilschaal geeft dan
een scherp omhooggaande curve te zien. Beweegt
de bui zich in omgekeerde richting, dan zal dit tijds-
verloop veel grooter zijn en de curve een flauwere
helling vertoonen; blijft de bui boven het stroom-
gebied hangen en zet de regenval op het geheele
gebied gelijktijdig in, dan kan de afstroomingstijd T
gelijk gesteld worden aan het door de zelfregistre-
rende peilschaal aangegeven tijdsverloop T_w .

In het eerste geval is $T < T_w$, in het tweede geval
 $T > T_w$ en in het laatste geval $T = T_w$.

Ir. van Kooten beschikte nu over een 10-tal
waarden van T_w voor rivieren op Java en een 20-tal
uitkomsten, welke betrekking hebben op rivieren in
Beieren.

Uitgaande van het principe van P a s c h e r
 $T = T_w$, kwam hij tot de conclusie, dat de waarde van
 T berekend volgens de formule van Melchior
veel te sterk toeneemt met de afname van het ver-
hang.

„Men kan nu den invloed van i verminderen,

„door den exponent van i , die 0,4 is, te ver-
„kleinen tot 0,3, 0,2 enz. Men vindt dan steeds
„betere overeenkomst tusschen den berekenden
„en den waargenomen tijd en de beste overeen-
„komst verkrijgt men, indien het verhang i wordt
„verwaarloosd. De formule wordt dan:

$$T = 1,29 \cdot \frac{L}{Q^{1/5}} \dots\dots\dots (31)$$

„waarin de constante zoodanig is bepaald, dat
„het gemiddelde verschil tusschen den bereken-
„den en waargenomen tijd van de bovenbedoelde
„20 rivieren van Beieren zoo klein mogelijk is,
„welk verschil dan ongeveer 7% bedraagt”.

Voor de Javasche rivieren is echter de expo-
nent van Q te laag. Ir. van Kooten kwam
tenslotte tot de formule:

$$T = 2,35 \cdot \frac{L}{Q^{2/5}} \dots\dots\dots (32)$$

Hij voegt nu hieraan nog het volgende toe:
„Uit het bovenstaande volgt natuurlijk niet, dat
„het verhang i geen invloed op den tijd T heeft,
„want die invloed, al is die ook klein, zal zeer
„wel bestaan. Dat deze uit de gedane waarnemin-
„gen van T_w niet is te bespeuren, komt misschien
„daardoor, dat ze door andere invloeden is ge-
„neutraliseerd. Meerdere waarnemingen van T_w
„zouden moeten uitmaken hoe de tijd voor de
„opkomst van het hoogwater van het verhang i
„der rivier afhangt”.

Door den Dienst van Waterkracht en Electriciteit
in Nederlandsch-Indië werd van 1917 tot 1933 onder
het hoofd „Verslagen en Mededeelingen van het
Waterkrachtkadaster” jaarlijks een „Statistiek van
Waterwaarnemingen (Hydrometrie)” uitgegeven, wel-
ke publicatie sinds 1934 door het Departement van
Verkeer en Waterstaat wordt verzorgd. Hierin komen
voor een groot aantal stroomgebieden o.m. de hoog-
ste waargenomen afvoer, berekend uit waarnemingen
met zelfregistreerende peilschalen, en de maximum
afvoer berekend volgens de methode Melchior voor.

Op verzoek werden van een 35-tal rivieren de
volgende gegevens verstrekt:

- 1e. het begindebiet op het tijdstip, waarop de water-
stand begon te stijgen,
- 2e. het bandjirdebiet,
- 3e. de bandjir-aanzweltijd,
- 4e. het oppervlak van het stroomgebied,
- 5e. het oppervlak van de om het stroomgebied be-
schreven ellips,
- 6e. het gemiddelde verhang van den afvoer over
9/10 van de lengte,
- 7e. de lengte van den afvoer.

Op grond van de omstandigheid, dat voor enkele
rivieren het verschil tusschen het begin- en het
bandjirdebiet klein en voor andere het quotiënt van
lengte van den afvoer en bandjir-aanzweltijd zeer
hoog bleek te zijn, — dit laatste wijst er op, dat niet
het geheele stroomgebied aan de bandjir heeft mede-
gewerkt, — moest een 10-tal waarnemingen worden
geschrapt.

Met een 4-tal waarnemingen, voorkomende in het

werk van ir. van Kooten, waarvan de ontbrekende gegevens konden worden gevonden in de verhandeling van ir. Melchior, (nos. 26 t/m 29), en een 2-tal (nos. 30 en 31) verricht in de Tjiliwoeng, welke zijn ontleend aan het artikel van dr. J. B o e

re m a in deel LXXVIII van het *Natuurkundig Tijdschrift*: „Over waterstanden in de Tjiliwoeng en regenval tijdens den bandjir te Weltevreden in Februari 1918”, zijn zij opgenomen in den volgende staat.

Staat XIV.

No.	Naam		Waarnemingsperiode	Datum	Begin-debiet	Bandjir-debiet	f	F	i	L	T_w
1	Tijdjoeraj	— Tijdjoeraj	4- 8-'19 — 1-1-'33	15- 4-'28	1,84	7,1	20	29,9	0,0208	12	3,0
2	Tjiberang	— Tjileuksa	24- 8-'29 — 15-4-'34	8- 6-'30	4,45	140	58,4	112,1	0,0464	17	2,33
3	K. Garang	— Pedakpajoeng	1- 3-'20 — 1-1-'33	2- 2-'31	4,85	200	59	66,6	0,0509	18,6	2,5
4	K. Kedaton	— Tiris	26-11-'27 — 11-5-'34	21- 3-'31	6,1	35	59,5	178,6	0,0360	25	2,5
5	Tjitaroem	— Pagokan	30- 8-'28 — 1-1-'33	14- 5-'30	4,6	25	65,3	90,4	0,0430	10	3,0
6	Tjikapoendoeng	— Maribaja	6- 7-'28 — 1-4-'34	28- 1-'30	4,4	56	76	124,2	0,0410	12	2,0
7	K. Konto	— Kedoengredjo	18- 7-'18 — 1-1-'37	6- 1-'35	3,04	74	110	169,6	0,0525	11,8	1,42
8	Tjiboetaroea	— Pakendjeng	17- 1-'28 — 21-6-'35	19-12-'28	13,2	160	112	178,6	0,0490	27	2,33
9	Tjiboeni	— Tjipela	15- 8-'22 — 1-1-'33	17- 3-'31	34,5	210	128	164	0,0425	22	7,0
10	Tjisadane	— Masing	1- 9-'15 — 1-1-'37	29-10-'17	8,83	295	129	220,5	0,0663	25,2	3,17
11	Tjiwoelan	— Lengkongdjaja	9- 6-'22 — 1-1-'33	30- 6-'24	10,4	230	131	223	0,030	22	9,0
12	Tjigoenoeng	— Gondoang	3-12-'27 — 31-5-'33	15- 2-'29	9	680	142	196,1	0,0260	28	2,0
13	K. Welang	— Poerwodadi	18- 6-'22 — 1-1-'33	7- 4-'28	5	260	146	640	0,0686	28	2,0
14	Tjilaki	— Tjiheulang	4-10-'17 — 1-1-'37	11- 2-'23	16,6	130	163	231	0,0335	32,6	4,67
15	Tjiwidej	— Tjikanghaoer	1-10-'18 — 1-1-'33	19- 4-'31	8,8	162	167	196	0,0272	18	4,5
16	Tjikaengan	— Toblong	21- 8-'28 — 1-1-'31	9- 5-'30	37,2	380	192	355	0,0190	30	3,5
17	Tjilangla	— Tjikoepa	2- 8-'28 — 9-6-'34	6-10-'33	128	720	205	448,4	0,0190	30	8,08
18	Tjikandang	— Bodjongrandoe	23- 1-'28 — 22-6-'35	2- 4-'33	30	430	216	331,6	0,0750	19	2,92
19	K. Konto	— Seloredjo	19- 6-'15 — 1-1-'37	18- 1-'35	3,7	200	235	332,6	0,0435	26,6	2,5
20	Tjimanoeck	— Bodjongloa	29- 1-'20 — 25-6-'35	30- 6-'24	12	520	286	374,1	0,0157	31	9,0
21	Agam-rivier	— Titi	12- 8-'27 — 19-5-'36	17- 1-'31	18	88	310	570	0,0063	34	12,5
22	Tjitandoej	— Indihiang	31- 5-'22 — 1-1-'33	31-10-'28	81	360	414	630	0,0073	47	7,0
23	B.A. Masing	— Sipisang	20- 9-'28 — 1-4-'36	12- 1-'34	27	148	458	661,9	0,0175	40	10,0
24	Tjimanoeck	— Leuwigoong	18-10-'21 — 1-1-'37	4- 3-'31	560	1840	751	1296,2	0,010	67,5	9,33
25	Way-Sekampoeng	— Tegineneng	26- 8-'28 — 28-5-'35	21-12-'28	98	460	2153	3771,9	0,0038	123	20,5
26	Waloeh					750	126		0,0078	36	5,0
27	Genteng					1360	178	430	0,0374	32	4,7
28	Tjomal					2250	541	1010	0,0404	59	5,5
29	Sampean					1600	1196	1850	0,0224	64	8,25
30	Tjiliwoeng	— Depok				450	256		0,0276	70	8,5
31	Tjiliwoeng	— Manggarai				280	336		0,0167	120	19,0

Aangezien voor de nos. 1 t/m 29 nadere gegevens hieromtrent ontbreken, zijn de volgende aannamen gedaan:

1e. aan den waargenomen hoogsten afvoer heeft het geheele stroomgebied deelgenomen,

2e. de waargenomen tijd (bandjiraanzweltijd) T_w = de afstromingstijd T .

Uitgegaan is van de formule:

$$T = c \frac{L}{Q^x i^y}$$

waarin Q het waargenomen bandjirdebiet voorstelt. Tegen dit laatste kan als bezwaar worden aangevoerd, dat de tijd T niet alleen zal afhangen van het bandjirdebiet, doch ook van het begindebiet.

Voor een 6-tal waarnemingen is echter het begindebiet niet bekend, terwijl dit voor de overige gemiddeld slechts 11,4% van het bandjirdebiet bedraagt.

Voor de meest waarschijnlijke waarden van c , x en y , bij de bepaling waarvan aan elke waarneming een

gelijk gewicht is toegekend, is nu gevonden: $c = 0,125$, $x = 1/8$ en $y = 1/4$, derhalve:

$$T = 0,125 \frac{L}{Q^{1/8} i^{1/4}} \dots \dots \dots (33)$$

Hieruit blijkt, dat het gemiddelde verhang i wel degelijk invloed uitoefent op den afstromingstijd; doch evenals voor de formule van van Kooten geldt ook voor deze, dat het aantal waarnemingen in feite niet voldoende is om daarop een empirische formule te baseeren.

Met de formules van Melchior (30), van Kooten (32) en de laatst afgeleide (33) zijn nu de tijden T berekend voor de in het onderzoek betrokken stroomgebieden en de afwijkingen in % van den waargenomen tijd T_w bepaald (zie staat XV).

De uitkomsten, verkregen met de beide eerstgenoemde formules, blijken belangrijk hooger te zijn dan de waargenomen tijden; wordt het verschil in teeken buiten beschouwing gelaten, dan bedraagt de

Staat XV.

No.	T_w	form. 30		form. 32		form. 33	
		afw. %		afw. %		afw. %	
1	3,0	7,10	+ 136	5,88	+ 96	3,09	+ 3
2	2,33	4,02	+ 72	5,53	+ 137	2,48	+ 6
3	2,5	3,95	+ 58	5,25	+ 150	2,53	+ 1
4	2,5	8,63	+ 245	14,17	+ 467	4,61	+ 84
5	3,0	3,44	+ 15	6,48	+ 116	1,84	— 39
6	2,0	3,58	+ 79	5,64	+ 182	2,02	+ 1
7	1,42	3,02	+ 113	4,96	+ 250	1,80	+ 26
8	2,33	6,08	+ 161	8,33	+ 258	3,81	+ 63
9	7,0	4,97	— 29	6,09	+ 13	3,11	— 56
10	3,17	4,45	+ 40	6,09	+ 92	3,06	— 4
11	9,0	5,61	— 38	6,59	+ 27	3,35	— 63
12	2,0	6,08	+ 204	4,84	+ 142	3,87	+ 94
13	2,0	5,00	+ 150	7,12	+ 256	3,42	+ 71
14	4,67	8,91	+ 91	10,93	+ 134	5,19	+ 11
15	4,5	5,12	+ 14	5,53	+ 23	2,94	— 35
16	3,5	8,30	+ 137	6,55	+ 115	4,82	+ 38
17	8,08	7,31	— 9	5,07	— 37	4,45	— 45
18	2,92	2,96	+ 1	3,95	+ 35	2,07	— 29
19	2,5	6,01	+ 140	7,51	+ 200	3,76	+ 50
20	9,0	8,70	— 3	5,97	— 34	5,02	— 44
21	12,5	19,60	+ 57	13,33	+ 7	8,64	— 21
22	7,0	19,28	+ 176	10,49	+ 50	9,65	+ 38
23	10,0	13,81	+ 38	12,74	+ 27	7,38	— 26
24	9,33	17,61	+ 88	7,84	— 16	10,44	+ 12
25	20,5	62,37	+ 204	24,88	+ 21	28,83	+ 41
26	5,0	12,42	+ 149	5,99	+ 20	6,63	+ 33
27	4,7	5,23	+ 11	4,20	— 11	3,70	— 21
28	5,5	8,46	+ 54	6,32	+ 15	6,28	+ 14
29	8,25	12,44	+ 51	7,86	— 5	8,24	—
30	8,5	15,93	+ 68	13,93	+ 64	10,02	+ 18
31	19,0	37,17	+ 96	29,61	+ 55	20,67	+ 9

afwijking bij de formule van Melchior gemiddeld 88%, bij de formule van van Kooten 99% en bij (33): 32%.

De in de Tjiliwoeng te Depok en te Manggarai waargenomen tijden T_w zijn de eenige, waarvan vaststaat, dat het geheele stroomgebied aan den afvoer heeft medegewerkt en dat zij inderdaad gelijk zijn aan den afstromingstijd. De tijden T_w zijn hierbij niet vastgesteld aan de hand van peilschaalwaarnemingen, doch door het tijdsverloop te bepalen tusschen het moment, waarop de regenval bijzonder hoog was en het moment, waarop de hoogste hiermede corresponderende waterstand werd geconstateerd.

Voor deze beide stroomgebieden geeft (33), in tegenstelling met de beide andere formules, T -waarden, welke goed overeenkomen met de waargenomen tijden T_w .

De maatgevende regenduur t .

Voor het vaststellen van den maatgevenden regenduur t is uitgegaan van een zoodanigen vorm van het stroomgebied, dat de maximum afvoer zal optreden op het tijdstip, waarop het geheele stroomgebied aan den afvoer deelneemt.

Zoowel door ir. Melchior als door ir. van Kooten werd aangenomen, dat het tijdsverloop,

gelegen tusschen het begin van den regen en het optreden van den hoogsten waterstand, juist gelijk is aan den afstromingstijd T , derhalve: $t = T$.

Dit is nu alleen in de volgende gevallen mogelijk: 1e. de regenval zet op het geheele stroomgebied gelijktijdig in,

2e. de bui beweegt zich voort in een richting, die samenvalt met de richting van den afvoer in benedenstroomschen zin met een snelheid, welke gelijk of grooter is dan de gemiddelde snelheid van afstroming.

Mag aan deze beide gevallen een zekere waarschijnlijkheid worden toegekend, om met den maximum afvoer gepaard te gaan moet niet alleen het centrum van de bui met het centrum van het stroomgebied samenvallen, c.q. passeeren, doch bovendien moet deze bui de oorzaak zijn van den maximum regenval.

De waarschijnlijkheid van samengaan van deze factoren, welke elk voor zichzelf de oorzaak kunnen zijn van een hoogen afvoer, is zoo gering, dat zij mag worden verwaarloosd.

Mocht dit geval zich toch in een enkel stroomgebied eens voordoen, dan moet worden gesproken van een catastrofale bandjir.

Inderdaad worden nu voor $t = T$ maximum afvoeren gevonden, welke zoo bijzonder hoog zijn, dat het in rekening brengen daarvan moet leiden tot zeer on-economische afmetingen van daarmede in verband staande ingenieurswerken.

Hieruit volgt nu, dat om tot uitkomsten te komen, welke aanvaardbaar en in economisch opzicht verantwoord zijn $t > T$ moet worden gekozen.

Een andere omstandigheid, welke het eveneens aannemelijk maakt, dat juist voor de kleinere stroomgebieden $t > T$ moet worden gesteld, is de retentie, welk in elk stroomgebied in meer of mindere mate optreedt en een nivelleerenden invloed uitoefent op den maximum afvoer.

De retentie behoeft niet alleen het gevolg te zijn van inundaties in de onmiddellijke omgeving van den afvoer, doch ook het aanwezige sawahoppervlak oefent een accumuleerende werking uit, hetgeen een vertraging van den waterafvoer ten gevolge heeft.

Weliswaar moet worden aangenomen, dat deze factor ook in de waargenomen tijden T_w , waarop (33) is gebaseerd, een rol heeft gespeeld, doch hiertegenover staat, dat de tijd, welke het water noodig heeft om den afvoer te bereiken in verhouding tot den totalen afstromingstijd grooter wordt, naarmate het oppervlak van het stroomgebied kleiner is.

De retentie-factor kan nu in de formule $Q = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f$ tot uitdrukking worden gebracht door den regenduur te verhoogen.

In verband met het bovenstaande is nu:

$$t = 2T = 0,250 \frac{L}{Q^{1/8} i^{1/4}} \quad (34)$$

gesteld.

Uit deze formule moet nu nog de grootheid L worden geëlimineerd.

Met behulp van dezelfde gegevens, waarop de

verhouding $\frac{F}{f}$ is gebaseerd, is de verhouding tusschen

de lengte van den afvoer L en de lengte van de lange as a van de om het stroomgebied beschreven ellips bepaald, waarbij is aangenomen, dat de lengte van de lange as $= 1,5 \times$ de lengte van de korte as. Hieruit volgt dan:

$$F = \frac{1}{6} \pi a^2 \text{ of } a = \sqrt{\frac{6F}{\pi}}$$

De verhouding $\frac{L}{a}$ varieert bij de onderzochte

stroomgebieden van 0,65 — 1,65, met een gemiddelde van 1,23. Aangenomen is:

$$L = \frac{9}{8} a = \frac{9}{8} \sqrt{\frac{6F}{\pi}} \dots\dots\dots (35)$$

Wordt nu $F = 1,5 \cdot f$ gesteld (zie 22), dan gaat (35) over in:

$$L = \frac{27}{8} \sqrt{\frac{f}{\pi}} = 1,904 \sqrt{f} \dots\dots\dots (36)$$

Deze waarde van L gesubstitueerd in (34) geeft nu:

$$t = 0,250 \frac{1,904 \sqrt{f}}{Q^{1/8} i^{1/4}} = 0,250 \frac{1,904 f^{1/2}}{(\alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f)^{1/8} i^{1/4}} = \frac{0,476 f^{3/8}}{(\alpha \cdot \beta \cdot q)^{1/8} i^{1/4}} \dots\dots\dots (37)$$

Het berekenen van den maximum afvoer. Nomogram hiervoor.

Met behulp van de volgende formules kan nu de maximum afvoer

$Q = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot f$
worden berekend.

$$q = \frac{67,65}{t + 1,45} \dots\dots\dots (14)$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \cdot f}{120 + f} \dots\dots\dots (23)$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta \cdot q + 7} \dots\dots\dots (26)$$

$$t = \frac{0,476 f^{3/8}}{(\alpha \cdot \beta \cdot q)^{1/8} i^{1/4}} \dots\dots\dots (37)$$

Het berekenen van den maximum afvoer dient nu probeerderwijs te geschieden, waarbij de eenvoudige

werkwijze deze is, dat voor den tijd t een aanname wordt gedaan, q , β en α worden berekend en de gevonden waarden in (37) gesubstitueerd.

Bij het opstellen van het hier afgedrukte nomogram (pag. 155) is deze weg gevolgd, waarbij in de tot het nomogram behorende grafiek het verband tusschen $\alpha \cdot \beta \cdot q$ en f voor een 14-tal waarden van i varieerend van 0,1 — 0,0001 is vastgelegd.

Er zij hier nogmaals uitdrukkelijk op gewezen, dat dit verband slechts geldt voor Batavia voor een etmaalregenval van 240 mm, welke eens in een periode van 70 jaar zal worden bereikt of overschreden.

Tevens is in het nomogram een schaaldrager opgenomen, aangeduid met „toelaatbare overschrijding”, waarop de factor m is uitgezet (zie staat IX), welke factor aangeeft de verhouding tusschen den maximum etmaalregenval, welke gedurende een bepaald aantal jaren eenmaal of binnen één jaar een bepaald aantal malen kan worden verwacht en de gedurende een 70-jarige periode eenmaal te bereiken of te overschrijden etmaalregenval van 240 mm.

Het opnemen van dezen factor heeft het groote voordeel, dat de bij verschillende frequenties behorende maximum afvoeren onmiddellijk kunnen worden bepaald.

Uiteraard zal voor elk stroomgebied afzonderlijk moeten worden vastgesteld, welke overschrijding, in verband met het voorkomen van wegen, leidingen, enz. en den omvang van eventuele inundaties, toelaatbaar geacht kan worden.

Wordt nu gemakshalve toch aangenomen, dat de voor Batavia gevonden regenverdeling, uitgedrukt in de formule:

$$q = \frac{67,65}{t + 1,45}$$

als algemeen geldig mag worden beschouwd, dan moet nog de in rekening te brengen maximum etmaalregenval worden bepaald.

Nu is voor een zeer groot aantal plaatsen het absoluut maximum M van den regenval, d.i. de hoogste etmaalregenval, welke gedurende de geheele waarnemingsperiode is voorgekomen, bekend. Zij zijn verzameld in *Verhandeling no. 24* van het Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium te Batavia: „Regenval in Nederlandsch-Indië”, waarin tevens voor elk station de waarnemingsperiode W is gegeven.

Het in rekening brengen van het absoluut maximum, van welk cijfer in den regel voor het berekenen van den maximum afvoer wordt uitgegaan, zal echter vaak te hooge uitkomsten geven.

De bovengenoemde verhandeling geeft nu helaas geen antwoord op de vraag, in hoeverre het hierin opgegeven absoluut maximum als exceptioneel hoog moet worden beschouwd, zooals b.v. het geval is met het voor het Observatorium opgegeven maximum van 286 mm, waargenomen in het jaar 1893 (zie staat II).

Op blz. 103 geeft ir. van Kooten nog een aantal stations, waarvoor dit eveneens het geval is:

Staat XVI.

Plaats	Gewest en stationsnr.	W	M	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
Ngawen	Rembang 50	9	300	129	120	113	92
Pesoentjen	id. 28	29	270	142	135	127	100
Boearan	Pekalongan 113	32	362	180	165	165	150
Simbang	id. 126	24	382	192	180	175	172
Soebak	id. 135	23	405	198	192	171	165
Banjoepoetih	Semarang 154	24	400	200	188	156	134
Petanggaän	id. 152	24	420	233	224	193	185
Besokor	id. 3	31	511	264	260	253	250
Baé	id. 159	36	600	280	232	224	213
Soember Redjo	Pasoeroean 91	10	405	295	290	285	270
Soembertjoeling	id. 130	14	420	316	312	230	215

Hierin zijn M , M_1 , M_2 , enz. resp. het absoluut maximum en de daarop in grootte volgende waargenomen etmaalregenvallen, de waarnemingsperiode W is gerekend tot 1929.

In het algemeen ware nu

$$R = M_1 \dots\dots\dots (38)$$

te stellen.

(Een nieuwe uitgave van de genoemde *Verhandeling no. 24* zou er dan ook in het belang van den Waterstaat zeer aan winnen, indien daarin voor elk station behalve het absolute maximum ook nog eenige in grootte daarop volgende etmaalregenvallen zouden worden opgenomen).

Aangezien het nomogram is gebaseerd op den etmaalregenval, welke eenmaal gedurende een periode van 70 jaar zal worden bereikt of overschreden, dient nu ook nog R te worden herleid tot een 70-jarige periode.

Wordt nu b.v. voor een periode van 20 jaar gevonden: $R = 250$ mm, dan is volgens staat IX:

$$R_{70} = \frac{250}{0,811} = 308 \text{ mm,}$$

of in het algemeen:

$$R_{70} = \frac{R}{m} = \frac{R}{\varphi(W)} \dots\dots\dots (39)$$

In het bovenste, links van de grafiek gegeven nomogram is het verband tusschen R in mm, de waarnemingsperiode W in jaren en den in het nomogram in rekening te brengen etmaalregenval R_{70} gegeven.

Liggen nu binnen het stroomgebied meerdere stations, dan dient eerst voor elk station de etmaalregenval R_{70} te worden bepaald en daarna het gemiddelde van deze uitkomsten berekend.

Is echter R niet bekend, dan kan R_{70} op de volgende wijze bij benadering uit het absolute maximum worden vastgesteld. Overeenkomstig (39) is:

$$M_{70} = \frac{M}{m} = \frac{M}{\varphi(W)} \dots\dots\dots (40)$$

Nu is voor Batavia: $M_{70} = 289$ mm en $R_{70} = 240$ mm, derhalve:

$$R_{70} = \frac{240}{289} M_{70} \approx 5/6 \frac{M}{m} \dots\dots\dots (41)$$

Ook deze formule is nomografisch weergegeven.

Het behoeft geen betoog, dat aan (39) de voorkeur moet worden gegeven.

De aldus gevonden waarde dient nu op den schaaldrager „ R_{70} in mm” te worden aangeteekend.

Voorbeeld.

In het nomogram (zie pag. 155) is het volgende voorbeeld aangegeven.

Gegeven: Voor een 40-jarige periode is $R = 205$ mm.

Het oppervlak van het stroomgebied $f = 24$ km².

Het gemiddelde verhang van den afvoer $i = 0,005$.

Gevraagd: De maximum afvoer, welke eens in 5 jaren zal worden bereikt of overschreden.

Uit het nomogram links boven volgt:

$$R_{70} = 225 \text{ mm,}$$

uit de grafiek:

$$\alpha \cdot \beta \cdot q = 7,71 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{sec,}$$

en uit het nomogram:

$$Q_{70} = 7,71 \cdot 24 \cdot \frac{225}{240} = 173,4 \text{ m}^3/\text{sec,}$$

en

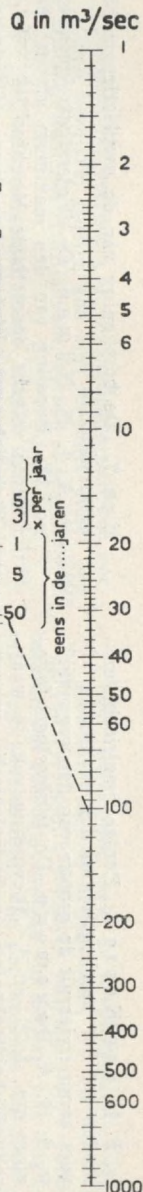
$$Q_5 = 173,4 \cdot 0,602 = 104,4 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Naschrift.

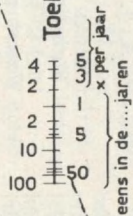
Tot slot rest mij een woord van dank te richten tot prof. dr. J. Boerema en dr. H. P. Berlage, onderscheidenlijk Directeur en Wetenschappelijk Medewerker van het Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium te Batavia, voor het ter beschikking stellen van materiaal en literatuur, en aan de Afdeling Waterstaat van het Departement van Verkeer en Waterstaat voor het verstrekken van belangrijke gegevens.

Literatuur.

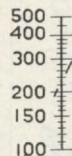
1892. C. Pascher, *Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur und Architekten Vereines*, „Die Bestimmung der grössten Hochwasser-Abflussmenge mit Hilfe der ombrometrischen Daten, unter besonderer Rücksichtnahme auf den Wienfluss”.
1895. ir. A. P. Melchior, *Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, afdeling Nederlandsch-Indië*, „De toepassing van de formules van Lauterburg voor de bepaling van den grootsten afvoer van de rivieren op Java”.
1914. M. F. Poggi, *Annales des Ponts et Chaussées*, „Détermination des volumes d'eaux pluviales susceptibles d'affluer à un réseau d'égouts”.
1918. dr. J. Boerema, *Natuurkundig Tijdschrift*, deel LXXVIII, „Over waterstanden in de Tjiliwoeng en regenval tijdens den bandjir te Weltevreden in Februari 1918”.
1918. ———, *De Waterstaats-Ingenieur* no. 10, „Empirische waarden voor den te verwachten grootsten regenval in verband met waterafvoer”.
1922. Dipl. Ing. O. J. Herz, *De Waterstaats-Ingenieur* no. 12, „Bandjirs in de rivieren van Java”.
1923. ———, *De Waterstaats-Ingenieur* no. 1, „Bandjirs in de rivieren van Java” (vervolg).
1925. dr. J. Boerema, „Uitbreiding van regenbuien te Batavia”, (*Verhandeling no. 15* van het Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium te Batavia).



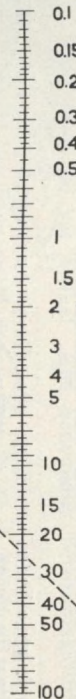
Toelaatbare overschrijding



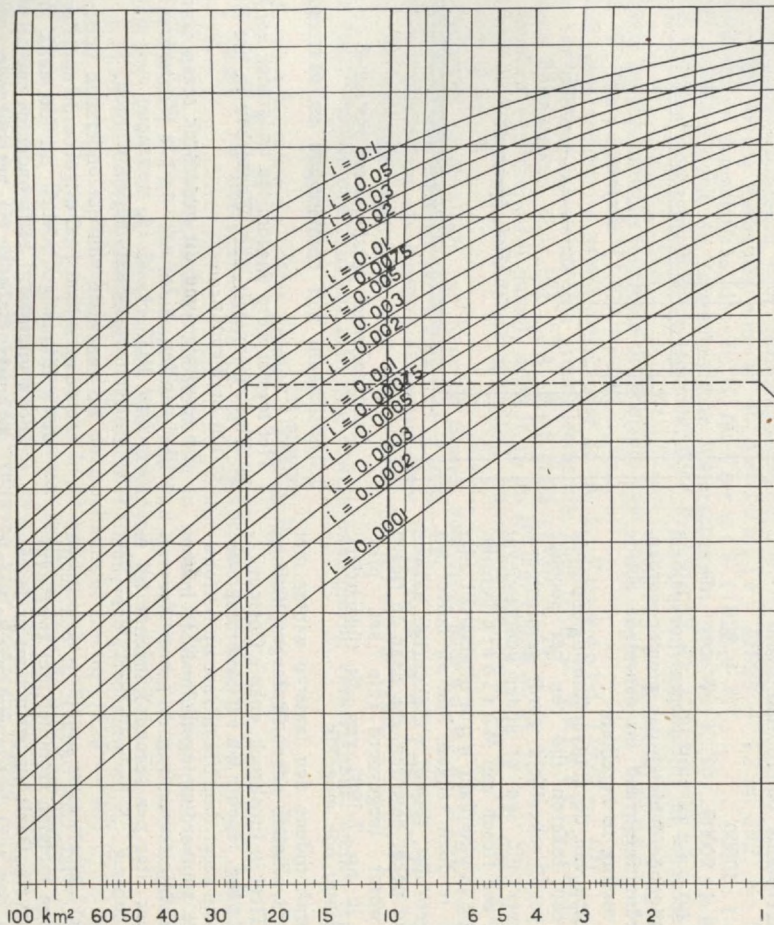
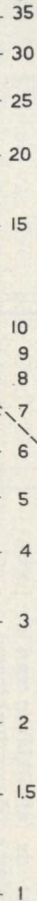
R70 in mm



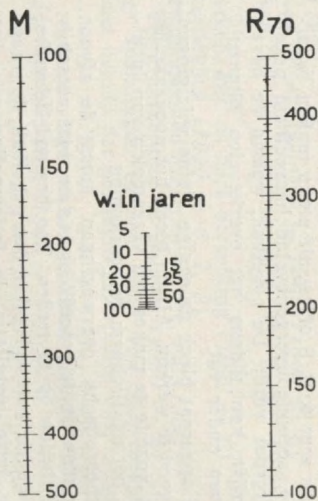
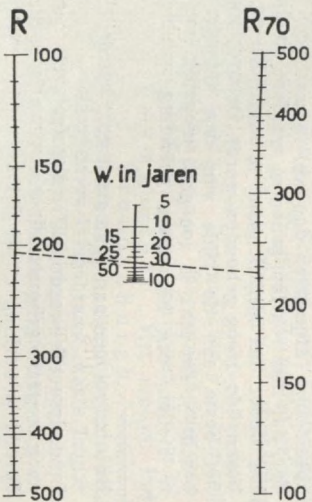
f in km²



$\alpha/\beta q$



Voor stroomgebieden < 1 km² aan te nemen $\alpha/\beta q$ voor 1 km²



1927. ir. F. H. van Kooten, „Eenige empirische methoden tot het berekenen van den maximum afvoer eener rivier uit de grootte van den regenval”.
1931. ir. S. H. A. Begemann, *De Waterstaats-Ingenieur* nos. 1, 2 en 3, „Toepassing van de waarschijnlijkheidsrekening op hydrologische waarnemingen”.
1931. dr. J. Boerema, „Regenval in Nederlandsch-Indië”, (*Verh. no. 24* van het K.M.M.O. te Batavia).
1933. ir. D. H. Arends, *De Waterstaats-Ingenieur* nos.

6 en 7, „De berekening van de overlaatlengte bij reservoirs”.

1933. ir. A. J. Nijman, *De Waterstaats-Ingenieur* no. 12, „Bepaling van den maximum afvoer van rivieren volgens de methode Melchior”.
- „Statistiek van Waterwaarnemingen (*Hydrometrie*)”, jaarlijksche uitgaven van den Dienst van Waterkracht en Electriciteit in Nederlandsch-Indië, sinds 1934 verder door het Dept. van Verkeer en Waterstaat gepubliceerd.

VARIA.

Debietmetingen volgens de zoutverduunningsmethode met een nieuw type pekelinjecteur van Ing. A. Lernhart.

Bij debietmetingen volgens de zoutverduunningsmethode hangt de nauwkeurigheid van het eindresultaat in hooge mate van den graad der verduunning af, die de geïnjecteerde pekkel door vermenging met den te meten waterstroom ondergaat (zie no. 7 — 1937 van dit tijdschrift). Uit proeven blijkt, dat de afwijkingen van de juiste waarde van het watervolume bij verduunningen

tot 1 : 5000	1%
van 1 : 5000 tot 1 : 10000	1/2%
van 1 : 10000 tot 1 : 20000	— 1%

bedragen. De per seconde te injecteeren hoeveelheid pekkel moet dus bij stijgende debieten ook grooter worden, om een zelfden verduunningsgraad en daarmee zelfde nauwkeurigheid der meting te bereiken.

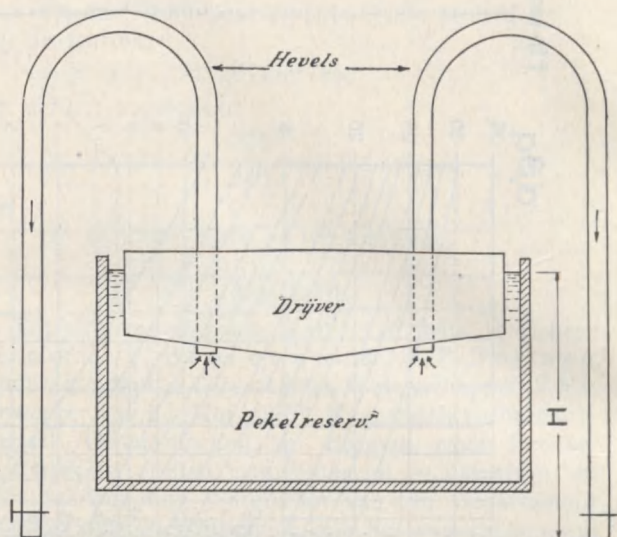
Het bekende principe van de zoutverduunningsmethode is, dat gedurende een zekeren tijd een per seconde constant blijvende pekkelhoeveelheid wordt geïnjecteerd. Deze constante afvoer uit een of ander voorraadvat wordt gewoonlijk via een flesch van Mariotte bereikt. Om nu deze flesch, die in plaatijzer wordt uitgevoerd, niet te groote afmetingen te doen krijgen, kan zij zuiver als reguleator worden gebruikt, terwijl willekeurige bakken of vaten een voorraad pekkel bevatten, die naar de flesch van Mariotte wordt toegevoerd (zie art. prof. Vreedenburgh in no. 7-1937 van dit tijdschrift). Een andere weg is echter ook mogelijk.

Steller dezès besprak tijdens den laatsten winter met Ing. A. Lernhart, Leiter der Hydrographischen Landesabteilung für Tirol in Innsbruck, enkele Oostenrijksche watermetingen. Ing. Lernhart koesterde den wensch om debieten van meer dan 100 m³/sec op betrouwbare wijze volgens de zoutverduunningsmethode te meten. De oplossing voor het injecteeren van de groote hoeveelheid pekkel (3 en meer liter per seconde) meende hij te hebben gevonden in den z.g. „Schwimmheber”, door hem bedacht en uitgevoerd.

Het principe is als volgt (zie figuur). In een rechthoekigen bak drijft een metalen trommel met twee symmetrisch geplaatste hevels. Daalt nu het niveau in de bak door de hevelwerking, dan zakt de trommel met de hevels mee, de zuighoogte H blijft constant en dus ook de uitstroomende hoeveelheid. In plaats van twee hevels kan men batterijen met 4, 6, 8 of twaalf stuks maken, waardoor de per seconde overgeheveldde hoeveelheid pekkeloplossing vergroot wordt. De pekkelbak, waarin de hevelinstallatie drijft, kan tijdens het overhevelen bijgevuld worden uit een ander vat.

Het eerste apparaat bleek na eenige kleine wijzigingen mechanisch goed te werken. Alleen bleek het noodzakelijk den bodem V-vormig te maken om verzamelen van luchtbelletten onder het drijflichaam te voorkomen.

Volgens theoretische overwegingen moest de afvoer constant zijn, maar in de practijk bleken er soms verschillende moeilijkheden op te treden. Zoo bestond de vrees, dat bij wisselenden waterspiegel in den pekkelbak, de traagheid van de hevelinstallatie de indompeling van het



Dwarsdoorsnede pekelinjecteur systeem-Lernhart.

drijfverlichaam zou beïnvloeden, en daarmee de zuighoogte H .

Het toestel werd daarom ten onderzoek aangeboden aan de Versuchsanstalt für Wasserbau in het Bundesministerium in Weenen.

De resultaten van dit onderzoek staan vermeld in een artikel van Ing. A. Lernhart in *Wasserkraft u. Wasserwirtschaft* 1937 H. 13/14, waarnaar voor de uitkomsten der proeven verwezen mogen worden.

De conclusie van het onderzoek luidt: „Op grond van de op schaal 1 : 2 uitgevoerde modelproeven blijkt de gelijkmatige afvoer uit de tank middels een „Schwimmheber” zelfs onder de meest uiteenlopende omstandigheden, in het bijzonder ook bij wisselende waterspiegelhoogte, practisch volkomen bereikt. Een eisch is, dat tijdens de meting alle hevels aangezogen zijn (afgesloten dan wel in werking)¹⁾; verder, dat maatregelen genomen worden, om luchtbelletten onder het drijflichaam te vermijden en dat de bovenzijde droog gehouden wordt. De overloop wordt het beste aan de zijde van den toevoer aangebracht²⁾. De tank is zoo goed mogelijk horizontaal te stellen, een bijzondere geleiding van het drijf-

- 1) Bij niet voldoen aan deze eisch gaat het drijflichaam scheef staan, waardoor H verandert.
- 2) In de practijk wordt de vloeistofspiegel toch nagenoeg constant gehouden door een overloop, die voortdurend in werking wordt gehouden door regeling van den toevoer.

lichaam lijkt overbodig ³⁾). De uiteinden van den korteren hevelarm moeten zoo kort mogelijk onder den bodem van het drijflichaam worden afgesneden ⁴⁾).

- 3) Bij het oorspronkelijke model waren aan het drijflichaam kleine rolletjes aangebracht, om de beweging langs den bakwand te vergemakkelijken.
- 4) Het 2 cm verder uitsteken onder den bodem bleek bij de proeven een debietsvermindering van ongeveer 4% te geven.

Voor berekening van de hevelcapaciteit wordt een coëfficiënt = 0,45 aanbevolen".

In een persoonlijk schrijven ontving steller dezes nog bericht, dat een debietmeting van 300 m³ was uitgevoerd, met een hevelbatterij, die per seconde 10 liter pekel leverde ($k_1 : k_2 = 30000$). Hierbij zou de afwijking van het op andere wijze bepaalde debiet niet grooter dan ruim 2% zijn geweest.

ir. G. S. Goemans.

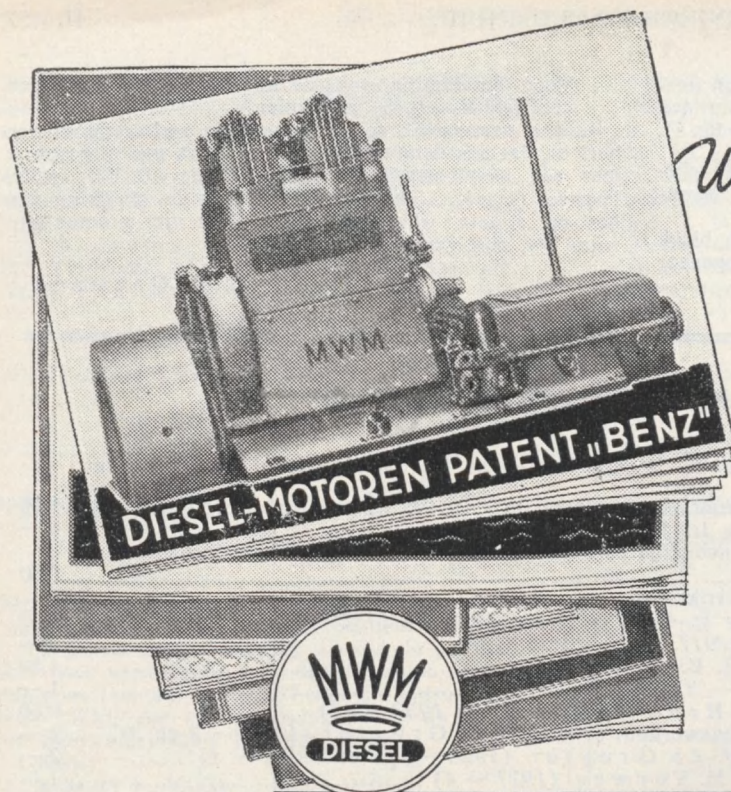
VEREENIGING VAN WATERSTAATSINGENIEURS.

Bij den bibliothecaris, ir. G. Meesters, Wenckebachstraat 29, 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 gyrocoop en zijne toepassingen in de techniek, door Prof. Ir. C. G. J. Vreedenburgh (1927 12)	" 1,50
De tangentele buigspanningen in groote drukbuizen, door Prof. Ir. C. G. J. Vreedenburgh en wilen 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 Haeften. 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
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. Ervaringen 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 Kaplan turbines (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 samengestelde 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



*Welke scheepsmotor
moet U kiezen?*

Dat hangt af van de snelheid, den vorm en de waterverplaatsing van Uw vaartuig. Als wij dat weten, kunnen wij U een aantal drukwerken zenden, die U zullen overtuigen van de groote voordeelen van de

**SCHEEPS-DIESELMOTOREN
PATENT BENZ**

LINDETEVES-STOKVIS

VACANT

III. ELECTROTECHNIEK EN WERKTUIGBOUW.

INHOUD: De toepassing van masttransformatoren in Ned.-Indië, door D. W. Sparnaay. — *Varia.*

De toepassing van masttransformatoren in Ned.-Indië

door

D. W. SPARNAAY,

Ingenieur-Administrateur N. V. G. E. B. E. O. te Bandoeng.

Het zal velen bij een bezoek aan Amerika, Japan, China, Canada enz. zijn opgevallen, dat aldaar de toepassing van masttransformatoren zeer algemeen is, zoodat onwillekeurig de vraag naar voren komt, waarom wij hier in Indië zoo vreemd daar tegenover staan en maar steeds blijven vasthouden aan het, wat ik zou willen noemen, meer Europeesche systeem van distributie van electrische energie.

Ik wil hierbij voorop stellen, dat mijns inziens in de bovengenoemde landen de ervaring een zeer groote rol heeft gespeeld, al is dit in hoofdzaak een meer Amerikaansche ervaring, daar zoowel in Japan als in China de Amerikanen de eerste electriciteitsbedrijven hebben gebouwd en dikwijls ook gefinancierd.

De meest belangrijke kenmerken van dit Amerikaansche systeem zijn:

- 1e. dat de distributiespanning inplaats van draaistroom 220/127 of 190/110 is draai- of wisselstroom van een veel hogere spanning, veelal 2 400 Volt;
- 2e. dat de hoog-zoowel als de laagspanningsgeleidingen op dezelfde masten zijn gemonteerd, en
- 3e. dat men de transformatoren kan plaatsen daar waar het zwaartepunt van de afname plaatsvindt.

Aldus is verkregen een uiterst soepel en ook goedkoop systeem van distributie, waarbij de nadelen van het hier te lande toegepaste systeem grootendeels zijn geëlimineerd.

Hiermede wil ik niet betoogen, dat dit Amerikaansche systeem in de plaats zou moeten treden van het thans hier te lande toegepaste systeem, in tegendeel, doch wel hoop ik aan te kunnen toonen, dat in vele bijzondere gevallen dit systeem een afdoende oplossing geeft daar waar het bestaande systeem te kort schiet.

Wij staan hier te lande voor het feit, dat het gebruik van electriciteit naast het licht met groote sprongen omhoog zal gaan. De aansluiting van de fabrieken en ondernemingen, groot zoowel als klein, wordt reeds algemeen, de z.g. air-conditioning heeft haar intrede gedaan, de „beter licht, beter zicht”-cam-



Afb. 1. Bragaweg, Bandoeng, gezien vanaf het Noorden. → Masttransformator.



Afb. 2. Masttransformator 75 k VA, Bragaweg, Bandoeng.

pagnes der electriciteitsbedrijven geven gunstige perspectieven, terwijl ook de steeds dalende tarieven, ook in deze tijden van opkomst, tot een snelle stijging van het electriciteitsverbruik aanleiding geven en zullen geven.

Ik zal nalaten eene vergelijking te maken tusschen onze electriciteitsbedrijven en die van het buitenland, doch wil volstaan er op te wijzen, dat de gemiddelde belasting van de Indische afnemers een zeer sterke stijging gaat vertoonen, waardoor de bestaande netten òf belangrijk zullen moeten worden verzwaaard òf het aantal voedingpunten belangrijk zal moeten worden uitgebreid.

De ervaring hier te lande heeft inmiddels reeds geleerd, dat de eerste oplossing niet afdoende is en zeker niet in de toekomst, zoodat de tweede oplossing, vermeerdering van het aantal voedingpunten (transformatorstations) zal plaats moeten vinden en hieruit volgt reeds, dat wij het Amerikaanse systeem gaan benaderen.

Ons systeem van ondergrondse hoogspanningskabels en gemetselde of ijzeren transformatorstations geeft daarbij de moeilijkheid, dat de plaats voor deze laatste zeer bezwaarlijk is te vinden, ja in sommige gevallen geen andere plaats is te vinden dan in den grond of boven den grond.

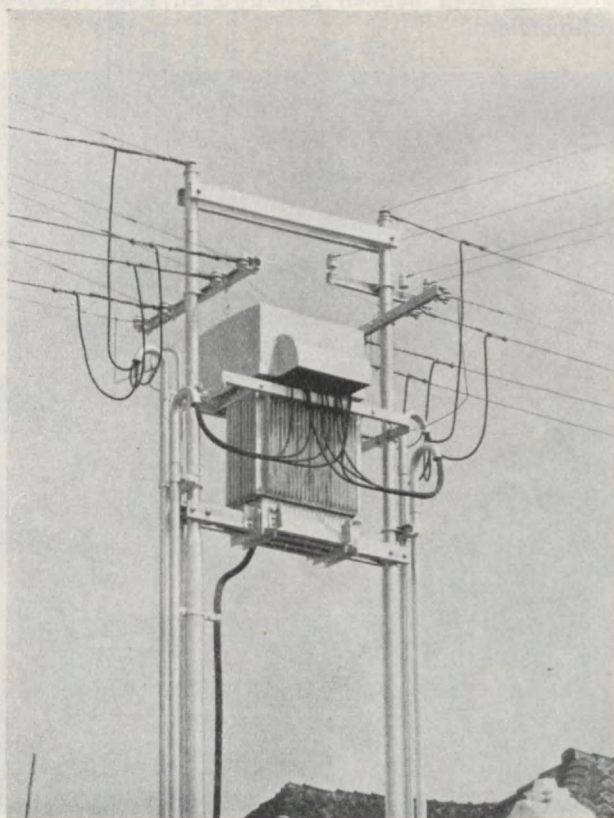
Een sprekend voorbeeld hiervan kan ik thans naar voren brengen t.w. de voeding van de bekende winkelwijk Bragaweg te Bandoeng, alwaar de bestaande transformatorstations, weggewerkt

op zijwegen, niet meer voldoende waren om een goede en bedrijfszekere energielevering te waarborgen.

Het is dan ook een zeer typeerend verschijnsel, dat juist op dezen drukken verkeersweg in het centrum van een stad en in overleg met de Gemeente Bandoeng en na toestemming van de afdeling Electriciteitswezen van het Dep. V. & W. het G.E.B.E.O. is overgegaan tot den bouw van een transformator boven den grond, in den mast.

Afbeelding 1 geeft hiervan een beeld, waaruit blijkt, dat deze opstelling het stadsbeeld weinig of niet schaadt, terwijl de afbeeldingen 2 en 3 meer aangeven de wijze van montage, waarbij ik aantekenen, dat hierbij gebruik is gemaakt van een gewonen transformator voor binnen-opstelling, waardoor het aanbrengen van een speciale constructie voor de eindsluiting en bescherming tegen regen noodig was. Intusschen bestelde het G.E.B.E.O. speciale masttransformatoren met aangebouwde masteindsluiting, waardoor het aspect nog beter wordt.

Opmerkelijk is, dat zoo weinigen de aanwezigheid van dezen masttransformator is opgevallen, niettegenstaande deze dagelijks meerdere malen hier passeerden en waarmede voldoende is aangetoond, dat de hoge opstelling weinig schade doet aan het aesthetisch aanzien van de omgeving, waarbij nog komt, dat de lichte zilverkleur van de aluminiumverf hiertoe bijdraagt.



Afb. 3. Detailopname van den 75 k VA masttransformator.

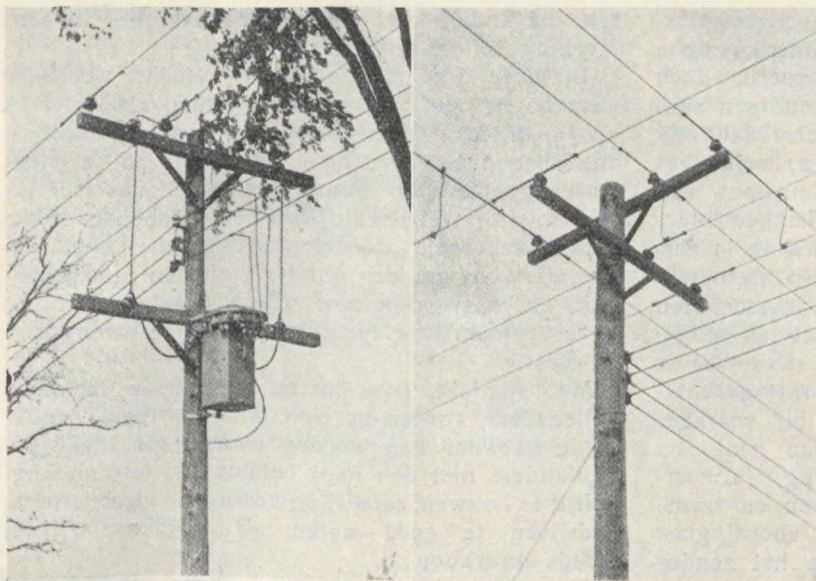


Fig. 4. Uitvoering van gecombineerde hoog- en laagspanningsleidingen (Amerika).

De hier genoemde transformator heeft een vermogen van 75 kVA en transformeert de 6000 Volt op 190/110 Volt, de te Bandoeng toegepaste laagspanning. Er zijn twee uitgaande richtingen, ieder uitschakelbaar en beveiligd in een gietijzeren schakelkast van 200A, gemonteerd tegen de masten. De 6000 V voedingkabel $3 \times 10 \text{ mm}^2$ is uit één der bestaande transformatorstations afgetakt en direct in de eindsluiting ingevoerd zonder scheidingschakelaars. In genoemd transformatorstation is de kabel beveiligd met hoogspanningszekeringen en uitschakelbaar door middel van een 3-poligen scheidingschakelaar.

Het is te voorzien, dat deze uitvoering op meerdere punten van dichtbebouwde winkelwijken een oplossing zal geven van de moeilijkheden welke hier optreden bij de distributie.

Men heeft mij de vraag voorgelegd, waarom in dergelijke gevallen niet wordt overgegaan tot het leggen van ondergrondse kabels, doch hoewel dit natuurlijk wel mogelijk is, is deze uitvoering buitengewoon kostbaar, terwijl toch de voedingpunten noodig zijn en juist deze in dergelijke wijken de moeilijkheden geven.

Daarbij komt, dat dan de kabels aan twee zijden in de smalle trottoirs zouden moeten worden gelegd, waarin reeds de water-, gas- en telefoonleidingen en de sterkstroom hoogspanningskabels zijn ondergebracht en dus in vele gevallen deze distributiekabels in den rijweg zouden komen, hetgeen een opbreken van de wegen geeft, terwijl een eventuele storing zeer lastig is te vinden, daar met meting in dergelijke gevallen weinig is te bereiken. Verder zijn de masten toch noodig voor de straatverlichting, zoodat het straatbeeld weinig of niet wordt gewijzigd.

In het bovenstaande is de masttransformator toegepast in dichtbebouwde wijken, doch ook in andere gevallen, waarbij de bebouwing bestaat uit onderling zeer verspreide woningen, zal de mast-

transformator de meest juiste oplossing zijn. Ik noem b.v. de Poentjakpas bij Sindanglaja, alwaar thans vele buitenverblijven zijn gebouwd en het bij Bandoeng zich snel ontwikkelende bouwplan Berg en Dal (Tjoemboeloet). Aldaar vindt men afnemers met groote licht-installaties, koelkasten, elektrische fornuizen enz. en daarbij is de spanning van 220/127 Volt te laag om over betrekkelijk groote afstanden binnen de vastgestelde spanningsgrenzen te blijven.

Het gevolg hiervan is, dat b.v. in Berg en Dal voor slechts een 20-tal afnemers reeds 4 stations zijn gebouwd, die onderling door hoogspanningskabels zijn verbonden en waarbij de uitgaande laagspanningsdistributieleidingen op ijzeren palen elkaar op meerdere punten benaderen. Hier was de aangewezen weg geweest om de 6000 Volt te monteeren op de masten van het laagspanningsnet en op de meest aangewezen punten masttransformatoren te bouwen, waardoor niet alleen de aanlegkosten tot $\pm$ de helft zouden zijn gereduceerd, maar tevens een voor de toekomst afdoende oplossing zou zijn verkregen bij verdere uitbreiding van dit bouwplan. Fornuizen met een aansluitwaarde van 7 kW, doorstroom-warmwaterapparaten, enz. zijn met 110 Volt éénmaal niet te bedienen, terwijl ongelijke belasting der fasen eveneens daarbij optreedt en het spanningsverlies ongunstig beïnvloedt.

Doch ook objecten met zeer geringe belastingen, echter gelegen op grootere afstanden van de be-

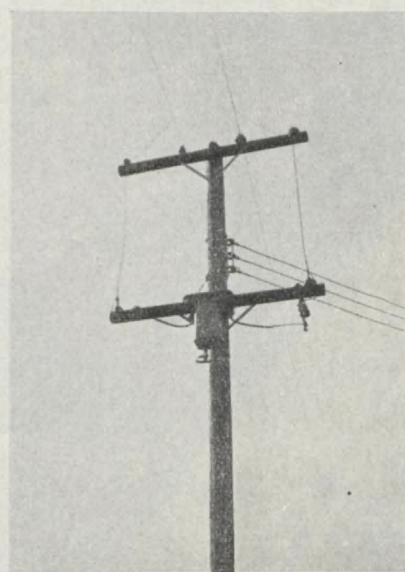


Fig. 5. Distributienet voor ver uiteengelegen farms, masttransformator met zekering en scheidingschakelaar, 3000/2 $\times$ 110 Volt. Idaho (U.S.A.)

staande netten, in het bijzonder kampongcomplexen, zullen door toepassing van dit Amerikaansche systeem kunnen worden geëlectriceerd, doch impliceert dit dan nog den zeer eenvoudigen aanleg der hoogspanningsleidingen. Het is dan ook zeker toe te juichen, dat de Diensten, welke het toezicht hier te lande uitoefenen op den bouw van electrische netten in het algemeen, hebben ingezien, dat de toepassing der voorschriften in dergelijke gevallen soepeler dient te zijn en het is zeer typeerend dat de zg. A. V. E.-voorschriften zoodanig zullen worden gewijzigd, dat het mogelijk zal zijn om dit Amerikaansche systeem toe te passen daar waar dit noodzakelijk wordt geacht.

Eenvoudige mastconstructies — en bij voorkeur Mannesmannmasten —, combinatie van hoog- en laagspanning op één mast, de toepassing van mastzekeringen voor beveiliging van lijnen en transformatoren, masttransformatoren en vooral geen al te drukkende voorschriften, zullen het zonder twijfel mogelijk maken om de electrische energie ook daar te brengen waar onder de bestaande omstandigheden hiervan geen sprake kan zijn.

De electrificatie van een rijstgebied als het Kra-wangsche, alwaar speciaal voor de aansluiting van rijstpellerijen meerdere tientallen km 30 kV leidingen zijn aangelegd, was alleen mogelijk door een zoo eenvoudig mogelijken opzet, waarbij van de bestaande voorschriften wel eens moest worden afgeweken, doch waardoor het mogelijk werd om meerdere rijstpellerijen op het net aan te slui-

ten, die anders zeer zeker nooit daarvoor in aanmerking zouden zijn gekomen.

Ik meen dan ook de enorme vlucht, welke de electriciteit heeft genomen in landen als Amerika en Japan, te moeten toeschrijven aan dit systeem van distributie, waardoor de bedrijven in staat waren goedkoop te bouwen en goedkoop te leveren, waarbij wel opvalt, hoe een voldoende groote bedrijfszekerheid wordt verkregen met constructies, die voor ons een minder stabielen indruk maken, en waaruit ik zou willen concluderen dat onze voorschriften tot nog toe veel te streng zijn geweest.

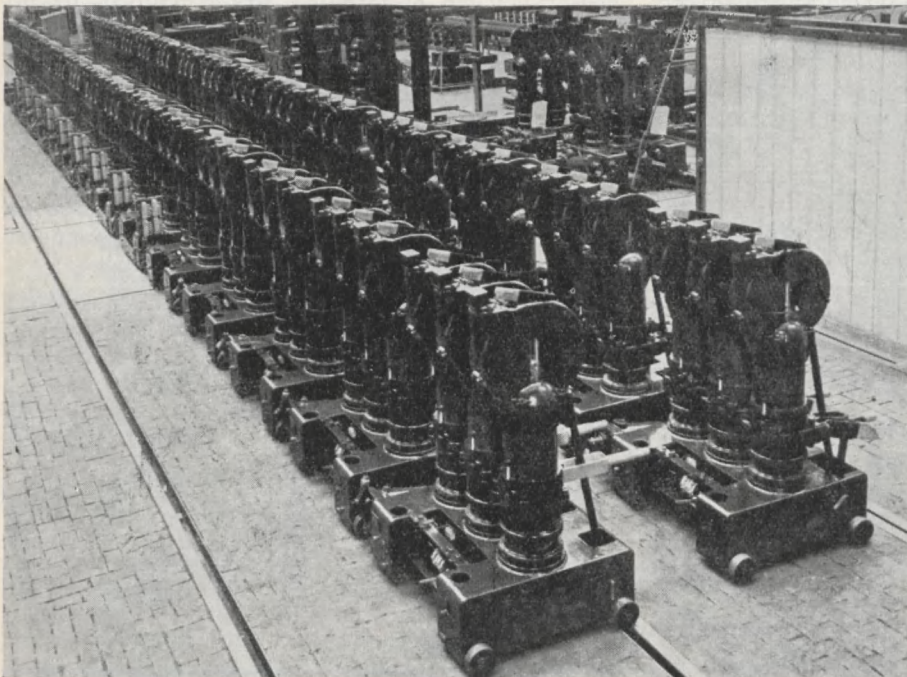
Men gaat dit thans inzien en naar ik vertrouw, zullen deze worden herzien, waartoe thans zonder eenig bezwaar kan worden overgegaan, daar wij Hollanders niet den aard hebben om iets ondeugdelijk te bouwen, terwijl de bestaande electriciteits-bedrijven te goed weten, dat goedkoop vrijwel steeds duurkoop is.

Ten slotte hierboven nog enkele afbeeldingen van constructies uit het buitenland, die een beeld geven van de aldaar uitgevoerde toepassingen en den eenvoud duidelijk doen uitkomen.

Ik spreek ten slotte de hoop uit, dat ook wij hier in Indië, daar waar het kan en moet, over stag zullen gaan en ons zullen weten aan te passen aan het feit, dat we hier in een kolonie zijn en niet in een Europeesche stad. Het is daarbij geen schande om te profiteeren van de ervaringen opgedaan in andere landen.

VARIA.

Britsch-Indisch concern bestelt 78 expansieschakelaars voor groot vermogen.



Reeds sedert vele jaren wordt in hoogspanningsinstallaties de olieschakelaar meer en meer vervangen door schakelaars, waarin geen olie meer toegepast wordt. Diepgaande onderzoekingen voerden n.l. tot de conclusie, dat in plaats van olie, voor het blusschen van den bij het schakelen optredenden lichtboog water, waaraan daartoe geschikte stoffen zijn toegevoegd, kan worden gebruikt en dat bij toepassing van dit principe hoogwaardige schakelaars kunnen worden gebouwd, waarbij gevaar voor het verlies van menschenlevens als gevolg van explosies, brand of bedwelmings uitgesloten is.

Expansieschakelaars voor Britsch-Indië (Tata Iron & Steel Co. Ltd.)

Schakelaars, waarin de lichtboog door water resp. expandeerenden waterdamp gebluscht wordt, worden door de fabrikanten ervan, Siemens-Schuckertwerke A.G., op grond van het toegepaste natuurkundig proces, *expansieschakelaars* genoemd. Vele duizenden exemplaren van deze expansieschakelaars, gebouwd voor de meest uiteenlopende vermogens, hebben reeds in een langjarige praktijk bewezen, uitstekend te voldoen.

Tata Iron & Steel Co., Ltd., een groot Britsch-Indisch concern, bestelde kort geleden voor de hoofdschakelinstallatie en de onderstations van een voor haar nieuw te bouwen krachtcentrale, 78 expansieschakelaars voor 3 150 — 13 200 Volt spanning en 100 — 600 MVA schakelvermogen (zie

afbeelding). Nadat de expansieschakelaar in Europa zijn betrouwbaarheid reeds overduidelijk had, bewezen, vindt hij dus thans ook elders ter wereld meer en meer toepassing en zal ongetwijfeld in de toekomst in groote centrales de olieschakelaar geheel en al verdringen.

Behalve de bovengenoemde bestelling van expansieschakelaars, verkregen de fabrikanten ook de opdracht tot levering van de volledige elektrische uitrusting der bovengenoemde nieuwe krachtcentrale, met uitzondering van de turbines, o.a. ook van 24 transformatoren met totaal 97 800 kVA vermogen en van ongeveer 40 km hoogspanningskabel.

Ozalid

Er bestaan wel goedkoopere lichtdrukpapieren dan Ozalid, echter geen betere!

Het eenige lichtdrukpapier, dat in ammoniadamp en daardoor volkomen droog ontwikkeld wordt.

Het heeft niet de nadeelen van andere lichtdrukpapieren, welke na belichting met een chemische vloeistof behandeld moeten worden. Dergelijke procedé's laten niet na op de kwaliteit van het papier zelf in te werken, waardoor dit na korter of langer tijd bros wordt en gemakkelijk scheurt of breekt.

Ook de licht-echtheid van dergelijke lichtdrukken laat dikwijls te wenschen over. Afdrukken op Ozalid kan men daarentegen dagenlang aan fel zonlicht blootstellen, zonder dat eenige verkleuring optreedt.

In vergelijking met blauw- of witdruk geeft Ozalid een belangrijke tijdsbesparing, daar het wasschen en drogen der lichtdrukken vervalt. Door de volkomen droge ontwikkeling van Ozalid is krimpen uitgesloten: een factor, waarvan de beteekenis niet mag worden onderschat.

Ozalid heeft dan ook de markt stormenderhand veroverd. Het is in gebruik bij talloze Gouvernementsinstellingen, architecten, machinefabrieken, scheepvaart-, gas- en electriciteitsmaatschappijen. Beter zou men de instellingen en firma's kunnen tellen, welke nog met verouderde procédés werken, dan een opsomming van alle tevreden Ozalid-gebruikers te geven.

Importeurs voor Nederlandsch-Indië:

G. K O L F F & C o. B A T A V I A - S O E R A B A J A

IN NEDERLANDSCH-INDIË

IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE.

„DE MIJNINGENIEUR”

INHOUD: On the genus *Spiroclypeus* H. Douvillé with a description of the Eocene *Spiroclypeus vermicularis* nov. sp. from Koetai in East Borneo, door dr. ir. Tan Sin Hok. — Economische mededeelingen. — Personalia.

On the Genus *Spiroclypeus* H. Douvillé with a description of the
Eocene *Spiroclypeus vermicularis* nov. sp. from Koetai in
East Borneo

by

dr. ir. TAN SIN HOK,

palaeontologist of the “Dienst van den Mijnbouw”, Bandoeng.

With 4 plates, and 1 figure in text.

Summary.

The *Spiroclypei* range from Eocene to Burdigalian; they have been found in Europe, in the Mediterranean and Indo-Pacific region, in Australia, and in South America. The morphology of the genus and its relation to other genera, including *Discocyclina* and *Orbitoclypeus* Silvestri 1907, has been investigated. Its supposed affinity with the Discocyclines, though the latter have evolved from spirally coiled ancestors, deserves closer argumentation; the genus *Orbitoclypeus* is not valid. *Spiroclypeus* and *Cycloclypeus* are considered as two separate branches originating from *Heterostegina*. These three genera, being Camerinids which develop rectangular secondary chamberlets, represent a well defined group, viz. the subfamily of the *Heterostegininae*. The *Spiroclypei* can be discriminated in a pustulate and a reticulate group; the former shows the more primitive features, and has most probably appeared the earlier. The species known in literature have been reviewed. The bioseries of the lateral chamberlets in tangential section is very striking. The primitive stage is vermicular, the advanced one is reticulate. *Spiroclypeus vermicularis* nov. sp., a species from the Eocene of East Borneo, has been described. It represents a primitive species, i.e. more primitive than any Indo-Pacific species known up till now. This conclusion is in full harmony with Ubaghs' result of its Eocene age.

Contents.

I.	Introduction	177
II.	The stratigraphical range and palaeogeographical distribution of <i>Spiroclypeus</i>	178
III.	The morphology of <i>Spiroclypeus</i>	180
IV.	<i>Spiroclypeus</i> and its allies; its relation to <i>Discocyclina</i> and <i>Orbitoclypeus</i>	184
V.	Some morphogenetical remarks concerning <i>Spiroclypeus</i>	186
VI.	Description of <i>Spiroclypeus vermicularis</i> nov. sp.	187
VII.	Explanation of plates	190
VIII.	Literature cited	192

I. Introduction.

The discovery of a *Spiroclypeus* in the Eocene of Koetai (E. Borneo), being at variance with the prevailing opinion concerning the vertical range of the genus in the Indo-Pacific Tertiaries, needed more than a palaeontological elaboration only. The definite publication of the species has, therefore, been postponed, until the autochthony of the assemblage in which it is included, could be guaranteed. Ubaghs' investigations concerning the problem published in 1936, were so successful that objections against the Eocene age of the species in question, will hardly be possible.

The new form, viz. *Spiroclypeus vermicularis* nov.

sp. is described now. Moreover, the present author has attempted to determine its evolutionary stage. This investigation implies a survey of the *Spiroclypei* known. A full revision of the latter would have exceeded the aim of this communication, however; notwithstanding the results obtained may have enlarged the knowledge of the *Spiroclypei* in general.

Acknowledgement. Thanks are due to Dr. Hans E. Thalmann, Palembang, for a very complete list of the *Spiroclypei* ever mentioned in literature, for dates concerning the so-called Upper Cretaceous Heterostegines in Mexico, and for many papers which else would be inaccessible to me. This kind and effective collaboration has highly facilitated my work.

II. The stratigraphical range and palaeogeographical distribution of *Spiroclypeus*.

Eocene *Spiroclypei* have already been recorded from Italy (Priabonian of Priabona, Boussac 1906), from Venezuela (in the Upper Eocene Menegrande Series, see Gorter & v. d. Vlerk 1932, p. 98, also Senn 1935, p. 56). Other Eocene occurrences have been mentioned from Algeria (Middle? Eocene of Beni-Afeur, Ehrman & Flandrin 1935, p. 152), and Poland (Priabonian of Bukowiec, Mrs. de Cizancourt 1933, p. 766), but about the age of the Algerian locality Senn has his doubts (1935, p. 372), and the form of Bukowiec is only poorly known.

From these statements it is evident that the opinion of Cushman (1933, p. 199), and Liebus (1931, p. 65) concerning the absence of the genus in the Eocene, cannot be upheld.

All these Eocene forms, excepted the Venezuelan *Spiroclypeus* of which the species has not been determined, would represent *Spir. granulosus* Boussac. But same with the latter the *Spiroclypeus* sp. of the Menegrande Series belongs to the pustulate group (vide Chapter III).

In the Indo-Pacific region localities yielding *Spiroclypeus*, associated with Eocene genera, are already known from British North Borneo (Rutten 1925; Yabe & Hanzawa 1926). The Eocene age of these assemblages is not beyond doubt, however, as has been put forth by van der Vlerk and Umbgrove (see v. d. Vlerk & Umbgrove 1927, p. 8; Umbgrove 1928, p. 56 and 1929, p. 100). These authors based their view on the fact that their investigations induce the absence of the genus in Eocene time. A further argument in favour of the allochthonous nature of the associations in question, has been given by the present author (1930)¹⁾, who points out the inclusion of detritus in the samples. In addition to this, concerning the *Spiroclypeus* of the Klias Peninsula it can now be stated, that it represents a more advanced evolutionary stage than *Spir. vermicularis* nov. sp.; its lumina are not vermicular in lateral section (see Yabe & Hanzawa 1926, pl. 1, figs. 20, 22), and much higher in vertical section (ibidem, fig. 21). I agree with Yabe & Hanzawa that the form reminds of *Spir. margaritatus* (Schlumb.), compare pl. IV, fig. 3 of the present paper. But it shows a similarity to some variants of *Spir. tidoenganensis* v. d. Vlerk too (see pl. IV, fig. 5).

Rutten's specimen (1925, pl. 1, fig. 6) belongs to the pustulate group too, developing higher lateral chamberlets than *Spir. vermicularis* nov. sp., but my present knowledge is not yet sufficient for a determination of the species. I only point out that same appearances have been found with *Spir. tidoenganensis* v. d. Vlerk of S. Mesaloi, stat. 102-103 (L 38).

of the Tidoengsche Landen (E. Borneo), see pl. IV, fig. 3 of the present paper.

Another occurrence of *Spiroclypeus* accompanied by Eocene genera, has been communicated by Montgomery, p. 17 (Port Moresby, Papua). From the features of this form we in reality only know that it represents a *Spiroclypeus*, so that it cannot be considered further.

These unusual assemblages all being enclosed in samples containing detritic fragments, cannot give a serious argument against a theory according to which no *Spiroclypeus* has lived in the Indo-Pacific Eocene, as long as no more geologic data about the region are available.

As early as 1933 ("3^e kwartaalverslag Dienst van den Mijnbouw" 1933, p. 17) the Eocene *Spiroclypeus* from S. Atan in Koetai, East Borneo (leg. Ubahs Nr. 665) described in Chapter VI, has been known to the author. It coexists with Pellatispirids (*Pellatispira* and *Biplanispira* Umbgrove 1937), with Discocyclines (*Discocyclina* and *Asterocyclina*), and Camerines, the Pellatispirids being very abundant (see Ubahs 1936, fig. 4 on p. 189).

The excellent preservation of all the constituents of the assemblage suggests that autochthony is more probable than allochthony. Asterocyclines with slender brachia cannot suffer transport without losing them; the so-called surface chambers with the Pellatispirids (see Umbgrove 1936, fig. 7) would certainly wear off, and the thin Discocyclines would not remain entire, if they had been washed in.

The sample of S. Atan contains detritic material too, however (see Ubahs 1936, p. 193). Luckily more data concerning the geology of the region, and the position of the locality in its profile, could be gathered.

Ubahs' further investigations have been carried out in such detail that it will hardly be possible to question his conclusion that the assemblage has been laid down in Eocene time. From his report, appeared in this Journal 1936, I quote the following most important results:

- a. The *Spiroclypeus* bearing strata derive from a series devoid of unconformities.
- b. The highest *Spiroclypeus* bearing beds in the Eocene section are overlain by 200 m sediment, which yields the usual Eocene genera only.
- c. 1800 m — 2100 m higher in profile reticulate Camerines were found, so that the series is normally covered by Oligocene.
- d. Redeposition has taken place, but it happened in Eocene time.

The existence of Eocene *Spiroclypei* in the Indo-Pacific having been demonstrated as exactly as ever one would desire, a supposition that the usual Eocene genera had ranged in post-Eocene time, can be put aside.

Ubahs' results are a warning not to overrate the sedimentpetrographic argument, and consequently, not to have recourse to the washed-in-theory too quickly, when dealing with unusual faunal assemblages. The inclusion of detritus certainly

1) In this communication I mentioned an association composed of *Pellatispira*, *Camerina*, *Lepidocyclines*, and *Trillina*. It now appears that the section determined as a *Pellatispira* represents another genus, which I cannot identify for the present.

indicates redeposition, but allochthonous constituents do not harm, if they have derived from beds of the same time period. We, therefore, have not to restrict ourselves to the isolated sample, but we have to consider the tectonic and sedimentologic history of the region too. And the palaeontologist has, moreover, to determine the evolutionary stage of the form questionable in age. This latter we will try to establish in the present paper.

From the Netherlands Indies still more Eocene localities containing *Spiroclypeus*, are available:

a. **Tanah Boemboe**. S. E. Borneo. I only mention the locality of Sg. Doerian, already treated by **Umbgrove**, when describing the genus *Pellatispira* (1928). On his fig. 33, right from the biplanispirid (!) "*Pellatispira madaraszii* var. *provalei*", we observe a microspheric *Spiroclypeus*. Its lateral chamberlets are higher than those of the normal *Spir. vermicularis* nov. sp.. It is most identical with *Spir. granulosus* **Boussac**, compare with **Boussac** 1906, pl. II, fig. 18. The few other sections available show a same appearance. The shape of the lateral chamberlets in lateral section could not be determined. It is to be noted that **Umbgrove**'s specimen is but apparently incomplete, the black spot on the right part of the specimen is but a stain of ink.

b. **Pasir**. E. Borneo. From this region I mention the localities of S. Kendilo, stat. 33 & 51, where *Spiroclypeus* occurs with *Pellatispira*, *Biplanispira*, *Discocyclina*, and *Asterocyclina*. The form agrees with *Spir. vermicularis* nov. sp.; however, it may possess more whorls covered by sidewalls not developing lateral chamberlets.

Other localities at Pasir are mentioned by **Umbgrove** 1936. Concerning these latter occurrences **Umbgrove** is not convinced that redeposition has taken place.

c. **Boeton**. An occurrence belonging to the Wani Series is found in N. Boeton (along a tributary of the Oe. Koloolaro). The form is identical with *Spir. vermicularis* nov. sp.. It occurs with *Biplanispira mirabilis* **Umbgr.** 1936, *Biplanispira* sp., *Discocyclina* sp., *Asterocyclina* sp., *Camerina* sp., and *Borelis* sp. (see **Hetzl** 1936, p. 11).

From above statements it is to be inferred that in the Indo-Pacific Eocene *Spiroclypei* are not so seldom. Up till now they probably have been determined as *Heterostegina* in most cases.

Spiroclypeus does not range until the end of the Indo-Pacific *Lepidocyclina* bearing Neogene. It is often found associated with eulepidine *Lepidocyclines* and *Miogypsinoides*, that is to say with forms which neither occur in the higher *Lepidocyclina* bearing Tertiary of the Indo-Pacific region.

In the common practice of correlation these three genera are applied for the definition of the Indo-Pacific Tertiary, stage "e" from the stage "f", or according to the present author for the determination of the boundary of Aquitanian and Burdigalian (see **Tan** 1936a, p. 120). It is worth noting that the application of this criterium does not imply that in reality the three genera have become extinct at

precisely the same moment. In this connection I point out that the exact determination of the moment of complete disappearance is not easy, for the absence of a form can be due to the phenomenon of extermination and, moreover, we have to bear in mind that the lesser a group is differentiated the greater is the chance of an apparent extinction. So we may find in a certain region that the eulepidine *Lepidocyclines* seem to outlive the other two groups (e.g. in the "oude Breccie Serie" of Sheet Sagaranten, West-Java), whereas in another region (Madoera) all three seem to have disappeared approximatively simultaneously.

Taking these variations into consideration, as well as the limits of exactness attainable on the base of the present knowledge of the stratigraphy and palaeontology of the Indo-Pacific Neogene, in my opinion the use of the above mentioned criterium is fully accounted for. But in doing so, the eventual time differences concerning the extinction of the groups in question, are considered as neglectable for the actual practice!

In the literature dealing with *Foraminifera* from Europe and America no special attention has been paid to the index value of *Spiroclypeus*. The usual criterium for the determination of the upper boundary of the European Aquitanian applied by foraminiferologists, is based on the disappearance of the eulepidine *Lepidocyclines* (see e.g. **Senn** 1935, p. 102 et seq.). For the Indo-Pacific Tertiary I adopted the same criterium (see my discussions 1932, p. 130 and 1936b, p. 120), but concerning the guide value of *Spiroclypeus* there is no agreement, for the latter has been mentioned from strata too, considered as representing the Burdigalian. I could find following records.

Schlumberger 1902, p. 253 mentions a "*Heterostegina*" *margaritata* from Dax, the age of which has been revised as Burdigalian by **H. Douvillé** 1905, p. 464). In this connection I can add that in a sample deriving from "Ferme de Christus" near Dax (Dépt. de Landes), kindly offered by **Dr. Leupold**, Bern, I could determine a *Spir. cf. orbitoideus* **H. Douvillé** (pl. III, figs. 8, 24), abundant *Miogypsinoides complanata* (**Mich.**), associated with few nephrolepidine *Lepidocyclines*. This occurrence would represent the Lower Burdigalian, according to the information of **Dr. Leupold**.

In the Italian Burdigalian *Spiroclypei* have been recorded by e.g. **Renz** (1936, p. 56, 67, and 84). The age of the localities has apparently been determined by applying the first appearance of *Miogypsinoides* as a criterium for the lower limit of the Burdigalian (vide **Renz** 1936, p. 131, and his table on p. 133). *Miogypsinoides* occurring, however, in the Aquitanian of S. E. France (St. Etienne d'Orthe), and Italy (Turin), according to **Schlumberger** 1900, and appearing in the Mediterranean Region as early as the Chattian (see **Senn** 1936, p. 104, 105), I am in doubt, whether **Renz**' time-mark is applicable for interregional correlations. It is to be noted that **Renz** found Aquitanian *Spiroclypei* too (e.g. loc. cit., p. 105), and that his Burdigalian

localities on p. 67, and 84 yielded fragments of eulepidine *Lepidocyclines*. On p. 67 it is stated that these latter may have been washed in!

From Syria Mrs. Sylvain-David (1933, p. 125, 138) records a Burdigalian *Spiroclypeus* cf. *margaritatus*, but Senn 1936, p. 102, questions the determination of the age; compare also Henson 1936, p. 863.

Another Burdigalian locality containing rather many *Spiroclypei*, has been stated from the Middle Miocene Damsite Formation of N. Venezuela (Senn 1936, p. 82).

Taking these records into consideration we have not to exclude the possibility that *Miogypsinoides* and *Spiroclypeus* may have outlived the eulepidine *Lepidocyclines*, but we have to keep in mind too that the absence of the latter may not be decisive of a Burdigalian age in all the cases mentioned above.

From the above statements it is to be inferred that the genus *Spiroclypeus* has lived in Venezuela (Eocene — Burdigalian)²⁾, in Europe and in the Mediterranean region (Eocene — Burdigalian), S. E. Asia (Eocene — Aquitanian). They have also been recorded from Australia (Chapman and Crespin 1932, p. 92), and from the Solomon Isl. (Mawson & Chapman 1935).

III. The morphology of *Spiroclypeus*.

Agreeing with Boussac (1906) the development of lumina in the sidewalls covering the respective whorls is indeed the essential feature of *Spiroclypeus*, when compared with *Heterostegina*. In 1930 I pointed out the existence of two kinds of lateral chamberlets with *Spiroclypeus* (vide fig. 1a). One of these is nothing but the subdivided alar prolongations of the lumina of the apertural chamberlets (these latter being the chamberlets situated immediately above the spiral cord). The other kind is represented by cavities in the sidewalls themselves (S with fig. 1a). These latter are characteristic of *Spiroclypeus*, as alar prolongations of the lumina of the whorls occur with involute *Heterostegines* too (see fig. 1c). These different lateral chamberlets are most obvious in specimens in which the sidewalls are not subdivided intensively (e.g. pl. I, fig. 10). Otherwise, it is not always easy to differentiate them (pl. IV, fig. 1).

The eventual lateral chamberlets with the *Heterostegines* are apparently comparable with those of the *Camerines*; they are due to a subdivision of the alar cavities by the septal filaments. The lateral chamberlets in the sidewalls of *Spiroclypeus*, however, probably correspond with those of the *Miogypsinoides* and *Lepidocyclines* (compare my discussion in 1936, p. 269).

There is still another difference between *Heterostegina* and *Spiroclypeus*. The latter develops (secondary) stolons, perforating the distal end of the secondary septa. In this way the secondary chamberlets of the same primary chamber communicate with

2) According to Douvillé it occurs in Martinique too (1905, p. 463).

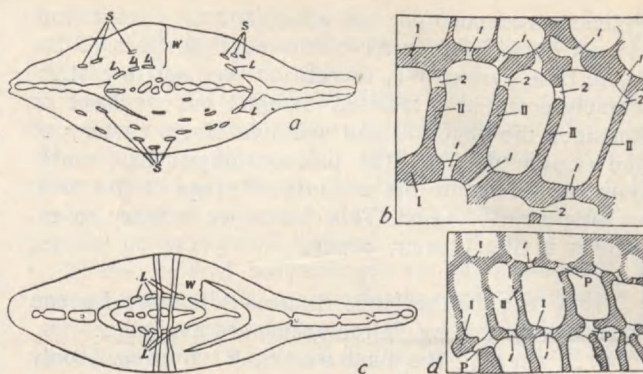


Fig. 1. a. *Spiroclypeus yabei* v. d. Vlerk.

Same specimen as that of pl. I, fig. 5.

W = thickness of the sidewall covering approximately the first half of the last coil.

S = lateral chamberlets characteristic of the genus.
L = lateral chamberlets originating from a subdivision of the alar prolongations of the apertural chamberlets.

b. Stolon system of the secondary chamberlets of *Spiroclypeus* sp. $\times 135$. (Drawn from a Canada-balsam preparation; the intraseptal canals have been omitted).

I, II = primary and secondary septa.

I, 2 = primary and secondary stolons.

c. *Heterostegina* (from Carpenter 1862, p. 291, fig. 47; details have been omitted).

W and L have same signification as with fig. a.

d. Stolon system of *Heterostegina operculinoides* Hofker. $\times 90$. (From Hofker 1927, pl. 34, fig. 5).

I, II, and I have same meaning as with fig. b.

P = pseudo-secondary stolons, originating from the union of the primary stolons. No real secondary stolons have developed.

each other (fig. 1b; pl. I, fig. 4, s). At each side of the median plane one single secondary stolon is found (pl. I, fig. 3, s). Besides these stolons, other ones are found perforating the primary septa at each side of the distal end of a secondary septum. These are the primary stolons (fig. 1b; pl. I, figs. 2 and 4, p).

With *Heterostegina* only the primary stolons have been observed (fig. 1d; Carpenter 1862, p. 290, fig. 46). In this respect it agrees with *Cycloclypeus* (Carpenter 1862, pl. 19, figs. 6, 7; Tan 1932, p. 18, fig. 1).

In 1930, at the time the Eocene *Spiroclypeus* of S. Atan was unknown to me, I suggested that these secondary stolons are typical of all *Spiroclypei*. It now, appears, that with the Eocene *Spir. vermicularis* nov. sp., they could not be found with certainty (vide p. 189)!

The secondary stolons can be applied for the discrimination of *Spiroclypeus* from *Heterostegina* in median section. But it is obvious, that their absence is not conclusive for the latter (vide *Spir. vermicularis* nov. sp.), moreover, these stolons can only be determined with specimens which are not too recrystallized. For the distinction of these two genera in median section another, and even more reliable criterium is available. In many cases median sections contain parts of the sidewalls cut tangen-

tially; these latter will show the lateral chamberlets, if we have to do with a *Spiroclypeus*. In the same way we can distinguish *Spiroclypeus* from *Cycloclypei* with a large nepionic stage of growth, vide the so-called *Cycloclypeus koolhoveni* with Tappenbeck (1936, fig. 36), which is rather certain a *Spiroclypeus* (Tan 1936, p. 57).

On pl. I, figs. 2, 4, and pl. II, figs. 1, 2 the marginal plexus and intraseptal canals of *Spir. (A) orbitoideus* H. Douv. is illustrated. These features are conclusive that *Spiroclypeus* belongs to the Camerinids.

The *Spiroclypei* can be discriminated in two groups, viz. a pustulate and a reticulate one.

The pustulate group is characterized by following features: pillars have always developed, especially, on both sides of the central portion of the test. The umbonal thickening always shows pillarheads, the latter are very crowded in most cases (e.g. *Spir. vermicularis* nov. sp., pl. III, figs 13-20; *Spir. granulatus* Boussac, 1906, see Boussac, pl. 2, fig. 15; *Spir. yabei* v. d. Vlerk, 1925, see v. d. Vlerk, fig. 19; *Spir. "pleurocentralis"*, see Krijnen 1931, pl. 2, fig. 8; *Spir. tidoenganensis* v. d. Vlerk, see Krijnen, loc. cit., pl. 2, fig. 1). Exceptions are found, e.g. *Spir. "pleurocentralis"*, see H. Douvillé 1905, pl. 14, figs. 7, 8. The septa connecting the column-heads are never very obvious on the surface of the test; at best they are indistinctly seen (pl. III, fig. 15). Anyhow, compared with the columns they remain in the background. By this fact the pustulate *Spiroclypei* show a great external similarity to pustulate Heterostegines (compare with *Het. koolhoveni* Tan 1932, pl. 1, fig. 3; David 1933, pl. 8, fig. 8). A large umbonal pillar may have developed (pl. II, fig. 4); compare also Krijnen 1931, pl. 1, fig. 4.

In vertical section the sidewalls covering the various coils are not seldom compact (e.g. pl. IV, figs. 2, 10, 14 and 19), though in same population variants with well subdivided sidewalls are never wanting (e.g. pl. IV, figs. 4, 8, 18 and 21). The rows of the lateral chamberlets may be interrupted (e.g. pl. IV, figs. 2, 3) or continuous (e.g. pl. IV, figs. 4, 7), and the horizontal walls between the lumina thick or thin. With variants developing compact sidewalls the two kinds of lateral chamberlets are very obvious (e.g. pl. IV, fig. 15). These variants may become very similar to *Heterostegina* (pl. IV, figs. 14, 19). Specimens of which the sidewalls are well subdivided may show an appearance in vertical section highly corresponding with that of reticulate representatives (e.g. pl. IV, fig. 7). The lateral lumina show no uniform shape and size in many cases. They are often long and flat (e.g. pl. IV, fig. 13), they may also be higher and shorter (e.g. pl. IV, fig. 4). The variable length of the lateral chamberlets is connected with their vermicular shape in lateral section (see further below).

In tangential or lateral section the pillars are obvious. The lumina of the lateral chamberlets are very typical in general, especially those near the

median plane, viz. they often show a distinct vermicular shape (e.g. pl. III, figs. 10, 22). Populations in which variants developing more roundish lateral lumina near the median plane prevail, have been found too (pl. III, fig. 9). It is to be noted that roundish shapes can be observed too in the superficial layers of the sidewalls, independent of the shapes in its inner layers (pl. III, figs. 11, 23; compare with figs. 10 and 22 of the same plate). There is often a striking difference between the lateral chamberlets and the median chamberlets, viz. they show no (pl. I, fig. 7; pl. II, fig. 5) or but little (pl. III, fig. 9) correspondence in size, shape, and arrangement. The former are narrower, vermicular or roundish, and they do not show spiral series in general.

Compared with the A-Generation the microspheric forms develop smaller lateral chamberlets. The differences with respect to microspheric reticulate forms are the same as with the A-Generation.

With the reticulate group the septa of the lateral chambers are very striking on the umbonal thickening, giving it a reticulate appearance (e.g. pl. III, figs. 1, 2; compare also Krijnen 1931, pl. 3, fig. 1). In many cases these septa are thick (pl. II, fig. 11), or this is the case with their meeting-points only (pl. III, fig. 2). With variants of the latter kind small pillar-heads are found. By the development of the external reticulation these latter shapes cannot be confused with pustulate forms. In cases where the lateral chamberlets are found on the flange too, (pl. III, fig. 1) forms can be very similar with eulepidine *Lepidocyclines*! A large umbonal pillar has sometimes developed (pl. III, fig. 3).

In vertical section the subdivision of the sidewalls is always very intensive (pl. II, fig. 3; pl. IV, fig. 1). The horizontal walls between the lateral chamberlets, as well as the lumina of the latter are very uniform in size and shape. These lumina are biconvex in most cases (pl. I, figs. 2, 3). Thickened septa of the lateral chamberlets appear as sectioned pillars in vertical section. The reticulate *Spiroclypei* show in vertical section a great similarity to *Lepidocyclina*, though correct determination will always be possible, if the section contains the Camerinid features (the alar prolongations of the apertural chamberlets, and the marginal cord). Fragments of *Spiroclypei* may, however, not be distinguishable from *Lepidocyclina*.

In tangential section pillars are lacking or present (with specimens developing them, see pl. III, fig. 7). The arrangement of the lateral chamberlets near the median plane of megaspheric specimens shows a distinct correspondence with the spiral series of the equatorial chamberlets (pl. III, figs. 4, 7). Their lumina are, moreover, larger in most cases, whereas somewhat vermicular shapes are very exceptional (pl. III, fig. 4).

With the microspheric generation same external reticulation is seen. Contrary to the megalospheric forms the lateral chamberlets of the innermost layers of the sidewalls show sizes and arrangements, which do not correspond with those of the equatorial chamberlets. The former are roundish and small; verm-

icular shapes have not been found, however (vide H. Douvillé 1905, pl. 14, fig. 2)³⁾.

From above characterization it appears that the pustulate forms can always be discriminated from reticulate representatives, if the external ornamentation can be observed. The difference in tangential sections is also clear with many megaspheric pustulate forms, i.e. with species developing more or less vermicular lateral chamberlets. In vertical section forms showing lateral chamberlets and horizontal walls of variable shape and size, or very thick horizontal walls represent pustulate species.

There are, however, megalospheric pustulate species which in slides are very similar to reticulate forms, this is the case with *Spir. margaritatus* (Schlumb.), being a form which in arrangement, shape, and size of the lateral chamberlets in tangential section (pl. III, fig. 9), as well as in the completeness of the subdivision of the sidewalls (pl. IV, fig. 7) approaches *Spir. orbitoideus* H. Douv. (pl. III, figs. 4, 7; pl. IV, fig. 1). In chapter V (p. 187) we will return to this subject.

As for the microspheric generation, for the moment I can only inform that shapes developing vermicular lateral chamberlets represent the pustulate group, but this latter develops roundish lateral lumina too, showing a correspondence with those of reticulate microspheric forms.

Without aiming a revision or completeness, the species known in literature, can be tentatively grouped as follows:

Pustulate are:

- Spirochypeus granulosus* Boussac 1906.
- „ *margaritatus* (Schlumberger) 1902.
- „ *margaritatus* var. *anghiarensis* Silvestri (1907c, 1920).
- „ *tidoenganensis* v. d. Vlerk 1925a.
- „ *vermicularis* nov. sp. (see chapter VI).
- „ *wolfgangi* v. d. Vlerk (p.p.) 1925a.
- „ *yabei* v. d. Vlerk 1925a.
- „ sp. Gorter & v. d. Vlerk 1932.

Reticulate are:

- Spirochypeus leupoldi* v. d. Vlerk 1925 (*globulus* Nuttall 1926; (?) *bintoetensis* Zuff. Commerci 1929).
- „ *orbitoideus* H. Douvillé 1905.

3) I am not certain, whether Krijnen's fig. 5 on pl. 3 (1931) represents the microspheric *leupoldi*. A verification is necessary, because in Krijnen's opinion *Spir. wolfgangi* v. d. Vlerk is synonymous with *Spir. (B) leupoldi*. This is exact in part only, for according to vander Vlerk's original material *Spir. wolfgangi* includes both pustulate and reticulate forms. It is very probable to me that this is the case with Krijnen's *Spir. (B) leupoldi* too, as in the locality of L 55 (p. 93) no pustulate microspheric form has been mentioned, though they are present, as is obvious from the material of this occurrence stored in our museum. A further verification is impossible; Krijnen has omitted the exact derivation of his specimens figured. In this connection, I point out the great correspondence between Krijnen's specimen of fig. 5 on pl. 3 with that of pl. 1, fig. 7, the latter would represent the microspheric form of a pustulate species!

With respect to this classification the following remarks will not be superfluous:

ad *Spir. granulosus* Boussac 1906. From Boussac's fig. 17 it appears that the septal filaments of the inner whorl of this microspheric species are simple and radiate; the sidewalls of the initial whorl of the specimen of fig. 18 and of pl. 3, fig. 19 does not develop lateral chamberlets. Therefore, the form possesses a *Heterostegina* centre. According to his fig. 16 the shape of the lateral chamberlets is not vermicular; the section contains only the peripheral layers of the umbo, however, as it shows not a single median chamberlet. In such cases the lateral chamberlets, even with forms, developing strongly vermicular lateral chamberlets near the median plane, e.g. *Spir. vermicularis* nov. sp., are less vermicular or even of roundish shape (pl. III, fig. 23; see also fig. 11 of the same plate). Anyhow, the lack of vermicular lateral septa with *Spir. granulosus* may not be excluded; Boussac did not mention them at all in his description! If this interpretation is exact, the species would differ from the pustulate forms of the older Tertiaries of the Netherlands Indies, of which isolated specimens are available. I remind of the fact that the shape of the lateral chamberlets with *Spir. granulosus* of Tanah Boemboe (p. 179) is unknown too, due to the fact that the slides available do not contain lateral sections.

ad *Spir. margaritatus* (Schlumberger). The original figure (Schlumberger 1902, fig. 4) represents a vertical section which does not allow an exact classification. Luckily, Yabe & Hanzawa (1925, p. 629) have reproduced some topotypic specimens. Their fig. 1 represents lateral lumina uncommon with reticulate forms, and fig. 3 shows pillars developed in the meeting points of roundish to vermicular lateral septa. These features indicate that the species is pustulate. Of course a verification would not be superfluous. The lateral chamberlets develop large lumina, however. The probable microspheric specimen of their fig. 4 shows small lateral chamberlets.

As for the Klias specimens which in same communication have been identified with Schlumberger's species, pl. 3, fig. 8 represents a reticulate form, same is possible with respect to the specimens of pl. 2, fig. 10 and pl. 4, fig. 6?, 7, whereas the specimens of pl. 2, fig. 2; pl. 3, fig. 9 and pl. 4, fig. 3, I consider as pustulate. The other ones not mentioned I cannot interpret.

If *Spir. margaritatus* Schlumb. is pustulate indeed, I agree with Krijnen that his specimens on pl. 1, figs. 1-5 represent that species. On plates II, III and IV I give more figures of this form, apparently deriving from the same locality as Krijnen's specimens (viz. from Sg. Patoeng, stat. 77, Antjam, E. Borneo, L 633). This locality would belong to the Upper part of the Naintopo Beds (v. d. Vlerk 1929, p. 8).

With Yabe & Hanzawa (1925, p. 628) I agree that *Spir. margaritatus* is very similar to *Spir. orbitoideus* H. Douvillé, notwithstanding they are not synonymous (see further below, p. 187).

From the above mentioned population of *S. Pa-toeng* (L 633) I observed that among 69 specimens, 2 (= 3%) at most have not yet developed lateral chamberlets in the second half of the initial coil.

ad *Spir. margaritatus* var. *anghiarensis* Silvestri. The pustulate nature of the surface has been concluded from the appearance of the megalospheric specimen of pl. 2, fig. 7 (Silvestri 1907c). It is a question, whether we have to do with a variety of Schlumberger's species; it rather reminds us of certain variants of *Spir. yabei* v. d. Vlerk (see pl. IV, fig. 9), or *Spir. tidoenganensis* (vide pl. IV, fig. 21).

ad *Spir. tidoenganensis* v. d. Vlerk. The external appearance is well illustrated by Krijnen's pl. 2, fig. 1; the similarity in ornamentation to the microspheric *Spir. granulosus* Boussac (1906, pl. 2, fig. 15) is to be noted. The lateral chamberlets are seen in figs. 2, 3 on pl. 2 of Krijnen's, vide also the present paper, pl. II, fig. 5; pl. III, fig. 12, where more lateral chamberlets are seen. Krijnen's pl. 2, fig. 6, shows the lateral chamberlets of the microspheric form; in the upper right edge we see vermicular chamberlets.

ad *Spir. vermicularis* nov. sp.. A description is contained in Chapter VI.

ad *Spir. wolfgangi* v. d. Vlerk. Krijnen (1931, p. 91) considers it as a synonym of the microspheric *Spir. leupoldi*. The name *wolfgangi* has, however, been given to both pustulate (e.g. loc. L 55 from the Tidoengsche Landen, East Borneo) and reticulate forms (e.g. L 38 from the same region). The latter have developed the megalospheric *Spir. leupoldi*, in my opinion.

ad *Spiroclypeus yabei* v. d. Vlerk (v. d. Vlerk 1925a, pl. 2, fig. 19). Krijnen (1932, p. 105) is of opinion that this species is synonymous with *Spir. pleurocentralis* (Carter 1853). But we are not at all sure, whether Carter's species even belongs to *Spiroclypeus*. The original name of this Arabian form is *Lycophris dispansus* (Carter 1853, p. 165, 174); in 1861 (p. 460, 461) it was revised and called *Heterostegina pleurocentralis*. H. Douvillé (1905, p. 463) considered it as a representative of *Spiroclypeus*. His arguments are: "La confusion faite tout d'abord avec les Orbitoides montre bien que les derniers tours ne sont pas à découvert comme dans les vraies Hétérostégines et que Carter en réalité avait entre les mains un *Spiroclypeus*." The existence of lateral chamberlets with *Heterostegina pleurocentralis* has consequently been deduced from the fact only that it has been first determined as a "*Lycophris*"! The inference does not rely, Carter's original determination being based in reality on the resemblance of the "horizontal face" (= median plane) to *Orbitoides dispansa* seu *prattii* (Carter 1861, p. 461)! From p. 447 of this latter contribution it is evident that Carter did not consider the development of the sidewalls at all when identifying the *Heterostegina* with *Lycophris* in 1853, for follow-

ing has been said concerning "*Lycophris dispansus*"... "Not in Arabia, as far as my observation extends..... I mention expressly that I have not seen it in Arabia, to correct an error which I made in my Memoir on the Geology of South-east Coast of that country....., in stating that the limestone at the village of Takah..... contained also "*Orbitoides prattii* and *O. dispansa*", which latter I have since found out to be *Heterostegina*, whose quadrangular chambers, while the fossils were yet in the matrix, led me to assume that they were *Orbitoides* and thus make the mistake."

The vertical section of the *Heterostegina* has been described as follows: "Internally consisting, except at the prominence, of a single plane of oblong chambers....." This characterization is not decisive of *Spiroclypeus*, the chambers of the prominence may be nothing but the alar lateral chamberlets. Consequently there is no certainty as to the *Spiroclypeus*-nature of Carter's form. Hence, we have to leave it out of account provisionally!

Douvillé's *Spir.?* *pleurocentralis* cannot be exactly identified at the moment, it may be a *Spir. margaritatus*, whereas the section of Douvillé's fig. 9 may have been made from a reticulate *Spiroclypeus*.

ad *Spiroclypeus* sp. (Gorter & v. d. Vlerk 1932, pl. 16, fig. 7). Its pustulate nature is very probable, as can be concluded from the appearance of the lateral chamberlets and their horizontal walls.

ad *Spir. leupoldi* v. d. Vlerk. The reticulate nature of the surface is seen from Krijnen's pl. 3, fig. 1. His fig. 2 on the same plate shows the larger lateral chamberlets covering the median plane, and fig. 3 the well subdivided sidewalls. As I have already remarked in footnote 3, I am not sure, whether Krijnen's fig. 5 represents a reticulate form indeed.

I could determine that with 23 specimens of the population from S. Mesaloï, stat. 102-103, Tidoengsche Landen, East Borneo (L 38) only 3 did not yet develop lateral chamberlets in the first half of the initial whorl.

Spir. leupoldi from L 38 attains a size of 2-3 mm; the protoconch measures 0.1-0.3 mm along the a-axis⁴). The height of the coils at the end of the first whorl varies from 0.21 — 1.2 mm.

ad *Spir. orbitoideus* H. Douvillé. The reticulate appearance of this species can be inferred from H. Douvillé's pl. 14, fig. 6, showing lateral chamberlets with thickened walls, and small pillars occasionally; with the specimen cut tangentially (see in the lower half of the figure) the arrangement of the lateral chamberlets, corresponding with that of the median plane, is obvious. The vertical section of fig. 4 of the same plate represents very regularly arranged lateral chamberlets and thin horizontal walls. All these features are common with reticulate forms. The pillars between the vertical rows of lateral chamberlets with fig. 4 are probably nothing but the sectioned thickened walls of the latter. With *Spir.*

4) The meaning of the "a-axis" is explained in Chapter VI, footnote 9.

orbitoideus a thick umbonal pillar may develop (pl. III, fig. 3).

I already note that the species approaches *Spir. margaritatus* (Schlumb.), vide the remarks concerning the latter species, and also p. 187.

I determined that with 46 specimens of a population from Sg. Riko (Balikpapan Bay, Nr. 394 Z), only 2 had no lateral chamberlets in the first half of the initial whorl.

Spir. (A) orbitoideus of S. Riko attains a diameter of 4-7 mm. The protoconch measures from 0.26-0.7 mm along the a-axis (see footnote 4), whereas the height of the coils at the end of the first whorl varies from 0.5-2.6 mm. *Spir. (A) orbitoideus* is larger than *Spir. leupoldi*, therefore.

Though this review is far from complete, it may be of some use for the recognition of the most common species of *Spiroclypeus*. It would already have achieved its object, if it would stimulate a revision of the species.

IV. *Spiroclypeus* and its allies; its relation to *Discocyclina* and *Orbitoclypeus*.

From the preceding chapter it is obvious that *Spiroclypeus* is a *Heterostegina* which has become more complicate, for it develops intramural cavities in the sidewalls, and interocular stolons perforating the secondary septa. This fact suggests that it evolved from *Heterostegina*, as has been generally agreed. For the present this inference cannot be substantiated by stratigraphical data. It is true that according to Galloway (1933, p. 421) *Heterostegina* would range as far back as the Upper Cretaceous of Mexico, but this statement cannot be corroborated, as Dr. Hans E. Thalmann kindly informs me. Anyhow, *Heterostegina* is known to occur in the Eocene too, e.g. in the region of S. Atan (Koetai), compare table I of Ubahs (1936, p. 193), but the difference in age is too small to be convincing of its earlier appearance. The probable derivation from *Heterostegina* is notwithstanding highly probable, vide Chapter V.

The two genera in question constitute together with *Cycloclypeus* a well defined group of Camerinids, developing rectangular secondary chamberlets. They may be called the *Heterostegininae*. It is to be noted that *Cycloclypeus* represents a separate branch probably originating from *Heterostegina praecursor* Tan 1932.

According to Galloway (1933, p. 447) *Spiroclypeus* is very near to *Discocyclina*, the latter would have evolved from *Spiroclypeus* (Galloway, p. 441)⁵⁾. There are some differences between these two genera, however, which first should be explained, if this view would be acceptable.

With *Spiroclypeus* the secondary stolons are found in the distal end of the secondary septa; with *Discocyclina* analogical (viz. the annular) stolons have devel-

oped, but they perforate the proximal side of the radial septa (compare e.g. M. G. Rutten 1936).

With *Spiroclypeus*, same as with *Heterostegina* and other real Camerinids, the intramural cavities are real canals (e.g. pl. II, figs. 1, 2); with *Discocyclina* we have to do with flat fissures of about the same height as the median layer..... "for, no matter at which height the equatorial chamberlets (with *Disc. papyraceae* Bouée) are cut, one always finds the canals exposed within the septa" (M. G. Rutten 1936, p. 416).

A derivation of the cyclical *Discocyclina* from the spiral *Spiroclypeus* implies the presence of Discocyclines provided with a spiral initial growth (nepionic apparatus), and which are comparable with *Cycloclypeus* or eventually *Eulinderina* Barker & Grimsdale. They have not yet been determined, but this is no essential objection, as with the Lepidocyclines such shapes have been found only in 1936 (vide Barker & Grimsdale). It appears that such transitional shapes can indeed be predicted from the nepionic appearances both of megalospheric and microspheric Discocyclines.

Concerning the megalospheric nepionic apparatus I refer e.g. to *Discocyclina strophiolata* Gumbel (vide Schlumberger 1903, p. 285, fig. 5), and to "*Orthocyclina*" *soeroeanensis* van der Vlerk (1923, p. 98, fig. 1). The former possesses rows of nepionic chamberlets developing from two principal auxiliary chambers and from one single adjacent auxiliary chamber (these terms have same signification as respectively "Haupt-" and "Nebenauxiliarkammern" with the Lepidocyclines, vide Tan 1935b, p. 114). With the "*Orthocyclina*" cited not less than three adjacent auxiliary chambers are seen. Besides these "nephrolepidinish" nepionic apparati, another type is shown by e.g. *Discocyclina prattii* Mich. (Schlumberger 1903, p. 275, fig. a) or *Disc. seunessi* H. Douvillé (1922, p. 57, fig. 1) representing "eulepidinish" arrangements. These similarities to Lepidocyclines, as well as to certain Miogypsines, suggest a derivation of the Discocyclines from ancestors provided with primary coils growing in spiral manner. We find the conclusion fully corroborated by the microspheric nepionic apparatus of *Discocyclina javana* (Verbeek). (The trend of the discussion agrees with that concerning the Lepidocyclines, contained in my work 1936b, p. 255 et seq.).

In the collection of Discocyclines available to me, I have 3 slides, showing the microspheric nepionic apparatus. It appears to be spirally coiled, as has already been suggested by H. Douvillé (1922, p. 57). With the specimen of pl. I, fig. 9 the first 6 post-protoconchal chambers are not subdivided. Then 7 subdivided chambers follow, developing secondary chamberlets which are much broader than long. The last 3 of these 7 subdivided chambers introduce the cyclical growth of the neanic stage. The broad secondary chamberlets in the centre of a microspheric *Discocyclina* seem to be typical of at least of *Disc. javana* Verbeek; their appearance has already been figured by Verbeek & Fennema (1896, pl. 10, fig. 157), and described by Miss Caudri (1934, p. 88, 92).

5) Note the agreement of this view with Silvestri's hypothesis concerning *Orbitoclypeus* 1907 (see further below).

It is a pity that the sections available do not show the stolons between the chamberlets of the spiral⁶⁾, but from the arrangement of the last chambers of the initial spiral, it can be inferred that the cyclical growth must have been rendered possible by the development of a stolo in the dorsal (= posterior) end of the primary septa. Without such a stolo an overlapping growth in backward direction will be impossible. With the specimen of pl. I, fig. 9 the 11th post-PROTOCONCHAL chamber is the first one which covers the dorsal end of the preceding chamber. Therefore, the first dorsal stolo must have developed as early as in the 10th chamber, or even earlier. Moreover, it is to be concluded that the subdivision of the primary took place *before* the proper introductory growth to the cyclical arrangement (= para-nepionic ontogenetical stage, see Tan 1936b, p. 261) has begun. The latter can be concluded from the other slides too, as ever and again the overlapping takes place when several subdivided primary chambers have already developed.

Though no stolons have been observed, from the arrangements observed it is probable that the nepionic apparatus is identically constructed as that of *Cycloclypeus* or *Helicocyclina*, and that it is different from that of *Eulinderina*! The latter being the probable forerunner of *Lepidocyclina* (compare Tan 1936b, p. 254), it is, therefore, highly improbable that *Discocyclina* is related with *Lepidocyclines*! In my opinion *Discocyclina* and *Lepidocyclina* are none but homomorphic in the sense of Nowikoff 1935, p. 388, that is to say, we have to do with analogous constructions which are due to the manifestation of internal potentialities, i.e. to laws inherent of growing and evolving organic forms, and not to similar external milieu. Homomorphs are found with groups of different origin (compare Tan 1936b, p. 275), but are no convergencies.

The ancestors of the *Discocyclines* of the type of *Disc. javana* and most probably of the *Discocyclines* in general, must have developed spirally coiled tests! One may ask, whether these forerunners belong to *Spiroclypeus*. Such an opinion would be based on general similarities only, but since homomorphs have been recognized, and have appeared to be far from uncommon, more arguments are necessary. Dissimilarities as those concerning the place of the interocular stolons, the shape of the intramural cavities, and last not least the broad shape of the secondary chamberlets in the centre of the microspheric test, are to be taken into account. These differences may not be striking, but as long as they cannot be explained from the correspondent features of *Spiroclypeus*, an origin from the latter is not convincing.

Another possibility is the direct descent from *Heterostegina*! In my opinion this is not probable. I point out the difference in the shape of the secondary chamberlets, and in that of the intramural cavities. The mere existence of these lumina is not decisive at all of a derivation from a Camerinid! With the *Miogypsinids* intramural cavities have been determined too, none the less they have originated

from a *Rotalia* (Tan 1936b; Barker & Grimsdale 1937, p. 161 et seq.)!

Above discussion implies that I question, whether *Discocyclina* belongs to the Camerinids at all. Concerning this problem M. G. Rutten points out the concordance of the peripheral equatorial chamberlets with the layers of lateral chamberlets. This feature does not rely as an indication that *Discocyclina* represents a Camerinid, as with *Spiroclypeus*, though representing this family, such a correspondence has not been observed in many cases (compare e.g. the specimens with compact side-walls, and pl. I, fig. 2!), whereas with *Lepidocyclina* which is no Camerinid at all, the correspondence in question may be obvious (e.g. *Lep. (B) gigantea* Martin, see Tan 1935a, pl. 3, fig. 7).

From above discussion it is clear that as yet nor the Camerinid nature of *Discocyclina*, neither its derivation from *Heterostegina* or *Spiroclypeus* has been convincingly demonstrated.

Silvestri is of opinion that *Spiroclypeus* represents an intermediate shape transmitting *Heterostegina* with cyclical forms, which he named *Orbitoclypeus* (1907a, b). The validity of this genus is highly questionable, being based on fully speculative grounds, as may appear from the review given below. My knowledge of the genus is gathered from the following papers of Silvestri (1907a, p. 20; 1907b, p. 63; 1907c, p. 56 et seq.; 1910, p. 119, 132 and 1930, p. 202 et seq.; other contributions of the same author regarding this problem are not accessible to me).

Starting from H. Douvillé's definition of *Spiroclypeus* (1905), according to which the latter is a *Heterostegina* with persistent involute growth, Silvestri (1907a) infers that with *Spiroclypeus* the whorls are consequently more embracing than with "*Heterostegina*" *margaritata* Schlumberger (1902). The forms growing more and more involute, at last a final stage would be reached. The terminal stage, probably corresponding with "*Orthophragmina*," would deserve a special name, viz. *Orbitoclypeus*.

In 1907b Boussea's amended definition of *Spiroclypeus* is reviewed, but considered as of little practical value. A further explanation of *Orbitoclypeus* is given: it would represent a form with cyclic growth, and may be isomorphic with "*Orthophragmina*" or with *Lepidocyclina*. "*Orbitoides aspera* Gumbel" (1868, pl. 3, figs. 13, 14, 33 and 34) would be an example, compare 1907c, p. 59. *Spiroclypeus* would represent the transition between the spiral *Heterostegina* and the cyclical *Orbitoclypeus*.

From 1907c it is evident that the erection of the genus has been induced by Silvestri's view on the further evolution of *Operculina*. The latter would evolve in more and more involute sense, determining the following line of descent: *Operculina* → *Assilina* → "*Nummulites*". When *Heterostegina* is subjected to the same gradual involution, it would first lead to the *Spiroclypeus*-stage, and at last a form, corresponding with "*Nummulites*" of the former lineage, would develop. This final term represents *Orbitoclypeus*. Silvestri admits that its features cannot yet be exactly defined, but according to him some prediction

6) However, the presence of proximally placed annular stolons in the chamberlets of very early annular rows could be determined.

is possible. Its representatives would be found included with "*Orthophragmina*", *Lepidocyclina* or *Cycloclypeus*! From this argumentation we infer that according to Silvestri the involute growth of the sidewalls is accompanied by a cyclical growth of the median plane!

In 1910, p. 132, the genus is defined as an Orbitoidine, developing short rectangular chambers, and never becoming stellate. In 1930, p. 203 it is again stated that it agrees in structure with "*Orthophragmina*", and with certainty Silvestri could inform (p. 205) that its representatives have been included with the "*Orthophragmines*". It is necessary, consequently, to discriminate the latter in two groups ("*Orthophragmina*" s.s. appearing in Danian time) and *Orbitoclypeus* probably developing in the Oligocene.

It is further communicated that the generotype of *Spiroclypeus* (= *Spir. orbitoides* H. Douv.) is an *Orbitoclypeus*, indeed it has been renamed as such (compare Silvestri 1920, p. 67). Moreover, it is stated that the megalospheric *Spir. orbitoides* would not develop spiral coils!

From above statements it is evident that *Orbitoclypeus* is no valid genus. At all events, it has to be called *Spiroclypeus*, for if the generotype of the latter genus represents a *Orbitoclypeus*, as Silvestri indicates (1930), the name given originally, cannot be replaced by one of later date! But independent of this taxonomical question, it appears that we have to do with a misinterpretation of the features of *Spiroclypeus*. The embracing growth of the sidewalls has been associated with the development of annular series of median chamberlets! *Spiroclypei* of this kind are unknown as yet; even those possessing very involute and completely subdivided sidewalls, never develop such annular rows! Furtherly, "*Heterostegina*" *margaritata* is not less involute than *Spiroclypeus orbitoides*, neither is the latter devoid of spiral growth. On the contrary, it is spirally coiled to the last ontogenetical stage. Moreover, *Heterostegina borneensis* v. d. Vlerk (1929, fig. 256) is known, representing a form with a grade of involution not differing in essential from that of *Spiroclypei*, but no annular series have developed (vide v. d. Vlerk 1929, fig. 25a). And finally, *Cycloclypeus* shows annular growth, but its sidewalls are never involute (vide the vertical sections in my paper of 1932)!

It would be very interesting indeed to find *Cycloclypeus*- or *Helicocyclina*-like (vide Tan 1936b, p. 253) descendants of *Spiroclypeus*. Up till now no indication of their existence has been found, though the material available to me, represents very different evolutionary stages. Anyway, such hypothetical shapes have not to be named in anticipation (compare the additions to art. 25 of the International Rules of Nomenclature, Zool. Congr. Budapest 1927)!

According to Galloway (1933, p. 443) *Orbitoclypeus* is characterized by a partial development of hexagonal median chamberlets. We may ask, whether this feature is sufficient for the erection of a new genus; in my opinion it gives no criterium. Anyhow, this name should be *Hexagonocyclina* Ch. Rispoli.

In this connection I point out the opinion of Vaughan 1928, p. 342 (vide Cushman's *Foraminifera*, 1st edition), who revised *Orbitoclypeus cristensis* as a *Discocyclina*, notwithstanding it develops hexagonal equatorial chamberlets too (Vaughan 1924, p. 814).

V. Some morphogenetical remarks concerning *Spiroclypeus*.

The existence of Eocene *Spiroclypei* in the Indo-Pacific region being settled, it is of importance to compare them with younger representatives of the genus, as to determine the probable trends of their evolution, or put otherwise, the probable bioseries they develop. (The term bioseries (= "Merkmalsreihen") has been coined by Swinnerton 1930, p. 391, for the series of evolutionary changes of a "unit" character arranged in chronological order).

The present morphogenetical investigation is far from complete. It has been carried out with the purpose only to have some more data concerning the origin of the *Spiroclypei* and to get a notion of the evolutionary height represented by *Spir. vermicularis* nov. sp.

In Chapter IV we suggested that *Spiroclypeus* is nothing but a *Heterostegina* which became more complicated, and that it has probably been derived from the latter. But this view could not be sufficiently corroborated by the known stratigraphical ranges of the genera in question. This origin is, however, also supported by following facts.

We discriminated two groups of *Spiroclypei*, viz. the pustulate and the reticulate ones. The septa of the lateral chamberlets of the former group are but indistinctly seen on the surface of the test. By this fact the pustulate *Spiroclypei* are most similar to certain *Heterostegines* externally, e.g. to *Heterostegina praecursor* Tan 1932 or *Heterostegina bantamensis* Tan 1932, p. 133, though exact discrimination is always possible, especially by means of vertical sections. From Chapter III it is obvious too that variants, provided with thick and massive sidewalls (e.g. pl. IV, figs. 2, 10, 14), are restricted to the pustulate group⁷⁾. These variants can be considered as ideal-morphologic transitions to *Heterostegina*!

It may be noted, however, that for the moment they cannot be interpreted as primitive representatives, for they have been observed with all pustulate forms, independant of the stratigraphical age. A statistical analysis may change this view, however!

Up till now all Eocene *Spiroclypei* have been identified with the pustulate *Spir. granulosus* Boussa. The Indo-Pacific Eocene forms (*Spir. granulosus* Boussa., and *Spir. vermicularis* nov. sp.) represent this pustulate group too. The reticulate forms have not yet been found in an assemblage containing *Discocyclines* and *Camerines*. It is rather probable, therefore, that the pustulate group, i.e. the one more agreeing with *Heterostegina*, has appeared earlier

⁷⁾ It is not superfluous to mention that the appearance of the pustulate *Spiroclypei* in vertical section is very variable. The various variants derived from the same population, which I figured, may give some idea of this variability. Still other shapes are known.

than the reticulate group. Following remarks will support this conclusion.

The reticulate forms possess lateral chamberlets near the median disc, which are more spacious in general than the equatorial chamberlets. Very correspondent (i.e. spiral) arrangements have been observed, besides (pl. III, fig. 4). With the pustulate we mostly find narrower, though longer (= vermicular) lateral chamberlets, and arrangements differing from the spiral series of the median chamberlets (pl. III, fig. 10). However, pustulate forms are known, which in this respect approach the reticulate representatives (pl. III, fig. 9)!

I mean *Spir. margaritatus* from S. Patoeng, stat. 77 (loc. L 633), Boeloengan (E. Borneo). It is important to know that this locality is the one which in the sequence of the region (described by van der Vlerk 1929, p. 5, 8, etc.) yielded the latest pustulate *Spiroclypei*! The *Spir. margaritatus* it contains approaches by its spacious lateral chamberlets, and their regular arrangement a *Spir. orbitoideus* H. Douv.. Therefore, authors as Silvestri (1920, p. 59), and Yabe & Hanzawa (1926, p. 628) could suggest the identity of these two species. We may conclude that the differences we observe in the development of the lateral chamberlets, when *Spir. vermicularis* and *Spir. margaritatus*, respectively the reticulate forms, are compared, represent probable evolutionary changes.

If we now consider *Spir. tidoenganensis* (pl. II, fig. 5) from loc. L 38 (S. Mesaloi, stat. 102-103, Tidoengsche Landen), and *Spir. yabei* (pl. III, fig. 10) from L 55 (S. Naintoepo, stat. 16, same region), that is to say, pustulate representatives deriving from occurrences which are younger than the locality of S. Atan in Koetai, but older than loc. L 633, it appears that their lateral chamberlets are less vermicular than with *Spir. vermicularis* nov. sp., but more than those of *Spir. margaritatus*! This intermediate development substantiates the opinion that narrow, and vermicular shapes indicate primitiveness.

Above statements suggest that more primitive features have developed with the pustulate group. This supports the view that the appearance of the latter group took place in an earlier time than the reticulate one. As yet we may, moreover, accept that the reticulate *Spiroclypei* have derived from pustulate ones.

It may further be noted that the similarity of the pustulate representatives to *Heterostegina* is of different grade, if one compares the Eocene forms with the later ones. From Chapter VI it will be obvious that with *Spir. vermicularis* still many variants do not develop lateral chamberlets in the sidewalls of the second half of the initial whorl, and that this portion of the test shows radiate septal filaments, known with some *Heterostegines* too (compare my description of *Het. cf. depressa* d'Orb. in 1932, p. 136)! Same has been found with the microspheric *Spir. granulosus* Boussac (1906, pl. 2, fig. 17). With *Spir. (A) margaritatus* (Schlumb.) of loc. L 633 lateral chamberlets are present in the second half of the first coil with practically all variants; with the reticulate *Spiroclypei* this is the case regarding the first half of the initial whorl,

whereas nor *Spir. margaritatus*, neither the reticulate representatives have been found developing radiate septal filaments. With *Spir. tidoenganensis* of pl. II, fig. 5 such radiate septal filaments have neither developed. Furthermore, secondary stolons perforating the secondary septa have not been distinctly seen with *Spir. vermicularis* nov. sp. (vide Chapter VI), with all the *Spiroclypei* of the so-called stage "e" of the Indo-Pacific Tertiaries they have been determined, on the contrary. *Spir. vermicularis* nov. sp. is, therefore, decidedly more similar to *Heterostegina*, than the other *Spiroclypei* considered. We have to infer that the *Heterostegina* features are accelerated with the later *Spiroclypei*!

Summarizing, it is clear that the more primitive *Spiroclypei* are nearer to *Heterostegina* than the advanced ones. This suggests that the former have originated from the latter; i.e. an inference corroborating the usually accepted derivation of *Spiroclypeus*. And besides, we infer that *Spir. vermicularis* nov. sp. is more primitive than any *Spiroclypeus* known in the Indo-Pacific Tertiaries up till now!

The most distinct bioseries have been considered above, viz. the acceleration of the *Heterostegina* features and the changes in the shape of the lateral chamberlets. But I will not conceal that more investigations have to be carried out before we have certainty, that these bioseries are regularly progressive respectively regressiv.

With *Cycloclypeus*, the Lepidocyclinids, the Miogypsinids, and probably with the Discocyclines too, we have determined an acceleration concerning the neopionic growth of the median disc with the megaspheric generation. With *Spiroclypeus* this phenomenon is wanting, for with all species known, in by far the most cases, one single *Operculina*-chamber has developed, whereas specimens with 0 or 2 such chambers are few.

Finishing this Chapter, a similarity with Camerines will be mentioned. With the latter meandriiform as well as reticulate septal filaments are known. The meandriiform arrangement may be compared with the vermicular shape of the lateral chamberlets with *Spiroclypeus* and the reticulate development with the Camerines with the reticulate shape with *Spiroclypeus*. In both cases it appears that the reticulate representatives characterize a younger stratigraphical period.

It will be clear that above statements only aim a flying survey of the bioseries with *Spiroclypeus*. The results are still to be completed, substantiated, and elaborated by a closer investigation of various species deriving from a known sequence. In the meantime above results may, however, give some indication as to the features important for the characterization of the species.

VI. Description of *Spiroclypeus vermicularis* nov. sp.

Pl. I, figs. 7, 8; Pl. II, figs. 6-10;
Pl. III, figs. 13-23; Pl. IV, figs. 11-18.

Material and occurrence. More than 400 specimens from Soengei Atan, Koetai, East Borneo. Leg. Ubahgs.

Megalospheric generation (pl. I, figs. 7, 8; pl. II, figs. 9, 10; pl. III, figs. 15-23; pl. IV, figs. 14-18).

Test flat lenticular, with thin border. Occasionally an excentric, not very prominent boss can be observed on each side of the shell (pl. II, fig. 10; pl. III, figs. 15-18), but in many cases there is only a flat thickening passing nearly insensibly into the thin marginal part (pl. III, figs. 19, 20). An asymmetrical marginal flange is found (see e.g. pl. III, fig. 17), being the terminal part of the last whorl. The test attains a maximum diameter varying from about 1.5 to 4 mm⁸⁾. The ratio of thickness to diameter is about 1 : 3 to 1 : 5.

The surface is provided with column-heads, varying in thickness from about 0.04 — 0.3 mm. Specimens are found of which the pillarheads are small in general (pl. III, fig. 20), other ones develop larger columns on the thickest part of the shell (pl. III, fig. 16), those of the marginal parts are in most cases smaller (compare pl. III, fig. 18 for the exceptions). Sometimes the latter are even lacking; in that case (pl. III, fig. 16) the primary and secondary septa of the median layer can externally be observed. In very few cases (pl. III, fig. 15) the vermicular shape of the lateral chamberlets can be traced on the surface of the shell. As a rule this feature is not seen but in slides (e.g. pl. III, figs. 21, 22).

The pillar-heads on the thickening of the test are placed around a larger not-protruding umbonal column in many cases (pl. II, fig. 10; pl. III, fig. 15), on the thinner parts of the flange they may show a regular arrangement (pl. III, fig. 17), evidently because of the fact that they are rooted on the meeting-points of primary and secondary septa of the median layer.

The various shapes cannot be exactly differentiated as transitions are found. At most we can attempt to discriminate the forms provided with a larger umbonal pillar from those without such a pillar, but it is to be noted that besides intermediates (e.g. pl. III, figs. 16, 17) specimens are found too with a larger umbonal pillar at one side only. The value of such a classification is small, therefore. Notwithstanding, it seems to me that the variants with a centrally placed larger column are more frequent. I found about 175 specimens not developing an umbonal pillar-head, about 215 showing such a pillar, and approximately 80 specimens possessing this column at one side only. For the moment, I prefer to give these variants the same name, as a correlation between external appearance and internal feature is neither obvious, at least it is not determinable with simple methods of description.

In a median section the megaspheric embryonic apparatus (pl. I, figs. 7, 8; pl. II, fig. 9) shows the same features as other Camerinids, i.e. it consists of two chambers: a roundish protoconch and a

kindney-shaped deuteroconch. This latter is normally followed by one single undivided primary chamber (= *Operculina*-chamber). Specimens with more *Operculina*-chambers (at most 2) are exceptions. From in total 90 specimens only 10 show this deviation. One single specimen has been found with two protoconchs (pl. I, fig. 8).

The diameters of the protoconchal chambers are given in table I. 1.75 — 2.75 whorls have developed. The last coil is broad, and in slides incompletely preserved in general. The increase of the height of the first coil is more or less regular (compare pl. I, fig. 7 with pl. II, fig. 9). I measured its height along the prolongation of the so-called b-axis (see footnote 9 on p. 189) through the embryonic apparatus. One of the figures obtained is considered as the breadth of the coil at half of its spiral length, the other as the breadth at the end of the first whorl. The ratio of increase of height is the first cipher divided by the second; this ratio appears to vary from 1 : 1 to 1 : 3. Most common is 1 : $\pm$ 2.

There is a relation between the diameter of the protoconch and the number of coils developed. The larger is the former, the fewer is the number of whorls. It is obvious that complete notion of this relation can only be gathered from a correlation-table (not included in the present paper). To fix the mind the following example may serve: a specimen with a protoconch of 0.08 mm was found to have developed 2.75 whorls; another with a 0.29 mm proloculus showed 1.75 whorls only.

The median chamberlets are more or less rectangular, with somewhat convex front-walls (compare pl. I, fig. 1), and side-walls which are often not parallel to each other (compare pl. I, fig. 4). By the convexity of the front-walls the shape of the equatorial chamber is hexagonal in many cases. This deviation is of no systematic value, as the arrangement of these shapes is not subjected to any regularity in ontogenetical sense. The median chamberlets can be distinguished in apertural (compare pl. I, fig. 4, chamber A) and nonapertural ones. The former are found covering the spiral cord of the preceding wall (compare pl. I, fig. 2, A), containing the aperture (compare pl. I, fig. 4, a).

The dimensions of the chamberlets vary according to their place in the median layer (pl. I, fig. 8; pl. II, fig. 9). As a rule the longer chamberlets are found in the ontogenetically later stages, but in the same primary chamber the chamberlets are of different size. Those near the marginal cord are smaller, whereas the apertural chamberlets are broader in general.

Measurements have therefore to be accompanied by an indication of the spot from which they have been determined. In this paper (see table I) they have been taken from the median chamberlets situated in the axis of the coil at the end of 1.5 whorl (i.e. along the prolongation of the a-axis (see footnote 9) in protoconchal direction).

The number of primary chamberlets between deuteroconch and the prolongation of the a-axis (i.e. at the end of the first whorl) varies from 7-10.

The stolon-system is not well-preserved. The exist-

8) As will appear from the description of the microspheric generation, a discrimination of the generations based on the external features, is not always possible. Anyhow, megaspheric specimens attaining 4 mm in diameter have been found. In respect of the specimens figured on pl. III, figs. 16—18, I am not sure, whether they all are megalospheric indeed, as stated in the explanation of the plate!

ence of (primary) stolons perforating the primary septum at both sides of the secondary septa, could be established (compare Chapter III, p. 180). Concerning the secondary stolons the observations are less reliable, I can only state that their presence is *indicated* in the last whorl.

Intramural canals could be determined, but details are unknown.

In tangential section the lateral chamberlets appear to be of strongly vermicular shape (e.g. pl. I, fig. 7; pl. III, fig. 22). There is no correspondence between the shape, size and arrangement of the lateral chamberlets and the median chamberlets, especially in the layers of the sidewalls near the median plane of the later whorls. In the sidewalls of the initial whorl a correspondence is present, however (pl. III, figs. 21, 22), i.e. the septal filaments are radiate. In the more external layers of the umbonal part of the shell the lateral chamberlets may be less vermicular (pl. III, fig. 23).

Pillars have developed on the lateral septa, being not restricted to their meeting points, however (pl. III, fig. 23).

The appearance in vertical section is very variable (pl. IV, figs. 14-18). It is determined by:

- the stage in which the earliest lateral chamberlets develop,
- the number of rows of lateral chamberlets,
- the thickness of the horizontal walls between the rows of lateral chamberlets, and
- the height of the lateral chamberlets.

These factors determine, whether the sidewalls are well subdivided (pl. IV, fig. 18), or massive (pl. IV, figs. 14, 15). Massive variants are very similar to *Heterostegina*.

The stage in which the first lateral chamberlets — the lumina within the sidewalls are meant, not lateral chamberlets represented by the alar prolongations of the apertural median chamberlets — can be determined as follows. If the deuteroconch is seen in a vertical section (pl. IV, fig. 15), the sidewalls seen in vertical section at the side of the deuteroconch (with pl. IV, fig. 15, the sidewalls in the lower part of the figure) represent parts of the whorls at approximately the end of the 1st, 2nd, etc. whorl. In the other half of the section the features at about the end of the $\frac{1}{2}$ th, $\frac{1}{4}$ th, etc. whorl are seen. If the deuteroconch is wanting in the vertical section (pl. IV, fig. 16), the characteristics of about $\frac{1}{4}$ th, $\frac{3}{4}$ th, $\frac{1}{4}$ th, etc. coil can be observed. But it is obvious that this method of determining the ordinal number of the sectioned sidewalls is far from exact.

With 90 sections available it appears that none shows lateral chamberlets in the first half of the first coil, and about 49 did not show them in the second half of the first coil. In the first half of the second whorl lateral chamberlets are but exceptionally wanting.

The number of lateral chamberlets in the separate sidewalls varies from 1 — 4 rows; the greatest num-

ber of rows are observed in the second whorl, i.e. the greatest number does not occur in the final part of the test in many cases. It is to be noted that in specimens of which the rows of lateral chamberlets are interrupted, the determination of the exact number of the latter cannot be carried out exactly (compare pl. IV, fig. 3).

The thickness of the horizontal walls between the different rows of lateral chamberlets is variable. The most uniform and thinnest development occurs with specimens provided with the greater number of lateral chamberlets (pl. IV, fig. 18). In the same sidewall the thickest horizontal walls are mostly found immediately above the median plane and its alar prolongations (pl. IV, fig. 16).

The lumina of the lateral chamberlets are very low in most cases, but variants with higher lumina (pl. IV, fig. 17) have been observed too.

From above statements it is obvious that the variations in the total appearance of the sidewalls in vertical section can hardly be classified in exact manner.

Microspheric generation (pl. II, figs. 7-8; pl. III, figs. 13, 14; pl. IV, figs. 11-13).

The microspheric forms cannot always be discriminated from the megaspheric representatives (vide footnote 8). They attain a diameter of 4-5 mm. The ratio of the thickness to the diameter is about 1 : 4 or 5. A very excentric umbonal thickening may have developed (pl. III, fig. 13). The surface of umbo and flange is pustulate; the columnheads being of very uniform size (± 0.22 mm).

The median section shows 4-5 coils, the last coil is very broad (pl. II, fig. 7). The protoconch of the specimen of pl. II, fig. 6 measures 0.026 mm. 13 (undivided) *Operculina*-chambers have developed.

Pl. II, fig. 8, pl. IV, figs. 11-13 show several variants of the development of the sidewalls, those of fig. 11 are more common. It appears that sidewalls of the microspheric forms represent about the same variations as with the megalospheric generation. The sidewalls of the innermost whorls develop no lateral chamberlets.

Table I. Measurements of the megaspheric *Spir. vermicularis* nov. sp.

Maximum size of the test:	1.5 — 4 mm.
Ratio thickness to max. diameter:	1 : 3 to 1 : 5.
Thickness of the column-heads:	max. 0.26 mm.
Height Ic^9) of the protoconch:	0.08 — 0.26 mm.
Diameter Ia of the protoconch:	0.08 — 0.29 mm.
" Ib " " " " :	0.09 — 0.26 mm.
Mostly Ia is greater than Ib , the difference varies from	0.01 to 0.04 mm. In fewer cases Ia is smaller.
Diameter Ila of the deuteroconch:	0.09 — 0.33 mm.
" Ilb " " " " :	0.04 — 0.10 mm.
Mostly Ila is larger than Ia (30 specimens), in 10 cases	smaller, and in 4 cases Ia equals Ila .

9) The chambers of the embryonic apparatus have been measured along three axes. Axis "b" runs across both chambers, axis "a" lies in the median plane, perpendicular to the b-axis, and axis "c" is perpendicular to the median plane. Ia means the measurement of the protoconch along a; Ila same measurement with the deuteroconch, etc. I have always measured the lumen (= internal diameter) of the chambers.

Length of the lumen of the median chamb.¹⁰⁾: 0.09
— 0.185 mm.
Breadth of the lumen of the median chamb.¹⁰⁾: 0.08
— 0.115 mm.
Height of the median disc: 0.025 — 0.065 mm.
" " " lumina of the lateral chamb.: 0.006 —
0.020 mm.

Remarks.

From the above description and from Chapter V, it is obvious that the following features are most typical of *Spir. vermicularis* nov. sp.:

- a. the pustulate external surface,
- b. the radiate septal filaments of the initial whorl,
- c. the vermicular lateral chamberlets in the layers of the sidewalls of later whorls near the median disc,
- d. the massive sidewalls of the initial whorls, and
- e. the low lateral chamberlets.

Most important is the vermicular shape of the lateral chamberlets being less variable. This feature renders possible an identification in slides.

In Chapter V (p. 187) we already stated that this species is more primitive than any *Spiroclypeus* from the Indo-Pacific Tertiaries known up till now.

This inference is in full harmony with Ubahgs' result (1936) that the fauna in which it is included, is of Eocene age.

VII. Explanation of plates.

List of the localities:

- Loc. 38L: S. Mesaloi, stat. 102-103 Ars. Tidoengsche Landen. E. Borneo. (Lower Middle Naintoepo Beds). Leg. Leupold.
- Loc. 42L: S. Mesaloi, stat. 113. Fossil horizon "Oeloe Mesalai". Tidoengsche Landen. E. Borneo. (Lower Middle Naintoepo Beds). Leg. Leupold.
- Loc. 55L: S. Naintoepo, stat. 16. Tidoengsche Landen. E. Borneo. (Lower Middle Naintoepo Beds). Leg. Leupold.
- Loc. 67B. Nr. 75: K. Pane (Worowari Eocene). Sheet Bandjarnegara. Middle Java. Leg. Harloff.
- Loc. 394Z: Right tributary of S. Riko, stat. 59K — 60M. Region of the Bay of Balikpapan. E. Borneo. (Leg. Zeijlmans van Emmichoven).
- Loc. 633L: S. Patoeng, stat. 77J. Boeloengan. E. Borneo. (Upper Naintoepo Beds). Leg. Leupold.
- Loc. 665U: S. Atan. Koetai. E. Borneo. (Eocene). Leg. Ubahgs.
- Loc. 1169L: S. Soembal, stat. 669Ng. Tidoengsche Landen. E. Borneo. (Lower Middle Naintoepo Beds). Leg. Leupold.

10) The length of the median chamber has been measured in the axis of the whorl at the end of the 1½th coil (i.e. along the prolongation of the a-axis in protoconchal direction) between the primary septa, and its breadth at same place between the secondary septa.

Loc. "Ferme de Christus" in the proximity of Dax. Dépt. de Landes. S. W. France. (Leg. Leupold).

The stratigraphical data concerning the occurrences of the Tidoengsche Landen and Boeloengan have been adopted from v. d. Vlerk 1929.

List of the species figured:

Spir. margaritatus (Schlumberger) 1902: pl. II, fig. 12; pl. III, fig. 9; IV, figs. 6, 7.

Spir. orbitoideus H. Douvillé 1905: pl. I, figs. 2-4; pl. II, figs. 1-3, 11; pl. III, figs. 1-6; (8, 24: cf.); pl. IV, fig. 1.

Spir. tidoenganensis v. d. Vlerk 1925: pl. II, figs. 4, 5; pl. III, fig. 12; pl. IV, figs. 2-5, 19-21.

Spir. vermicularis nov. sp.: pl. I, figs. 7, 8; pl. II, figs. 6-10; pl. III, figs. 13-23; pl. IV, figs. 11-18.

Spir. wolfgangi v. d. Vlerk 1925: pl. I, fig. 1.

Spir. yabei v. d. Vlerk 1925: pl. I, figs. 5, 6; pl. III, figs. 10, 11; pl. IV, figs. 8-10.

Discocyclina javana Verbeek 1891: pl. I, figs. 9a, b.

The species-names "*wolfgangi*" and "*yabei*", considered as invalid by Krijnen 1931, have been applied again. Compare the remarks in Chapter III, p. 183. It is to be noted, however, that the present paper does not give a full revision of the species.

From the figures of the variants belonging to the same population, it is clear that up till now the variability of the appearance of the sidewalls has not been investigated in a satisfactory manner, e.g. the pustulate individuals developing massive sidewalls were completely unknown. The illustrations included in this communication may give some notion of the range of their variation. For the time being, I am not very convinced that they will be of great value as a criterium for the discrimination of the species.

From the preceding chapters the inadequacy of Krijnen's definition of the various species may be obvious. We have to consider other data than enumerated in Krijnen's table of p. 84.

The original material has been stored in the Geological Museum of the "Dienst van den Mijnbouw", Bandoeng (Java).

Plate I.

Fig. 1. *Spir. wolfgangi* v. d. Vlerk. × 100. Loc. 42L. E. Borneo.

11 „*Operculina*"-chambers have developed.

Figs. 2-4. *Spir. orbitoideus* H. Douvillé. Loc. 394Z. E. Borneo.

2: × 150. The marginal plexus of canals is well preserved.

A = apertural chamberlet.

i = intraseptal canal.

p = primary stolons.

3: × 150. i₁ = intraseptal canals of the primary septa.

i₂ = intraseptal canals of the secondary septa.

s = secondary stolons.

- 4: $\times$ 100. The figure shows the marginal cord of the first quarter of the primary coil and the intraseptal canals in the $1\frac{1}{4}$ th whorl.
 a = aperture.
 A = apertural chamberlet.
 p = primary stolons.
 s = secondary stolons.

Figs. 5, 6. *Spir. yabei* v. d. Vlerk. Loc. 55L. E. Borneo.
 5: $\times$ 15. Same specimen as fig. 1a in text on p. 180.
 6: $\times$ 30. The horizontal walls of the lateral chamberlets are thin.

Figs. 7, 8. *Spir. vermicularis* nov. sp. Loc. 665U. E. Borneo.

- 7: $\times$ 15. The vermicular lateral chamberlets are well preserved.
 8: $\times$ 15. Specimen with two protoconchs.

Figs. 9a, b. *Discocyclus javana* Verbeek. Loc. 67B. Nr. 75. Middle Java.

- 9a: $\times$ 150, 9b: $\times$ 270. Same specimen as 9a. The figures have been orientated in same manner. Note the overlapping growth of the 11th — 13th spiral chamber, and the smallness of the nepionic apparatus when compared with that of the microspheric *Spirocyclus* of fig. 4, see also pl. II, fig. 6. The broad nepionic chamberlets are very obvious.

Fig. 10: $\times$ 20. *Spir. tidoenganensis* v. d. Vlerk. Loc. 38L. E. Borneo.

Plate II.

Figs. 1-3, 11. *Spir. orbitoideus* H. Douvillé. Loc. 394Z. E. Borneo.

- 1: $\times$ 150. The specimen shows the marginal cord of the initial whorl. The intramural canals occur as early as in the protoconchal wall.
 a = aperture.
 p = protoconchal stolo.
 d = deuterconchal stolo.
 2: $\times$ 150. In the right half the chamberlets of the last whorls are seen, and in the left half the marginal cord of the preceding coil. Observe the complicate intramural canal system.
 3: $\times$ 10. Specimen with umbonal pillar. External habitus similar to the specimen of pl. III, fig. 3. Compare the development of its sidewalls with that of the specimens of figs. 4 and 12, the latter representing pustulate forms.
 11: $\times$ 8. Specimen with thickened septa of the lateral chamberlets reminding us of *Lep. formosa* Schlumb. The upper margin shows the rectangular median chamberlets.

Figs. 4, 5. *Spir. tidoenganensis* v. d. Vlerk. Loc. 38L. E. Borneo.

- 4: $\times$ 20. Specimen with large umbonal column. Very similar to the form of fig. 12. Compare with fig. 3 of this plate, which shows the thin and uniform development of the lateral chamberlets and horizontal walls, typical of reticulate *Spirocyclus*.
 5: $\times$ 15. Note the vermicular shape of the lateral chamberlets.

Figs. 6-10. *Spir. vermicularis* nov. sp. Loc. 665U. E. Borneo.

- 6: $\times$ 45. 13 "Operculina" chambers are seen.
 7: $\times$ 15. Note the high last coil.
 8: $\times$ 30. The inner coils have massive sidewalls.
 9: $\times$ 15. Specimen with the lowest increase of the height in the first coil, as far known.
 10: $\times$ 10. Specimen with umbo, and umbonal pillar-head.

Fig. 11. See above sub *Spir. orbitoideus* H. Douvillé.

Fig. 12. *Spir. margaritatus* (Schlumberger). $\times$ 10. Loc. 633L.

Plate III.

Figs. 1-7. *Spir. orbitoideus* H. Douvillé. Loc. 394Z. E. Borneo.

- 1: $\times$ 8. Septa of lateral chamberlets thick. This specimen is by the indistinctness of the spiral arrangement of the lateral chamberlets on the flange very similar to a *Lepidocyclus*.
 2: $\times$ 8. Septa of lateral chamberlets thin, with small pillar-heads.
 3: $\times$ 8. Specimen with large umbonal pillar-head.
 4: $\times$ 10. Note the shape and the arrangement of the lateral chamberlets. Compare with fig. 9 of this plate.
 5: $\times$ 15. Lateral section of the umbo of a specimen like fig. 2 of this plate.
 6: $\times$ 15. Lateral section of the umbo of a specimen like fig. 1 of this plate.
 7: $\times$ 15. Lateral section showing the regular spiral arrangement of the lateral chamberlets, and the pillars.

Figs. 8, 24. *Spir. cf. orbitoideus* H. Douvillé. $\times$ 10. Loc. Ferme de Christus, Dax France.

- 8: Both the lateral chamberlets and the rectangular median chamberlets are seen.
 24: Specimen still adhering to the original rock.

Fig. 9. *Spir. margaritatus* (Schlumberger). $\times$ 15. Loc. 633L.

This specimen develops roundish lateral chamberlets. Observe the difference with the (reticulate) *Spir. orbitoideus* of fig. 4 of same plate.

Figs. 10, 11. *Spir. yabei* v. d. Vlerk. $\times$ 15. Loc. 55L. E. Borneo.

The specimen of fig. 10 shows its vermicular lateral chamberlets in the layers near the median disk. In the umbonal part, where the more superficial layers are seen, the shape is no more vermicular.

- 11: The roundish lateral chamberlets in the superficial layers of the umbonal thickening.

Fig. 12. *Spir. tidoenganensis* v. d. Vlerk. $\times$ 15. Loc. 38L. E. Borneo.

The more superficial lateral chamberlets have been figured.

Figs. 13-23. *Spir. vermicularis* nov. sp. $\times$ 10. Loc. 665U. E. Borneo.

- 13, 14: Probable microspheric specimens.
 15: Exceptional specimen showing its vermicular lateral chamberlets at the surface. An umbonal pillar has developed.
 16-19: Different variants. Fig. 18 shows large pillars on the flange, it may be microspheric; with this specimen the smooth thickening on the margin in the left lower corner of the figure is not an umbo, but an irregularity of the flange.
 21, 22: The shape of the lateral chamberlets in the innermost layers of the sidewalls is shown.
 23: The shape of the lateral chamberlets in the layers near the surface of the test are seen.

Fig. 24: See sub *Spir. cf. orbitoideus* H. Douvillé.

Plate IV.

Fig. 1. *Spir. orbitoideus* H. Douvillé. $\times$ 10. Loc. 394Z. E. Borneo.

Note the great similarity to *Lepidocyclus*.

Figs. 2-5. *Spir. tidoenganensis* v. d. Vlerk. Loc. 38L. E. Borneo.

2: $\times 30$; 3-5: $\times 20$. The variation of the sidewalls, see also pl. II, fig. 4. Compare fig. 3 with Rutten 1925, pl. 1, fig. 6, and fig. 5 with Yabe & Hanzawa 1926, pl. 1, fig. 21.

Figs. 6, 7. *Spir. margaritatus* (Schlumberger). $\times 20$. Loc. 633L. E. Borneo.

The variation of the sidewalls. Compare fig. 7 with Yabe & Hanzawa 1926, pl. 1, fig. 21.

Figs. 8-10. *Spir. yabei* v. d. Vlerk. $\times 30$. Loc. 55L. E. Borneo.

The variation of the sidewalls. See also pl. I, figs. 5, 6. Compare fig. 9 with Silvestri 1907c, pl. 2, fig. 7.

Figs. 11-18. *Spir. vermicularis* nov. sp. $\times 30$. Loc. 665U. E. Borneo.

11-13: Microspheric specimens. Observe the variation of the sidewalls. The specimen of fig. 12 shows large pillars in the flange, compare with pl. III, fig. 18.

14-18: The variation of the sidewalls with the megaspheric generation. The specimen of fig. 14 is very similar to a *Heterostegina*.

Figs. 19-21. *Spir. tidoenganensis* v. d. Vlerk. $\times 30$. Loc. 1169L. E. Borneo.

The variation of the sidewalls. Compare fig. 21 with Silvestri 1907c, pl. 2, fig. 7, and with fig. 9 of this plate.

VIII. Literature cited.

Barker, R. W. & Grimsdale, F. F. -1936- A Contribution to the Phylogeny of the Orbitoidal *Foraminifera* with Descriptions of New Forms from the Eocene of Mexico. *Jo. Paleont.*, 10, p. 231.

— & —, -1937- Studies of Mexican Fossil *Foraminifera*. *Ann. Mag. Nat. Hist.* (10), 19, p. 161.

Boussac, J. -1906- Développement et Morphologie de quelques Foraminifères de Priabona. *Bull. Soc. Géol. France* (4), 6, 1906, p. 88.

Carpenter, W. B., Parker, W. K. & Jones, T. R. -1862- Introduction to the Study of the *Foraminifera*.

Carter, H. J. -1853- Descriptions of Some of the Larger Forms of Fossilized *Foraminifera* in Scinde, with Observations on their Internal Structure. *Ann. Mag. Nat. History* (2), 11, p. 171.

—, -1861- Further Observations on the Structure of *Foraminifera*, and on the Larger Fossilized Forms of Scinde, &c. *Ibid.* (3), 8, p. 446.

Caudri, C. M. B. -1934- Tertiary Deposits of Soemba.

Chapman, F. & Crespín, I. -1932- Rare *Foraminifera* from Deep Borings. III. *Roy. Soc. Victoria*, 44, p. 92.

de Cizancourt, M. -1933- Foraminifères priaboniens de Bukowiec (Karpates Polonaises Orientales). *Bull. Service Géol. Pologne*, 7, p. 753.

Cushman, J. A. -1933- *Foraminifera*, Their Classification and Economic Use. 2d edition.

David, E. -1933- Les grands foraminifères miocènes de la zone désertique syrienne. *Contr. à l'étude géol. Syrie Septentrionale. Notes & Mém. Haut-Comm. Syrie et Liban*, 1, p. 120.

Douvillé, H. -1905- Les foraminifères dans le Tertiaire de Bornéo. *Bull. Soc. Géol. France* (4), 5, p. 435.

—, -1922- Revision des Orbitoïdes. II. *Ibidem*, (4), 22, p. 55.

—, -1925- Revision des Lépidocyclines II. *Mém. Soc. Géol. France*, 2, p. 51.

Ehrmann, F. & Flandrin, J. -1935- Au sujet des grandes Lépidocyclines de l'Eocène des Beni-Afeur

(S. de Taher, Dépt. de Constantine). *C. R. Ac. Sci.*, 200, p. 152.

Galloway, J. J. -1933- A Manual of *Foraminifera*. Gorter, N. & van der Vlerk, I. M. -1932- Larger *Foraminifera* from Central Falcon (Venezuela). *Leidsche Geol. Meded.*, 4, p. 94.

Gümbel, C. W. -1868- Beiträge zur Foraminiferenfauna der nordalpinen Eocäugebilde. *Abhand. Bayr. Ak. Wiss. II. Cl.* 10.

Henson, F. R. S. -1936- Les grands foraminifères de l'Oligocène de Palestine. *C. R. Ac. Sci.*, 202, p. 861.

Hetzel, W. H. -1936- Verslag van het onderzoek naar het voorkomen van asfaltgesteenten op het eiland Boeton. *Versl. en Meded. Indische delfstoffen en hare toepassing*, 21, Dienst v/d Mijnbouw.

Hofker, J. -1927- The *Foraminifera* of the Siboga-Expedition I. Mon. I. Uitkomsten zoöl., botanisch, &c. verzameld a. b. H. M. "Siboga".

Krijnen, W. F. -1931- Het genus *Spiroclypeus* in het Indo-Pacifische gebied. *Verhand. Geol. Mijnb. Gen. (Geol. Serie)*, 9, p. 77.

Liebus, A. -1931- Die fossilen Foraminiferen. Eine Einführung in die Kenntnis der Gattungen.

Mawson, D. & Chapman, F. -1935- The Occurrence of a Lower Miocene Formation on Bougainville Island. *Transact. Roy. Soc. South Australia*, 59, p. 241.

Montgomery, J. N. -1920/1929- A Contribution to the Tertiary Geology of Papua. Oil Exploration Papua and New Guinea. Anglo-Persian. Vol. 4.

Nowikoff, M. -1935- Homomorphie, Homologie und Analogie. *Anat. Anzeiger*, 80, p. 252.

Nuttall, W. L. F. -1926- A Revision of the Orbitoids of Christmas Island. *Quart. Jo. Geol. Soc. London*, 82, p. 22.

Renz, O. -1936- Stratigraphische und mikropaläontologische Untersuchung der Scaglia (Obere Kreide-Tertiär) im zentralen Apennin. *Ecl. Geol. Helvetiae*, 29, p. 1.

Rutten, L. -1925- Over fossilhoudende tertiaire kalksteenen uit Britsch Noord Borneo. *Verhand. Geol. Mijnb. Gen. (Geol. Serie)*, 8, p. 415.

Rutten, M. G. -1936- On an Interseptal Canal System in the Foraminiferal Species *Discocyclina papyracea* (Boubée). *Proc. Kon. Ak. Wetensch. Amsterdam*, 39, p. 413.

Schlumberger, C. -1900- Note sur le genre *Mio-gypsina*. *Bull. Soc. Geol. France* (3), 23, p. 327.

—, -1902- Note sur un *Lepidocyclina* nouveau de Borneo. *Samml. Reichsmus. Leiden*, 6, p. 254.

Schlumberger, C. -1903- Troisième note sur les Orbitoïdes. *Bull. Soc. Géol. France* (4), 3, p. 273.

Senn, Alfr. -1935- Die stratigraphische Verbreitung der tertiären Orbitoiden, mit spezieller Berücksichtigung ihres Vorkommens in Nord-Venezuela und Nord-Marokko. *Ecl. Geol. Helvetiae*, 28, p. 51.

Silvestri, A. -1907a- Review of H. Douvillé's paper 1905. *Riv. Ital. Paleont.*, 13, p. 20.

—, -1907b- Review of J. Boussac's paper 1906. *Ibid.*, 13, p. 61.

—, -1907c- Considerazioni paleontologiche e morfologiche sui generi *Operculina*, *Heterostegina* e *Cycloclypeus*. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 26, p. 29.

—, -1910- Lepidocycline sannoisiane di Antonimina in Calabria. *Mem. Pont. Acc. Romana N. Lincei*, 28.

—, -1920- Fossili rari e nuovi in formazione paleogene. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 39, p. 57.

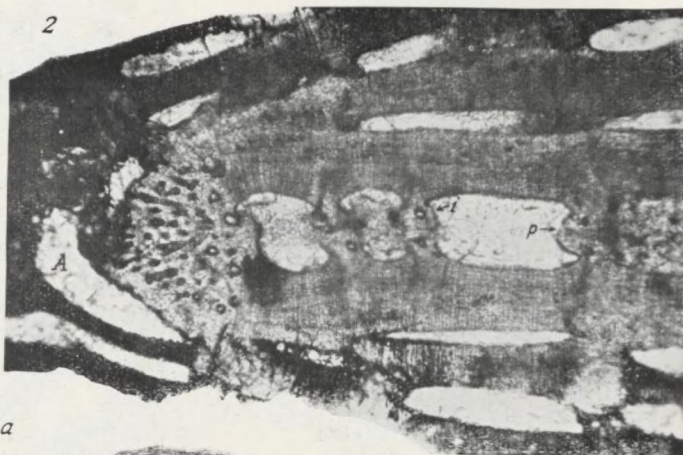
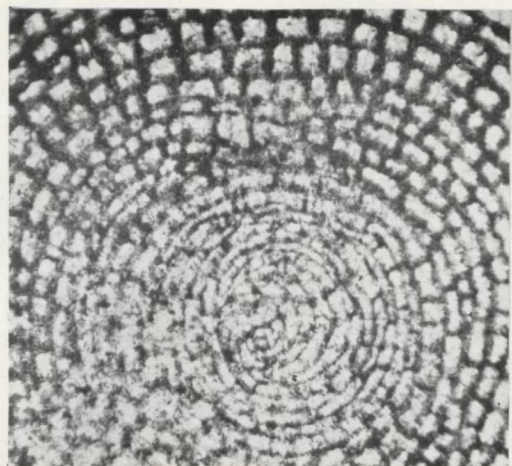
—, -1924- Fauna paleogenica di Vasciano presso Todì I. *Ibid.*, 42, p. 1.

—, -1930- Fauna paleogenica di Vasciano presso Todì II. *Ibid.*, 48, p. 185.

Swinerton, H. H. -1930- Outlines of Palaeontology. 2d Ed.

Tan Sin Hok. -1930- Over *Spiroclypeus*, met opmerkingen over zijn stratigraphische verbreiding. "De Mijnningen", 11, p. 180.

—, -1932- On the Genus *Cycloclypeus* Carpenter. I. *Wetensch. Meded.*, 19, Dienst v. d. Mijnbouw.



9a



6

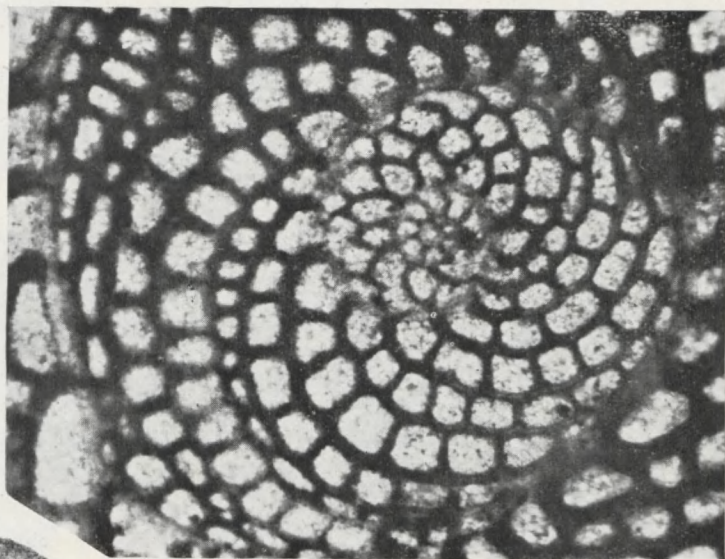


7



1

8



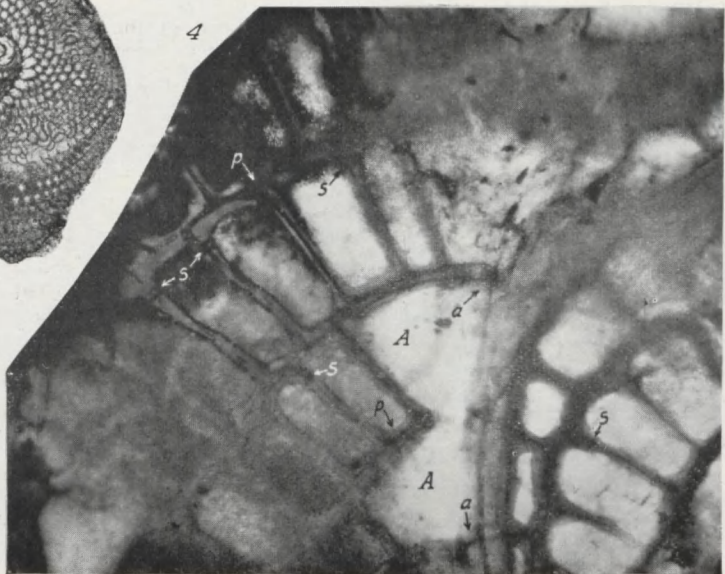
3

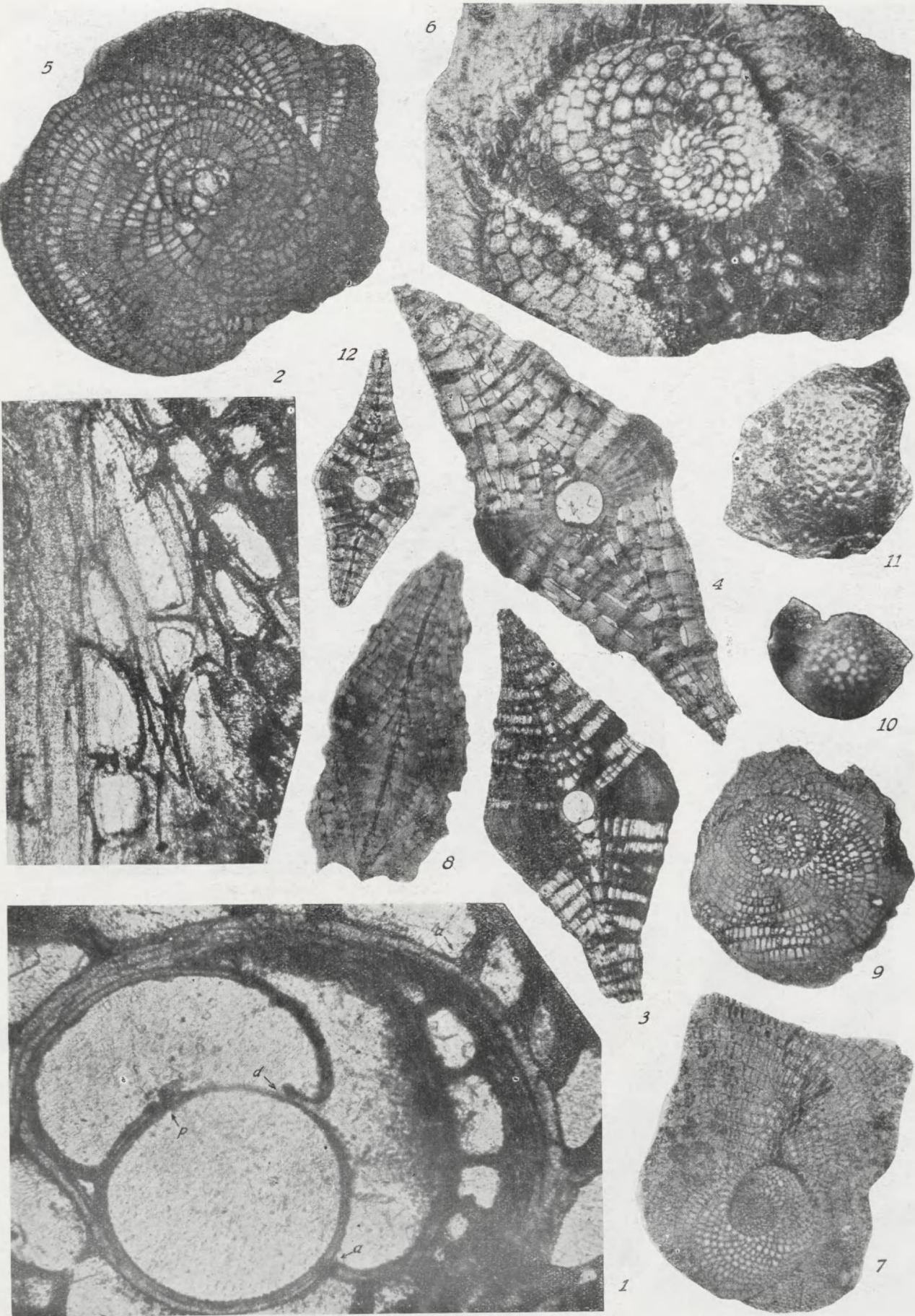


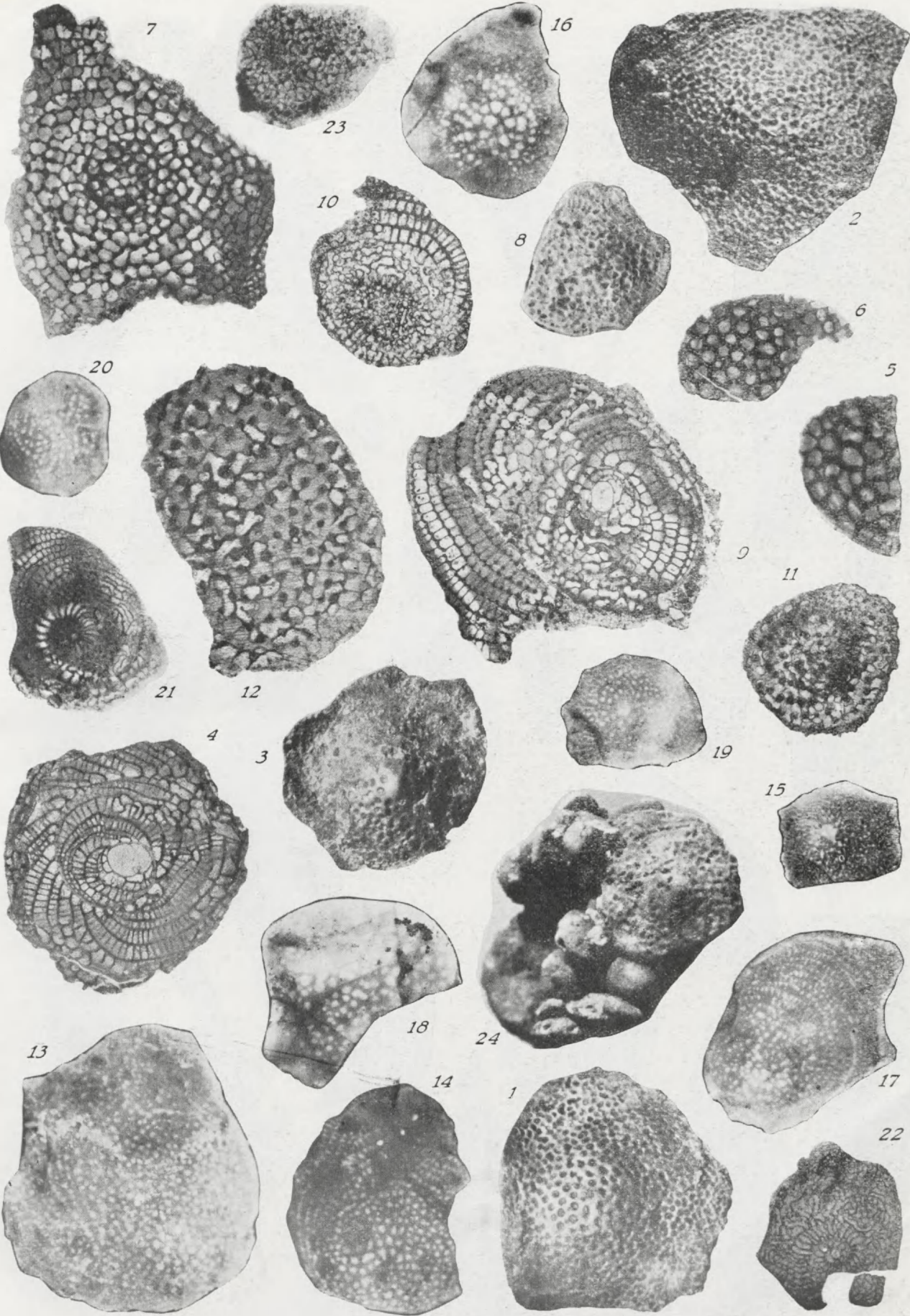
5

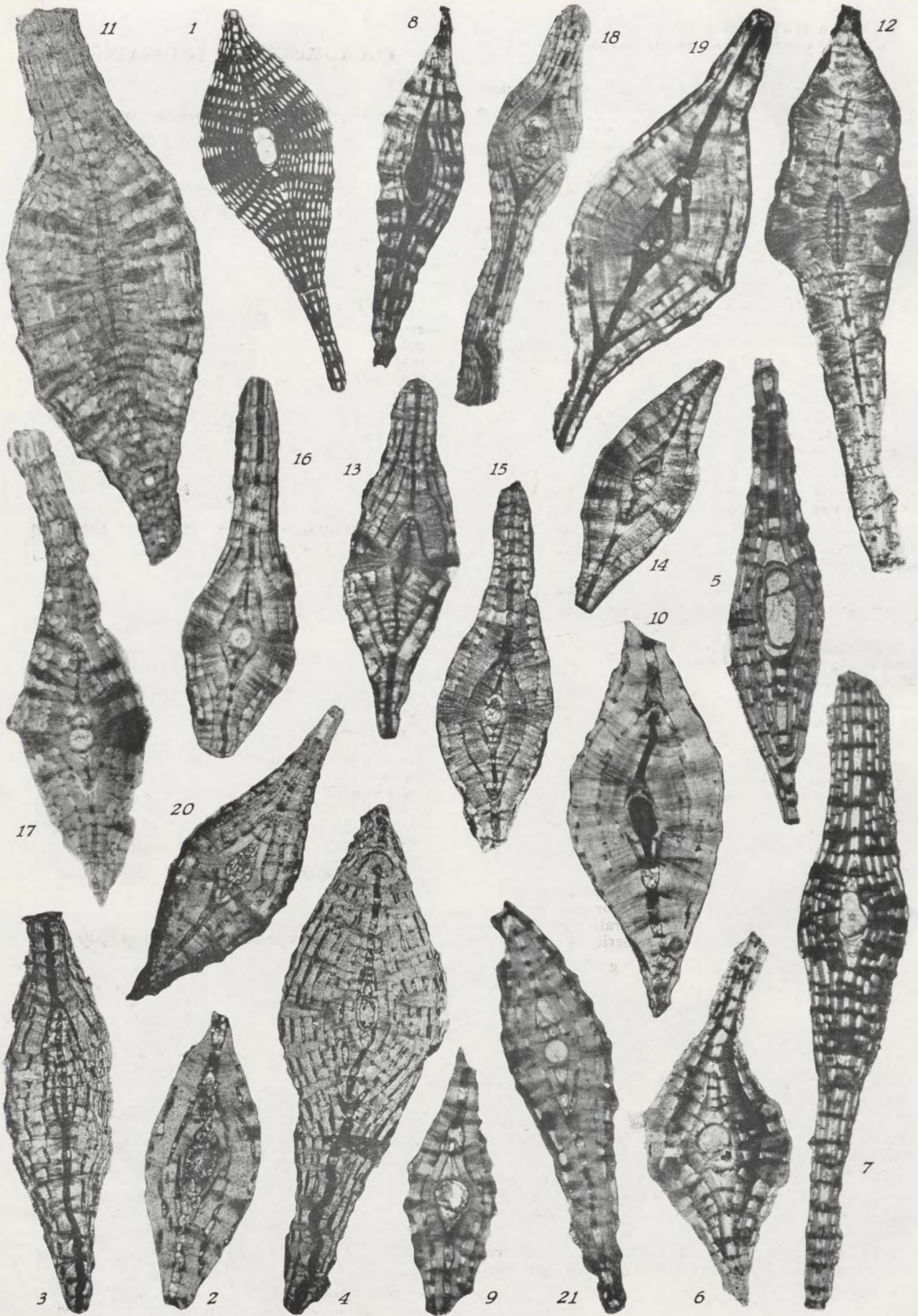


4









Tan Sin Hok. -1935a- Über *Lepidocyclina gigantea* K. Martin von Süd-Priangan, etc. Ing. Ned.-Indië (IV), 2, p. 1.

—, -1935b- Die peri-embryonalen Äquatorialkammern bei einigen Orbitoididen. Ibid. (IV), 2, p. 113.

—, -1936a- Zur Kenntnis der Miogypsiniden. Ibid. (IV), 3, p. 45 et seq.

—, -1936b- Zur Kenntnis der Lepidocycliniden. Natuurk. Tijdschr., 96, p. 235.

—, -1936c- Bemerkungen über die Cycloclypeen von Sipoera (Mentawai Inseln). Geol. & Mijnb., 15, p. 57.

Tappenbeck, D. -1936- Über tertiäre Foraminiferegesteine von Sipoera (Mentawai Inseln). Proc. Kon. Ak. Wetensch., 39, p. 661.

Ubahgs, J. G. H. -1936- De geologie van een gebied in Noord Koetai (Oost Borneo) gekenmerkt door *Spiroclypeus*-houdend Eoceen. Ing. Ned.-Indië (IV), 3, p. 183.

Umbgrove, J. H. F. -1928- Het genus *Pellatispira* in het indo-pacifische gebied. Wetensch. Meded., 10, Dienst v. d. Mijnbouw.

—, -1929- Tertiary Sea Connections between Europe and the Indo-Pacific Region. Proceed. 4th Pan Pacif. Congress. Bandoeng, Vol. IIA, p. 91.

—, -1936- *Heterospira*, a New Foraminifera Genus from the Tertiary of Borneo. Leidsche Geol. Meded., 8, p. 155.

—, -1937- A New Name for the Foraminiferal Genus *Heterospira*. Leidsche Geol. Meded., 8.

Vaughan, T. W. -1924- American and European Tertiary Larger Foraminifera. Bull. Geol. Soc. America, 35, p. 785.

Vaughan, T. W. -1928- *Orbitoididae*. In Cushman's Foraminifera etc. 1st ed.

—, -1933- Idem. 2d ed.

Vander Vlerk, I. M. -1923- Een overgangsvorm tusschen *Orthophragmina* en *Lepidocyclina* uit het Tertiair van Java. Verhand. Geol. Mijnb. Gen. (Geol. Serie), 7, p. 91.

—, -1925a- A Study of Tertiary Foraminifera from the "Tidoengsche Landen" (E. Borneo). Wetensch. Meded., 3, Dienst v. d. Mijnbouw.

—, -1925b- Het foraminiferen-genus *Spiroclypeus* en zijn beteekenis voor de stratigraphie van het Tertiair van den Indo-Australischen Archipel. Verhand. Geol. Mijnb. Gen. (Geol. Serie), 8, p. 561.

— & Umbgrove, J. H. F. -1927- Tertiaire gidsforaminiferen van Nederlandsch Oost-Indië. Wetensch. Meded., 6, Dienst v. d. Mijnbouw.

—, -1929- Groote foraminiferen van N. O. Borneo. Wetensch. Meded., 9, Dienst v. d. Mijnbouw.

Verbeek R. D. M. & Fennema, R. -1896- Description géologique de Java et Madoura.

Yabe, H. & Hanzawa, S. -1925- A *Lepidocyclina* limestone from Klias Peninsula, B. N. Borneo. Verhand. Geol. Mijnb. Gen. (Geol. Serie), 8, p. 617.

— & —, -1926- A Foraminiferous Limestone, with a Questionable Fauna, from Klias Peninsula, B. N. Borneo. Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ. Sendai, 9, p. 1.

Zuffardi-Comerci, R. -1929- Di alcuni foraminiferi terziari dell' Isola di Borneo. Boll. Soc. Geol. Ital., 47, p. 127.

Bandoeng, June 1937.

ECONOMISCHE MEDEDEELINGEN.

Productie-cijfers van Aardolie in kgtonnen.

	1937		1936	
	Aug.	t/m Aug.	Aug.	t/m Aug.
Java en Maadoera.....	90 278,1	606 451,8	34 472,4	272 208,5
Noord-Sumatra.....	71 851,3	525 956,6	53 731,8	444 129,9
Palembang...	236 513,4	1 850 505,-	234 889,2	1 817 035,-
Djambi.....	77 636,2	576 339,1	56 790,7	407 807,3
Oost-Borneo..	83 913,4	667 640,1	89 065,2	664 450,9
Tarakan.....	61 549,5	487 675,7	56 389,3	493 524,7
Boenjoe.....	—,-	262,1	348,2	3 975,5
Ceram.....	5 500,- ¹⁾	43 743,4	5 154,3	30 657,4
Nederlandsch-Indië.....	627 241,9	4 758 573,8	530 841,1	4 133 789,2

¹⁾ Geschat.

Productie-cijfers van Steenkolen in kgtonnen.

	1937		1936	
	Aug.	t/m Aug.	Aug.	t/m Aug.
Gouvernementsbedrijven	75 591,-	555 087,-	58 090,-	488 990,-
Steenkolen Mij „Parapattan”	23 000,- ¹⁾	188 175,-	18 560,-	168 680,-
Oost Borneo Maatschappij	6 134,-	51 728,-	5 813,-	50 302,-
Loa-Boekit kolenmijnen..	2 500,- ²⁾	18 803,-	1 807,5	21 368,25
Loa-Teboe kolenmijnen..	2 003,-	15 611,-	2 148,-	13 667,7
Toecajan.....	119,-	119,-	—,-	—,-

¹⁾ Geschat; werkelijke productie Juli 1937 23 110,- kgton.

²⁾ Geschat.

Mijnbouw Maatschappij Moeara Sipongi.

Gedurende de maand Augustus werden:

2 241 tons erts vermalen van } 6,5 g goud per ton.
gemiddeld } 5,— g zilver „ „

Geëxtraheerd werden ca. 12 235 g goud en ca. 6 505 g zilver ter gezamenlijke waarde van $\pm f$ 23 000,—.

De bedrijfskosten over Aug. bedroegen $\pm f$ 25 000,—, terwijl voor montage werd uitgegeven $\pm f$ 4 000,—.

Mijnbouw Maatschappij Simau.

Gedurende de maand Augustus werden:

7 495 tons vermalen van } 9,4 dwts goud per ton.
gemiddeld } 111,— „ zilver „ „

2 625 „ sands,

4 454 „ slimes en

285 „ concentraten behandeld.

Geëxtraheerd werden ca. 3 073 ozs. goud en ca. 37 588 ozs. zilver ter gezamenlijke waarde van $\pm f$ 219 000,—.

De bedrijfskosten over Aug. bedroegen $\pm f$ 107 000,—, terwijl voor montage werd uitgegeven $\pm f$ 3 000,— en voor prospecteeren der vergunningsterreinen $\pm f$ 1 000,—.

Mijnbouw Maatschappij Redjang Lebong.

Gedurende de maand Augustus werden te Lebong Donok 3790 ton erts met een gemiddeld gehalte van 5,59 g goud per ton afgebouwd. In de Stamperbatterij en Cylindermolens werden vermalen 2820 ton erts, waarvan het gemiddeld gehalte aan goud en zilver, na deze installaties te hebben gepasseerd, resp. op 4,03 g en 20,9 g per ton werd vastgesteld.

In de Cyanide-installatie werden behandeld: 175 ton zand met 4,21 g goud en 22,53 g zilver per ton en 1415 ton slijk met 3,81 g goud en 20,12 g zilver per ton, waarbij een extractie werd bereikt van 88,5 % voor goud en 89,6 % voor zilver. De waarde van de productie wordt geschat op f 11 560,—.

Gedreven werden: 88 m voor prospecteeren en 77,4 m voor developpeeren.

De momenteele verliezen aan goud in de batterij, molens en tanks zijn relatief groot, hetgeen veroorzaakt werd door de omstandigheid, dat bij nieuwe of geheel schoon gemaakte installaties een gedeelte van het in het verwerkte erts aanwezige goud wordt vastgehouden, dat eerst bij een algeheele schoonmaak gewonnen wordt. Zodoende werd na stopzetting van het bedrijf in December jl. de „final clean up” (zie jaarverslag 1936, pag. 4) een hoeveelheid edelmetaal ter waarde van f 120 000,— verkregen, dat uit de vroegere bedrijfsperiode was achtergebleven. Door vorenvermelde oorzaak is het uiteraard vanzelfsprekend, dat de verwerkingsinstallatie niet onmiddellijk na het opnieuw in bedrijfstellen normale resultaten heeft kunnen opleveren.

Door gebrek aan de noodige afbouwfronten in de mijn en door een tijdelijk tekort aan mijnkoelies was zoowel

de hoeveelheid afgebouwd, als ook de hoeveelheid vermalen erts ver beneden de normale productie; binnen enkele maanden kan worden verwacht, dat de productie op het gewone peil zal zijn gebracht.

PERSONALIA.

Wegens zesjarigen dienst is aan ir. M. E. Akkersdijk, ingenieur bij den Dienst van den Mijnbouw, acht maanden verlof naar Europa verleend, met ingang van 1 Juni 1938.

Wegens zesjarigen dienst is aan mr. P. R. Tak Labrijn, wd. adj. referendaris bij den Dienst van den Mijnbouw, acht maanden verlof naar Europa verleend, met ingang van 1 December 1937.

Benoemd tot ingenieur bij den Dienst van den Mijnbouw, ir. G. Pott, ambtenaar op nonactiviteit, laatstelijk ingenieur bij den Dienst van den Mijnbouw.

Wegens zesjarigen dienst is aan ir. E. J. Beens, Leider der Boekitasem-steenkolenmijnen, acht maanden verlof naar Europa verleend, met ingang van 2 April 1938.