6e JAARGANG
NUMMER 9

SEPTEMBER
1939

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

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

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

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

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

I. ALGEMEEN GEDEELTE.

INHOUD: Het bouwen in seismisch gebied, door C. P. Brest van Kempen. — Het plooien van een vlakke plaat, die op een elastisch-isotrope halfruimte is opgelegd, met een toepassing op de golfvorming in wegverhardingen, door prof. ir. P. P. Bijlaard. — Viering van den negentienden verjaardag der Technische Hoogeschool te Bandoeng. — *Varia*: De wereldtentoonstelling 1939 te New-York. — *Berichten van allerlei aard.* — *Boekbespreking.* — *Ontvangen geschriften.* — *Personalia* — *Koninklijk Instituut van Ingenieurs*: Bestuursmededeelingen.

Het bouwen in seismisch gebied

door

C. P. BREST VAN KEMPEN,

Luitenant-Kolonel der Genie van het Koninklijk Nederlandsch-Indische Leger.

Woord vooraf.

Bij besluit van den Gouverneur-Generaal van Nederlandsch-Indië van 8 Mei 1933 No. 9 werd aan schrijver van dit artikel opgedragen, in Japan de maatregelen te bestudeeren, welke aldaar bij gebouwen tegen aardbevingsgevaar worden toegepast, welke studie in het bijzonder moest omvatten de te Tokio en Yokohama na de groote aardbeving van 1 September 1923 toegepaste maatregelen bij nieuwe gebouwen en voorts ook zoo noodig de toegepaste maatregelen in andere gebieden daar te lande, welke door aardbevingen van meer recenten datum waren geteisterd.

Ter voldoening aan de verstrekte opdracht is schrijver in Juni en Juli 1933 in Japan geweest.

Te Tokio werd terzake voorlichting ontvangen van:

a. professor Mishio Ishimoto van de Keizerlijke Universiteit, bekend deskundige op het gebied van de seismologie, en directeur van het Instituut voor onderzoek van aardbevingen („Earthquake Research Institute"), een instelling, welke in November 1925 in het leven werd geroepen in de keizerlijke universiteit te Tokio en waarbij verschillende deskundigen werkzaam zijn, die over goed uitgeruste laboratoria en over het geheele land verspreid gelegen seismologische stations beschikken, tot het doen van waarnemingen en onderzoekingen.

De werkzaamheden van dit instituut hebben ten doel, meer kennis te verwerven omtrent het wezen der aardbevingen en doeltreffende maatregelen te vinden, ter beperking dan wel zoo mogelijk ter voorkoming van seismische vernielingen. De resultaten der verrichte onderzoekingen worden regelmatig gepubliceerd in de „Bulletins of the Earthquake Research Institute";

b. professor A. Imamura van de Keizerlijke Universiteit, voorzitter van de commissie voor onderzoek van aardbevingen („Imperial Earthquake Investigation Committee"). Deze commissie bestaat reeds sinds 1892 en heeft een overeenkomstige taak als het vorengenoemde Instituut voor onderzoek van aardbevingen.

Naar aanleiding van de aardbeving van 1 September 1923 stelde de commissie een zeer uitgebreid onderzoek in, waarvan de resultaten zijn neergelegd in haar rapport nr. 100, dat in de Japansche taal en met Japansche karakters gedrukt, is verschenen;

c. professor Naito van de Waseda-Universiteit aldaar, een ervaren deskundige op het gebied van gebouwen, welke bestand zijn tegen aardbevingen. In September 1923 werd hij aangezocht, deel uit te maken van de hiervoren onder *b* genoemde commissie voor onderzoek van aardbevingen en als lid dier commissie werd door hem een belangrijke bijdrage geleverd voor het vorengenoemde rapport nr. 100, welke bijdrage de beschadiging van gebouwen met stalen skelet door de aardbeving behandelt. Vele belangrijke gebouwen in Japan, gebouwd in seismisch gebied na September 1923, werden ontworpen door professor Naito.

d. Dr. K. Muto, assistent voor het onderwijs in de bouwkunde aan de Keizerlijke Universiteit aldaar.

Voorts werden bezoeken gebracht aan verschillende in aanbouw zijnde bouwwerken in de stad Tokio, waaronder verdiepingsgebouwen in gewapend beton en gebouwen met een staalskelet, alsmede houten gebouwen, waarbij van de uitvoerders ter plaatse voorlichting werd ontvangen.

Bij het samenstellen van de ondervolgende verhandeling werd uiteraard gebruik gemaakt van de in Japan verkregen kennis en ook van elders terzake verschenen literatuur. Door bijzondere omstandigheden is het niet mogelijk geweest, deze verhandeling, welke in 1935 werd afgesloten, eerder dan thans te publiceeren.

In Nederlandsch-Indië, met name op Java, Sumatra, Celebes, Nieuw-Guinea, de Kleine Soenda-eilanden, Ambon en Ceram liggen groote dichtbevolkte gebieden, welke herhaaldelijk worden geteisterd door aardbevingen, waarvan de intensiteit meermalen niet geringer is dan die van de vernielende aardbevingen in Japan, Californië en Italië. Telkenmale komt het hier te lande dan ook voor, dat aardbevingen een zeer ernstige schade veroorzaken aan gebouwen en de zich daarin bevindende goederen, — een schade welke uiteraard een groot verlies aan kapitaal beteekent — terwijl zulks dikwijls gepaard gaat met het verlies van vele menschenlevens tengevolge van het instorten van gebouwen. Het is dus zeker noodzakelijk, dat ook in de seismische gebieden van Nederlandsch-Indië, evenals zulks in Japan, Californië en Italië geschiedt, bij het ontwerpen en uitvoeren van bouwwerken de daartoe bij ervaring reeds doelmatig gebleken maatregelen in acht worden genomen, waardoor de gebouwen zoo goed mogelijk bestand zijn tegen aardbevingen.

HOOFDSTUK I.

De beweging van den grond bij aardbevingen.

Korte inhoud.

Uiteenzetting van de wijze waarop de grond tijdens een aardbeving beweegt. — Bepaling van de versnelling, periode en amplitude der beweging. — Beteekenis van de accelerometrische seismograaf voor het verkrijgen van gegevens voor het ontwerpen van gebouwen. — Beweging van den bodem tijdens de Japansche aardbeving van 1 September 1923. — Sterkteschalen voor aardbevingen. — Invloed van de grondsoort op de intensiteit der aardschokken. — In het aardbevingsgebied is binnen één minuut na het begin der beving reeds over het lot der aanwezige gebouwen beslist.

1. Analyse van de bodembewegingen.

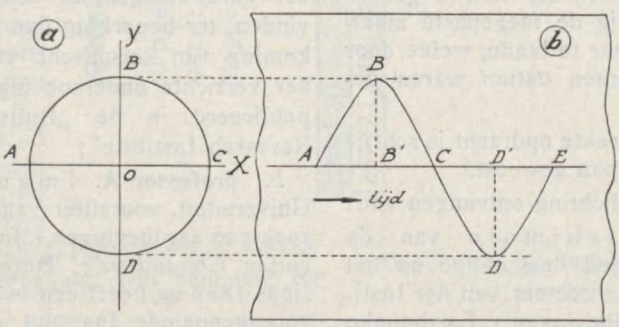
De volgende drie factoren zijn ten aanzien van de slingerende beweging van den bodem bij aardbevingen van belang:

1e. de versnelling, waarmede bedoeld wordt de *maximum* versnelling, welke aan den bodem c.q. aan een gebouw, door de kracht van de aardbeving wordt gegeven.

2e. de periode, zijnde de tijd uitgedrukt in secunden, benoodigd voor een volledige heen- en weergaande slingering.

3e. de amplitude, zijnde de slingerwijdte van de beweging, gerekend van af het rustpunt tot aan den uitersten stand.

Eenvoudigheidshalve wordt vaak aangenomen, dat de beweging een enkelvoudige harmonische slingering is (*fig. 1*). Wanneer punt *A* (*fig. 1a*) zich volgens een cirkel met een eenparige snelheid beweegt langs *B*, *C*, *D*, enz., zal de projectie van *A* op de *X*-as c.q. *Y*-as zich verplaatsen volgens een enkelvoudige harmonische slingering. De beweging van deze projectie zal, indien zij op een met eenparige snelheid bewogen papierstrook wordt opgeteekend, een sinuslijn zijn (*fig. 1b*); alsdan is de amplitude gelijk BB^1 (*fig. 1b*), terwijl de totale lengte $BB^1 + DD^1$ van



Papierstrook zich met eenparige snelheid in → richting verplaatsende terwijl de schrijfstift in ↓ richting volgens een harmonische slingering wordt bewogen.

Fig. 1. Enkelvoudige harmonische slingeringen.

één volledige slingering in onderstaande beschouwingen de dubbele amplitude zal worden genoemd.

De amplitude wordt door middel van een seismograaf in elk van de drie rechthoekig ontbondenen der beweging: in verticale, N.-Z. en O.-W. richting opgeteekend en kan daarna worden gemeten.

De maximum versnelling der aardbeving is één van de belangrijkste gegevens, welke voor het ontwerpen van een gebouw noodig zijn. Voor wat betreft de aardbevingen, welke tot enkele jaren geleden in de verschillende aardbevingsgebieden der aarde plaats vonden, werd zij afgeleid uit de eventueel verkregen seismogrammen, waarop de amplitude en de periode werden gemeten. De maximum versnelling a werd dan gevonden uit de bekende betrekking voor een sinusvormige beweging $a = \frac{4\pi^2 A}{T^2}$, waarin A = de amplitude en T de periode. Men was hiertoe genoodzaakt, omdat er geen andere instrumenten voor deze metingen beschikbaar waren dan gewone seismografen, waarop de versnelling niet direct kan worden afgelezen.

Op deze wijze worden echter geen nauwkeurige uitkomsten verkregen voor de versnelling, aangezien de heen- en weergaande beweging in werkelijkheid niet volgens een rechte lijn geschiedt en niet enkelvoudig harmonisch is.

Bij afwezigheid van seismografen in een gebied van een aardbeving werd de versnelling ook vaak afgeleid uit omgevallen monumenten of omgevallen vrijstaande kolommen en muren, met behulp van de volgende bekende formule, welke is afgeleid uit de gewone momentenstelling, $\frac{a}{g} = \frac{x}{h}$, waarin a = de versnelling der aardbeving, waarbij omkanteling plaats heeft, g = de versnelling der zwaartekracht, x = de afstand van de zwaartepuntsverticaal tot de lijn waarom wenteling plaats heeft en h = de hoogte van het zwaartepunt boven het grondvlak.

Deze betrekking werd proefondervindelijk bevestigd door middel van een schuddende tafel, welke met verschillende verstelbare amplituden en frequenties heen en weer werd bewogen en waarop ijzeren, baksteenen en houten kolommen en baksteenen of betonnen wanden van verschillende vormen waren opgesteld en waarmede nagegaan kon worden, bij welke versnelling van een heen en weergaande beweging de voorwerpen kantelden. Ook hiermede werden echter uiteraard geen nauwkeurige uitkomsten verkregen, aangezien in werkelijkheid het omkantelen van muren of kolommen vaak geleidelijk plaats heeft, nadat eerst scheefzakking is ingetreden, door herhaalde aardschokken.

In verband hiermede werd door professor Ishimoto te Tokio, in 1929 een accelerometrische seismograaf geconstrueerd met een zeer korte periode (0,03 sec) en een aanzienlijke vergrooting (50 ×), waarmede accelerogrammen worden verkregen, waarop de versnelling der bewegingen van een aardbeving onmiddellijk kan worden afgelezen [1]). Hiermede is een belangrijke verbetering bereikt in de middelen tot het verkrijgen van de voor den ontwerper van gebouwen benoodigde gegevens.

Ook in de Vereenigde Staten van Amerika werden door den dienst van de „Coast and Geodetic Survey" accelerometers ontworpen en vervaardigd, welke van 1931 af op verschillende in seismisch gebied gelegen plaatsen in Californië werden opgesteld [2]). Hiervan werd reeds profijt getrokken bij de aardbeving te Long Beach bij Los Angeles op 10 Maart 1933, met een sterktegraad van VIII tot IX volgens de Cancani-schaal, waarvan nauwkeurige registraties der versnelling en amplituden werden verkregen [3]).

2. De aardbeving in Japan van 1 September 1923.

Als voorbeeld van de wijze waarop de beweging van den bodem tijdens eèn aardbeving plaats heeft, zullen hier eenige gegevens volgen omtrent de Japansche aardbeving van 1 September 1923.

Begin der aardbeving: 1 September om $11^h\ 58^m\ 44^s$ v.m.

Inleidende beweging: deze bestond uit een verplaatsing van 1 mm Oostwaarts, 1,1 mm Noordwaarts en 0,3 mm opwaarts in 2,3 sec.

Duur van de inleidende slingeringen of „voorloopers": 12,4 sec.

Fig. 2 geeft een afbeelding van een in de Keizerlijke Universiteit te Tokio verkregen seismogram van deze aardbeving. De tijdseenheden zijn aan de onderzijde aangegeven, elke minuut is met de letter t aangeduid. In verband met de kleine schaal van de tijdseenheden is het bezwaarlijk om uit dit seismogram de versnelling af te leiden. De dubbele amplitude overeenkomstig dit seismogram gelijkstellende aan 8,86 cm en de periode aan 1,334 sec, moet volgens de betrekking $a = \frac{4\pi^2 A}{T^2}$, waarin A = 4,43 cm en T = 1,334 sec, de versnelling a gelijk zijn aan rond 96 cm/sec² of 0,1 van de versnelling der zwaartekracht = 0,1 g.

Fig. 3. geeft een voorstelling van de beweging van een punt van den bodem op de plaats van waarneming bij die aardbeving, volgens een horizontaal vlak, afgeleid uit de 2 ontbondenen volgens O.W. en N.Z. op het seismogram *fig. 2*. Zooals in *fig. 3* aangeduid, begon de beweging bij a en ging voort in de door een pijl aangegeven richting. De in secunden uitgedrukte tijden zijn aangegeven bij iederen teruggang in een andere richting, zoodat het volgende valt af te leiden:

---

1) Ishimoto: Un sismographe accélérometrique et ses enregistrements. *Bulletin de l'institut de recherches sur les tremblements de terre*, Tokio, IX, 1931, part. 3 blz. 316 e.v.

2) N. H. Heck: Structural hazard of earthquakes measured by new instruments. *Engineering News Record*, 8 September 1932, blz. 288.

3) N. H. Heck en F. Neumann: Destructive earthquake motions measured for first time. *Engineering News Record*, 22 Juni 1933, blz. 804.

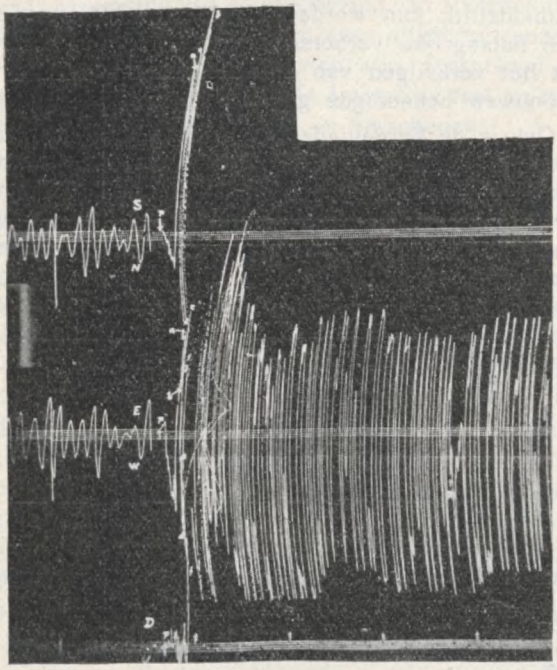


Fig. 2. Seismogram van de Japansche aardbeving van 1 September 1923. De minuten zijn met t aangeduid. Opgeteekend zijn de componenten in N.Z., O.W. en vertikale richting. De letters a tot en met f komen overeen met dezelfde letters in fig. 3

	tijden	Halve perioden
bij *a.*	12,45 sec	
b.	13,085 „	0,635 sec
c.	13,755 „	0,670 „
d.	14,433 „	0,678 „
e.	15,15 „	0,717 „
f.	15,785 „	0,635 „
	Gemiddeld	0,667 sec
	Periode =	1,334 sec

De in *fig. 3* voorgestelde beweging heeft dus slechts 16,455 — 12,45 = 4 sec geduurd.

Op het seismogram van *fig. 2* is de „hoofdstoring" (welke gevormd wordt door de voornaamste slingeringen) aangeduid met de verschillende golven *abc, cde* en *efg*, elk met een periode van 1,334 sec. Juist tegen het einde van deze slingeringen werd de stift van de volgens N.Z. opgestelde seismograaf van den trommel geslingerd, zoodat daarna de beweging der aardbeving slechts werd opgeteekend door de volgens O.W. opgestelde seismograaf.

Uit het seismogram is gebleken, dat de versnelling der slingeringen geleidelijk minder werd, doch de amplitude grooter. In het gebied der aardbeving was geen ander seismologisch station dan dat van de Keizerlijke Universiteit te Tokio, dat zich bevond op tamelijk vasten, diluvialen grond. In andere stadsgedeelten, zoowel van Tokio als Yokohama, welke op slapperen, alluvialen bodem, c.q. opgehoogden moerasgrond en ingepolderd terrein waren aangelegd, was uiteraard de intensiteit der aardbeving grooter. Uit omgekantelde en verplaatste vrijstaande kolommen, muren en andere eenvoudige constructies, konden de volgende *horizontaal* ontbondenen der seismische versnelling worden afgeleid:

te Tokio in hoogere diluviale stadsgedeelten	0,1		g
te „ in lagere alluviale stadsgedeelten	0,2	tot	0,25 g
te Yokohama in hoogere diluviale stadsgedeelten	0,2	„	0,25 g
te „ in lagere alluviale stadsgedeelten	0,25	„	0,4 g
te Odawara	0,4	„	0,5 g
te Kamakura	0,2	„	0,4 g

De *verticaal* ontbondene van de seismische versnelling is nabij het epicentrum of den oorsprong der aardbeving uiteraard het grootst en vermindert al naar gelang de afstand van het epicentrum grooter is. In het seismologisch station van de Keizerlijk Universiteit te Tokio bedroeg de verticale versnelling 0,02 g (zie het onderste seismogram op *fig. 2*).

Fig. 4 geeft een overzichtskaart van het gebied der Japansche aardbeving van 1 September 1923, terwijl op *fig. 5* een kaart is afgebeeld van Tokio, waarop de gebieden van verschillende intensiteit der aardbeving zijn aangeduid. *Bij vergelijking van deze twee kaarten met de geologische kaart van dit gebied blijkt, dat de intensiteit der aardbeving niet alleen afnam al naar gelang de afstand van het beschouwde terrein tot het*

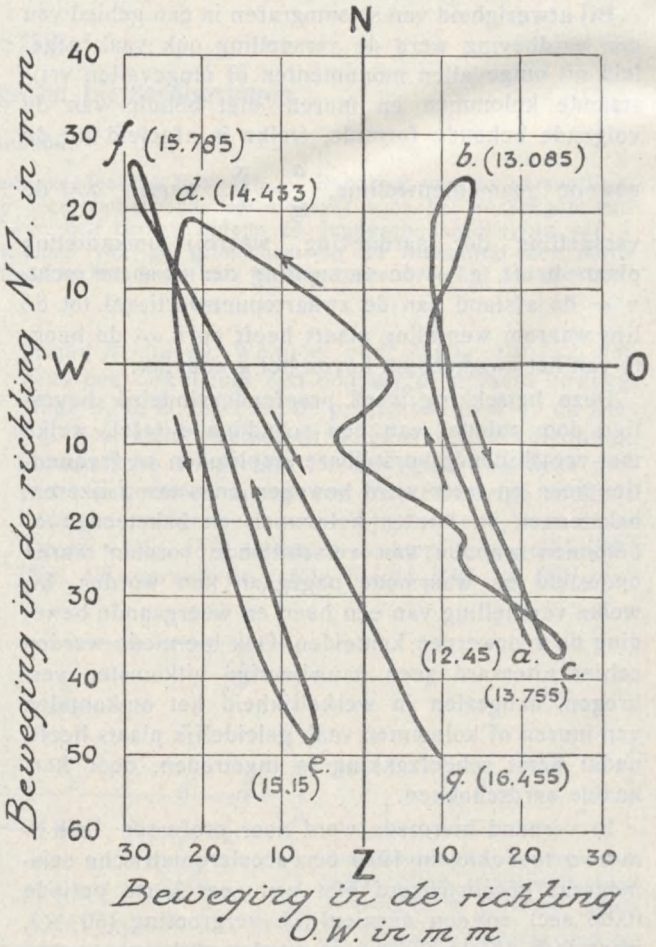


Fig. 3. Beweging van den bodem bij de Japansche aardbeving van 1 September 1923.

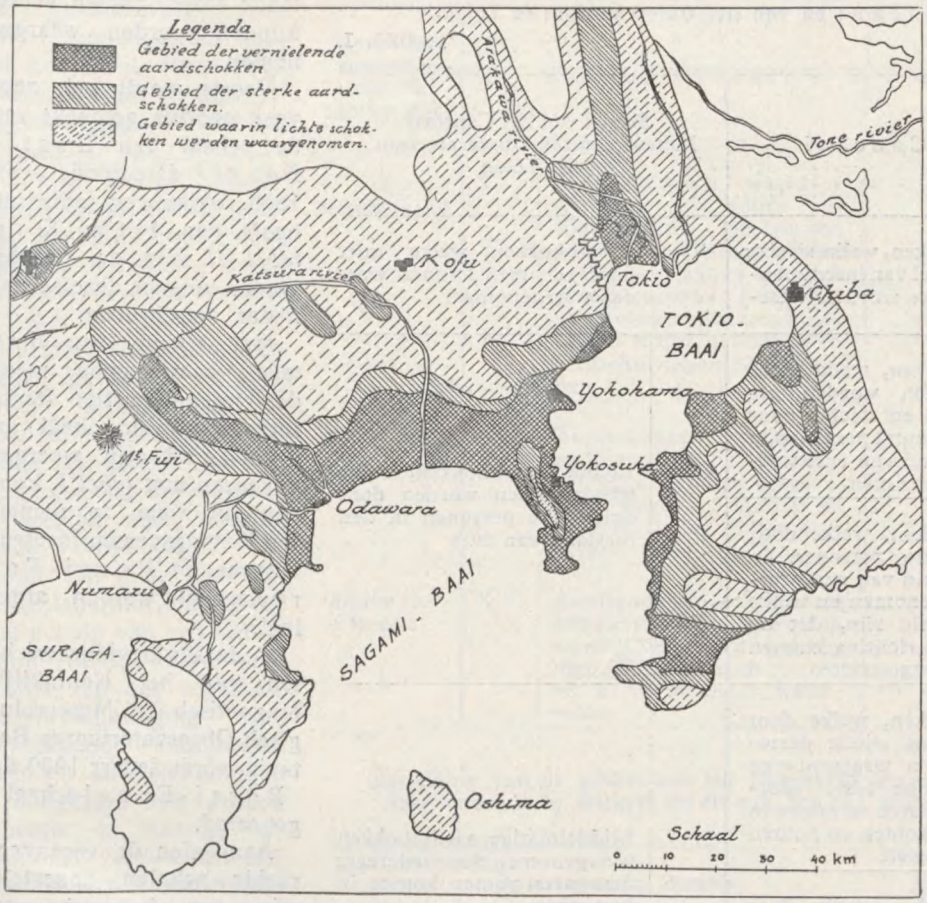


Fig. 4. Overzichtskaart van het gebied der Japansche aardbeving van 1 September 1923.

verkregen seismogram onvolledig is. Sedert enkele jaren zijn in Japan en Californië diverse seismografen geconstrueerd en in gebruik genomen, welke geschikt zijn voor het registreeren van aardschokken met de grootste amplituden, die verwacht kunnen worden.

Aangezien dus uiteraard lang niet in alle seismische gebieden seismografen zijn opgesteld, waarmede de noodzakelijke gegevens worden opgeteekend, maakt men reeds sedert vele jaren gebruik van een anderen maatstaf voor de intensiteit van aardbevingen. Verschillende seismologen hebben n.l. een schaal voor de intensiteit van aardbevingen samengesteld, welke bestaat uit een indeeling, in hoofdzaak berustende op de gewaarwordingen die men tijdens de aardschokken verkrijgt en op de mate van beschadiging van gebouwen.

Een veel gebruikte schaal is die van Cancani, welke in 1904 werd opgesteld en in *tabel I* is weergegeven. De intensiteit van een aardbeving wordt in deze schaal aangeduid met de cijfers I t/m XII; in de tabel is vermeld, welke verschijnselen bij de verschil-

epicentrum grooter was, doch ook dat de intensiteit in hooge mate afhankelijk was van de samenstelling van den bodem. De schokken waren op de betrekkelijk weeke, alluviale aardlagen veel krachtiger dan op de vastere diluviale lagen.

3. De intensiteit van aardbevingen.

De intensiteit van een aardbeving kan het nauwkeurigst worden afgeleid uit de versnelling, de periode en de amplitude van de beweging in horizontale en verticale richting. De voor het verkrijgen van deze gegevens benoodigde accelerometrische seismografen zijn echter nochtans zeer schaarsch, zoodat het vaak is voorgekomen, en in de toekomst nog wel vaak zal gebeuren, dat er in het gebied van een aardbeving geen instrument aanwezig is, waarmede de gegevens worden geregistreerd. Bovendien zijn ook thans nog de meeste seismografen ongeschikt om zeer sterke aardbevingen nabij het epicentrum te registreeren; zij zijn n.l. veelal geconstrueerd voor het registreeren van aardbevingen, waarvan het epicentrum op zeer grooten afstand is gelegen, zoodat uit de verkregen gegevens de ligging van het epicentrum en de voortplantingssnelheid van de aardtrillingen kunnen worden afgeleid, alsmede de samenstelling van de aardlagen kan worden bestudeerd.

Deze seismografen hebben het bezwaar, dat bij hevige aardschokken in de nabijheid de schrijfstift van den trommel wordt geslingerd, zoodat het dan

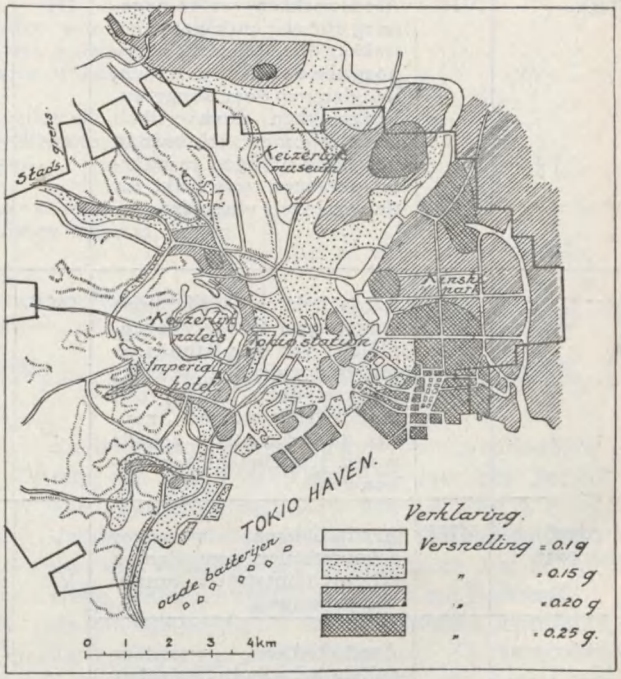


Fig. 5. Gebieden van verschillende intensiteit der aardbeving van 1 September 1923 in de stad Tokio.

Sterkteschalen van Cancani en van het Observatorium te Tokio.

TABEL I.

Korte omschrijving van de intensiteit	Schaal van Cancani		Schaal van het Centraal Meteorologisch Observatorium te Tokio	
Slechts voor instrumenten voelbaar	I	Aardschokken, welke slechts door middel van instrumenten kunnen worden waargenomen.	0	Aardschokken, welke niet door personen kunnen worden waargenomen.
Zeer licht	II	Aardschokken, welke door seismografen worden geregistreerd en slechts door een klein aantal personen in den toestand van rust worden waargenomen.	I	Lichte aardschokken, welke waargenomen worden door oplettende personen in den toestand van rust.
Licht	III	Aardschokken, welke door verscheidene personen in den toestand van rust worden waargenomen en welke zoo krachtig zijn, dat de duur en de richting kunnen worden vastgesteld.		
Matig	IV	Aardschokken, welke door in beweging zijnde personen worden waargenomen en waardoor losse voorwerpen, deuren en ramen in beweging komen en houten vloeren kraken.	II	Middelmatige aardschokken waargenomen door iedereen; deuren en ramen komen in beweging.
Vrij sterk	V	Aardschokken, welke door de geheele bevolking worden waargenomen en waardoor zwaardere voorwerpen, meubels en bedden in beweging worden gebracht en bellen worden geluid.		
Sterk	VI	Aardschokken, welke nagenoeg alle slapende personen wakker doen worden, nagenoeg alle bellen doen luiden, hanglampen doen slingeren, hangklokken doen stilstaan, boomen zichtbaar in beweging brengen en waarbij personen verschrikt uit de woningen vluchten.	III	Tamelijk krachtige aardschokken, waardoor woningen worden geschud, ramen in beweging komen, hangklokken stilstaan, opgehangen voorwerpen en water in waschkommen in beweging komen.
Zeer sterk	VII	Aardschokken, welke losse voorwerpen omver werpen, pleister van de plafonds en muren doen vallen, de kerkklokken doen luiden, een paniek doen ontstaan, zonder dat er ernstige schade wordt toegebracht aan gebouwen.	IV	Krachtige aardschokken, waardoor woningen zeer sterk worden geschud, losse voorwerpen omver geworpen en water uit de waschkommen geworpen wordt.
Verderf brengend	VIII	Aardschokken, waardoor schoorsteenen omvallen en scheuren ontstaan in muren van gebouwen.	V	Zeer krachtige aardschokken, waardoor muren van gebouwen scheuren, graftomben, steenen lantaarns en schoorsteenen omvallen.
Vernietigend	IX	Aardschokken, waardoor enkele gebouwen gedeeltelijk of geheel worden vernield.		

lende sterktegraden veelal kunnen worden waargenomen.

Voorts wordt ook zeer vaak gebruik gemaakt van de schaal van Rossi-Forel, dateerende van 1883, welke een indeeling heeft van I t/m X. In *tabel II* zijn de sterktegraden volgens deze schaal nader omschreven.

Met behulp van deze tabel, waarin onder meer de overeenkomstige sterktegraden van de schaal van Cancani zijn weergegeven en met *tabel I*, kunnen de waar te nemen aardbevingsverschijnselen volgens de Rossi-Forel-schaal worden afgeleid.

In de aardbevingsberichten van het Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium te Batavia wordt sedert 1920 de Rossi-Forel-schaal gebezigd.

Aangezien de vorenvermelde schalen opgesteld zijn ten behoeve van Europa en Noord-Amerika en dus betrekking hebben op de mate van vernieling van gebouwen en terreinvoorwerpen, zooals deze in die werelddeelen worden aangetroffen, zijn zij niet zonder meer geschikt voor Japan en Ned.-Indië.

In Japan is een door het Centraal Meteorologisch Observatorium te Tokio opgestelde schaal in gebruik, welke ter vergelijking met de schaal van Cancani, eveneens in *tabel I* is weergegeven.

De aardbevingen I t/m V van de schaal van Cancani en I t/m VI van de schaal van Rossi-Forel veroorzaken dus geen noemenswaardige schade van bouwwerken, terwijl zulks wel het geval is bij aardbevingen van de sterktegraden VI t/m XII van Cancani en VII t/m X van Rossi-Forel.

In Nederlandsch-Indië wordt de sterkte van aardbevingen door de waarne-

mers geschat volgens een schaal, samengesteld door het Koninklijk Magnetisch Observatorium te Batavia, en vervolgens herleid tot de schaal van Rossi-Forel. Deze Ned.-Indische schaal, met de overeenkomstige sterktegraden volgens Rossi-Forel en Cancani, is vermeld in *tabel II*.

In *tabel III* is een overzicht gegeven van de *horizontale* versnellingen der diverse, in de Cancani-schaal aangeduide aardbevingen, zooals deze werden voorgesteld door verschillende seismologen, op grond van door hen verrichte laboratoriumproeven met behulp van een schuddende tafel, welke door middel van een regelbare excentriekbeweging met verschillende amplituden, perioden en versnellingen in slingering kon worden gebracht en waarop verschillende voorwerpen (kolommen van baksteenmetselwerk, betonblokjes, gevulde glazen, enz.) waren geplaatst. De door Ishimoto voorgestelde versnellingen maken hierop een uitzondering, daar zij verkregen zijn door waarnemingen van een serie van 86 aardbevingen met behulp van een accelerometrische seismograaf.

Indien van een bepaald seismisch gebied de sterktegraad van de hevigste aardbeving, welke daar heeft plaats gehad, bekend is, zal de ontwerper er rekening mede moeten houden, dat het bouwwerk bestand is tegen de horizontale kracht, welke bij de bijbehoorende maximum-versnelling wordt opgewekt. Voor deze maximum versnelling kan het gemiddelde worden aangehouden van de in *tabel III* vermelde, door verschillende seismologen opgegeven waarden. Aldus wordt door den ontwerper van gebouwen een bepaalde „seismische factor" in rekening gebracht, waaromtrent in § 12 meer zal worden medegedeeld.

Zooals op de seismogrammen valt af te lezen, onderscheidt men gewoonlijk bij elke aardbeving drie gedeelten:

1. de inleidende slingeringen of de „voorloopers", met een kleine amplitude en met een periode van gewoonlijk niet meer dan 1/12 tot 1/5 sec;
2. de voornaamste slingeringen of de „hoofdstoring" met een veel grootere amplitude en met een periode, welke gewoonlijk ½ tot 2 sec bedraagt;
3. de eindslingeringen, met een kleine amplitude, doch met een groote periode.

Bij de meeste aardbevingen van een sterkte van I t/m VI van Cancani is de dubbele amplitude

Korte omschrijving van de intensiteit	Schaal van Cancani		Schaal van het Centraal Meteorologisch Observatorium te Tokio	
Zeer vernietigend	X	Aardschokken, waardoor sommige zeer solide geconstrueerde gebouwen worden beschadigd of vernield, scheuren in den grond ontstaan, het water van rivieren en meren op de oevers wordt geworpen en aardschuivingen plaats hebben.	VI	Verwoestende aardschokken, waardoor gebouwen worden vernield, berghellingen afschuiven en groote topografische wijzigingen ontstaan.
Catastrophe	XI	Aardschokken, welke vernieling van gebouwen, bruggen en dijken veroorzaken. Rails worden losgerukt en rivieren treden buiten hare oevers.		
Groote catastrophe	XII	Aardschokken, waardoor alle aanwezige bouwwerken worden vernield of beschadigd. Berghellingen storten na. Er vormen zich watervallen.		

Herleiding van de schaal van het Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium te Batavia tot die van Rossi-Forel en van Cancani.

TABEL II.

Observatorium Batavia		Rossi-Forel	Cancani
	—	I	I
I	Zwak, lichte trilling, door velen gevoeld.	II	II
II	Matig, door iedereen gevoeld, rinkelen van glaswerk, rammelen van deuren en ramen.	III en IV	III en IV
III	Vrij sterk, slapenden worden wakker, hangklokken blijven stilstaan, deuren en ramen slaan open of dicht.	V	IV
IV	Sterk, schilderijen vallen van de wanden, lichte meubels vallen om, licht scheuren van pleisterwerk.	VI	V en VI
V	Zeer sterk, muren scheuren, stukken pleister en dakpannen vallen af, kasten slaan om.	VII en VIII	VII en VIII
VI	Steenen huizen storten in, houten huizen vallen van de neuten.	IX	VIII en IX
VII	Algemeene verwoesting.	X	X t/m XII.

Horizontale versnellingen van aardbevingen van diverse intensiteit, zooals aangeduid door verschillende seismologen.

TABEL III.

Sterkte graad volgens de schaal van Cancani	Omori 1891—1900 (Bulletin S. S. A. Vol XI no. 2 blz. 110) *)	Cancani 1904 (Bulletin S. S. A. Vol XL no. 2 blz. 112)	Sieberg 1912 Erdbebenkunde blz. 102	Mc Adle 1915 (Bulletin S. S. A. Vol XI no. 2 blz. 118)	Ishimoto 1932 Bulletin of the Earthquake Research Institute of Tokio X, 1932 blz. 614)
	Max. versnelling in mm/sec²	Max. versnelling in mm/sec²	Max. versnelling in mm/sec²	Max. versnelling in mm/sec²	Max. versnelling in mm/sec²
I	—	0 tot 5	0 tot 5	0 tot 10	
II	—	5 tot 10	5 tot 10	10 tot 25	5 tot 20
III	—	10 tot 25	10 tot 25		
IV	—	25 tot 50	25 tot 50	25 tot 50	20 tot 80
V	—	50 tot 100	50 tot 100	50 tot 100	80 tot 320
VI	—				
VII	300 tot 400	100 tot 250	100 tot 250	100 tot 250	320 tot 1 280
VIII	400 tot 1 000	250 tot 500	250 tot 500	250 tot 500	1 200 tot 5 120
IX	1 000 tot 2 000	500 tot 1 000	500 tot 1 000	500 tot 1 000	
X	2 000 tot 2 600	1 000 tot 2 500	1 000 tot 2 500	1 000 tot 2 500	5 120 of meer
XI	2 600 tot 4 000	2 500 tot 5 000	2 500 tot 5 000	2 500 tot 5 000	
XII	4 000 tot 7 000	5 000 tot 1 000	meer dan 5 000	5 000 tot 10 000	

*) Bulletin S. S. A. = Bulletin of the Seismological Society of America.

minder dan 1 mm; bij een sterkte van VII t/m IX kan zij opklimmen tot 75 mm, terwijl zij bij een sterkte van X t/m XII 75 à 250 mm kan bedragen.

Hieronder volgt, ter nadere inlichting, een overzicht van de intensiteit volgens de schaal van Rossi-Forel van eenige belangrijke aardbevingen:

Assam (Britsch-Indië) 12 Juni 1897 X
San Francisco (Californië) 18 April 1906 X
Messina en Reggio (Zuid-Italië) 28 December 1908 X
Los Angeles en omstreken (Californië) 16 Juli 1920 IX
Maos (Midden-Java) 15 Mei 1923 X
Wonosobo (Midden-Java) 12 November 1924 ... IX
St. Lawrence (Staten Michigan en Ohio) 28 Febr. 1925 V
Santa Barbara (Californië) 29 Juni 1925 X
Padangsche Bovenlanden (Sumatra) 28 Juni 1926 IX
Nieuw Zeeland (Z. O. van Australië) 17 Juni 1929 IX
Nieuw Zeeland (Z. O. van Australië) 3 Febr. 1931 X
Long Beach (Californië) 10 Maart 1933 ..... VIII à IX

4. Tijd, waarin de vernieling van bouwwerken plaats vindt.

De vernieling van gebouwen door de aardbeving van 18 April 1906 te San Francisco geschiedde in de eerste 60 sec van de aardschokken. Volgens de seismogrammen, verkregen in het Lick-observatorium te Mount Hamilton, op 120 km afstand van het epicentrum, duurden de inleidende slingeringen slechts 8 sec, terwijl 5 sec later de grond met de maximum amplitude slingerde; 60 sec na het begin van de inleidende slingeringen werd de amplitude wederom aanmerkelijk kleiner.

In de Japansche aardbeving van 1 September 1923 geschiedde de vernieling der gebouwen te Tokio en Yokohama binnen één minuut nadat de voornaamste slingeringen (de hoofdstoring) waren aangevangen; de maximum dubbele amplitude bedroeg daarbij 88,6 mm (vergelijk *fig. 3* en *fig. 2*) en de gemiddelde periode 1,33 sec.

De schade, aangericht door de nabevingen, welke enkele uren later plaats vonden met een dubbele amplitude van 180 mm en een periode van 2 à 3 sec, was aanmerkelijk geringer.

Uit de in verschillende seismische gebieden der aarde opgedane ondervindingen blijkt, dat bij een vernietigende aardbeving (met een intensiteit van 0,1 g of meer), in het algemeen in 30 tot 60 sec na het begin der „hoofdstoring" reeds beslist is over het lot van de in het aardbevingsgebied gelegen bouwwerken.

HOOFDSTUK II.

De slingering der gebouwen.

Korte inhoud.

Beteekenis van de eigen slingeringsperiode van een gebouw ten opzichte van de periode der aardbeving. — Bijzonderheden betreffende de wijze van slingering van gebouwen met een periode van 0,3 tot 2,3 sec. — Gebouwen moeten zoo mogelijk worden ontworpen met een periode kleiner dan de kleinste periode van vernielende aardbevingen, derhalve kleiner dan 0,5 sec. — Mate van vernieling van gebouwen door aardbeving al naar gelang de periode van het gebouw en den aard van den fundeeringsgrond. — Naarmate de amplitude der aardbeving grooter is, wordt de eigen periode van een gebouw grooter. — Hoe kleiner de eigen periode van een gebouw, hoe grooter het weerstandsvermogen is tegen aardbevingen.

5. De beweging van den grond en de slingeringsperiode van gebouwen.

Als een gebouw onderhevig is aan één enkelen horizontalen aardschok, zal de constructie door de kracht van den schok volgens één richting belast worden en er zullen daardoor in wanden, kolommen, balken en vloeren stootspanningen optreden. Het gebouw krijgt, zooals bekend is, een snelheid van het zwaartepunt en om het zwaartepunt.

Zoodra deze schok geëindigd is, zal het gebouw door de verkregen snelheden in een slingerende beweging geraken, waarbij de traagheidsbelastingen en daarmede ook de opgewekte spanningen bij iedere omkeering der bewegingsrichting zullen wisselen.

Deze slingeringen zullen zich enkele keeren herhalen, waarbij de uitwijkingen hoe langer hoe geringer worden, totdat eindelijk het gebouw weer tot rust is gekomen.

Een aardschok zal een golf van vormveranderingen in het gebouw teweegbrengen, welke bij de fundeering beginnende, met een groote snelheid naar het dak loopt.

Hier zal de golf worden teruggekaatst, teruggaan naar de fundeering en wederom worden teruggekaatst; voorts zal hij gedeeltelijk reeds op geringere hoogten worden teruggekaatst, zoodat gelijktijdig verscheidene golfbewegingen worden gevormd.

De energie van den schok zal uiteraard geleidelijk verminderen, o.m. door onvolledige terugkaatsing.

Onder de eigen *slingeringsperiode* van een gebouw wordt verstaan de tijd, benoodigd voor een volledige heen- en teruggaande vrije slingering [4]).

Aldus is de tijd, waarin het gebouw de door de aardbeving opgewekte maximale spanningen van verschillend teeken moet opnemen, gelijk aan $\frac{1}{2}$ van de periode.

Indien de eerste schok gevolgd wordt door andere aardslingeringen, terwijl de eigen periode van slingering van het gebouw verschilt met de periode der dwingende slingering van den bodem, bestaat de mogelijkheid, dat de slingering van het gebouw op den duur wordt getemperd door de grondslingering.

Is echter de periode van het gebouw gelijk aan die van de aardbeving, dan zal resonantie optreden; de slingeringen van het gebouw zullen in hevigheid toenemen, terwijl daardoor de kans op vernieling aanmerkelijk zal worden vergroot.

Hoe stijver de constructie is, hoe geringer de periode en hoe eerder het gebouw weer tot rust komt na een aardschok.

Die stijfheid wordt o.a. verkregen door het aanbrengen van stijve buitenmuren, talrijke stijve binnenwanden en stijve vloeren, alle van gewapend beton.

Als de periode van de constructie *AB* geringer is dan die van de aardbeving, zullen momenten, dwarskrachten en uitbuigingen optreden, ongeveer zooals is geschetst in *fig. 6*.

Is daarentegen de periode van de constructie grooter dan die van de aardbeving, zoo zal alvorens de kracht van een aardschok is overgebracht tot aan den top, reeds een teruggaande beweging van den grond zijn aangevangen.

In het vorige geval treedt deze teruggaande beweging eerst in, nadat alle onderdeelen van het gebouw, van de fundeering tot aan den top, in een zelfde richting hun uitersten stand hebben bereikt.

Fig. 7 stelt een mogelijk geval voor, wanneer de periode van de constructie, c.q. het gebouw *AB* grooter

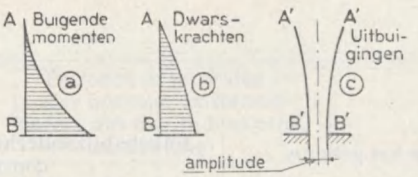


Fig. 6

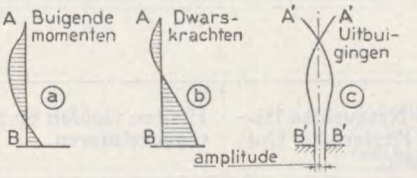


Fig. 7

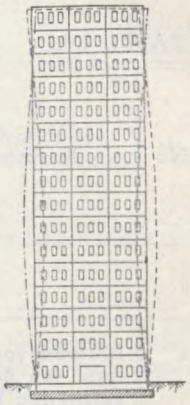


Fig. 8.

is dan die van den grond, terwijl *fig. 8* een in horizontale richting overdreven voorstelling van de vormveranderingen te zien geeft, die in zulk een gebouw optreden.

Deze toestand wordt uiteraard slechts aangetroffen bij zeer hooge gebouwen van 8 of meer verdiepingen, torens, schoorsteenen, e.d.

In de volgende paragraaf zal worden medegedeeld, op welke wijze of stijve, matig stijve en buigzame gebouwen door een aardbeving in slingering worden gebracht.

Onder een stijf, matig stijf en buigzaam gebouw wordt verstaan een gebouw met een eigen periode van respectievelijk 0,4 sec of minder, 0,4 tot 0,7 sec en 0,7 sec of meer.

De onderzoekingen op dit gebied bij gebouwen van de drie bedoelde typen, waaromtrent nadere bijzonderheden zullen worden vermeld, werden verricht door den dienst van het Instituut voor onderzoek van aardbevingen te Tokio en voor wat betreft de genoemde gebouwen te San Francisco, door professor E. E. H a l l van de Universiteit te Berkeley.

Verschillende gegevens betreffende de constructie, afmetingen, perioden en beschadiging door aardbeving van gebouwen in Tokio zijn opgenomen in *tabel IV* en die van gebouwen in San Francisco in *tabel V;* vele dier gebouwen zullen in de volgende paragrafen meermalen ter sprake komen.

6. De slingering van stijve gebouwen.

Ten einde na te gaan, op welke wijze een stijf geconstrueerd gebouw door een aardbeving in slingering wordt gebracht, zijn in het gebouw van het Instituut voor onderzoek van aardbevingen, in de Keizerlijke Universiteit te Tokio, waarnemingen verricht.

Dit gebouw is afgebeeld op *foto 1**); het is voorzien van een stalen skelet en zeer soliede wanden en vloeren van gewapend beton.

Het heeft een kelderruimte en daarboven twee verdiepingen.

De aard van de trillingen van dit gebouw in normale omstandigheden werd uitvoerig onderzocht door middel van twee I s h i m o t o-microvibrografen, waarvan

4) Voor de berekening der eigen hoofdfrequentie van bouwconstructies kan worden verwezen naar het artikel: C. G. J. V r e e d e n b u r g h. Eigen functies, sub 8, voorkomende in *De Ingenieur in Nederlandsch-Indië* 1937, nr. 11 en 12.

*) De in den tekst genoemde *foto's* zijn opgenomen op één *plaat* tusschen den tekst (tegenover pag. I. 210).

Perioden en verdere gegevens betreffende eenige gebouwen in Japan.

TABEL IV.

No	Naam van het gebouw	Enkele bijzonderheden betreffende de constructie	Afmetingen: Hoogte boven het straatniveau in meters	Afmetingen: Oppervlak in m²	Aantal verdiepingen	Grondsoort onder de fundeering	Verdere bijzonderheden	Tijdstippen, waarop de perioden werden gemeten	Perioden in secunden (onder normale omstandigheden, dus niet tijdens een aardbeving): Volgens de lengte-richting	Perioden in secunden (onder normale omstandigheden, dus niet tijdens een aardbeving): Volgens de breedte-richting	Schade door aardbevingen
					BAKSTEENEN GEBOUWEN.						
1	Museum voor Natuurlijke Historie van de Keizerlijke Universiteit te Tokio.	Houten vloeren op houten balken, hooge topgevelmuren.	11,20	393	Twee.	Diluviaal.	Lang vóór 1923 voltooid.	1902.	0,33		Ernstig beschadigd door de aardbeving van 1 September 1923.
2	Ryounkaku-toren te Tokio. (Zie *foto 4*).	Uitkijktoren van achthoekigen vorm. Op den top voorzien van een houten bovenbouw met twee verdiepingen.	39 (baksteenen gedeelte)	180 (buitenwerks gemeten)	10 (baksteenen gedeelte)	Alluviaal.	Lang vóór 1923 voltooid.	5 Augustus 1919.	1,08		Vernield door de aardbeving van 1 September 1923.
					GEWAPEND BETON GEBOUWEN.						
3	Naigai-gebouw te Tokio.	Kantoorgebouw met geraamte van gewapend beton, waartusschen muren van baksteen. Kolommen op afzonderlijke fundeeringsplaten. (Zie voor verdere details § 34).	30	1 975	Zeven.	Alluviaal.	In September 1923 nagenoeg geheel voltooid.	Kort vóór de aardbeving van 1 September 1923.	0,65	0,65	Vernield door de aardbeving van 1 September 1923.
4	Nippon-Bankgebouw te Tokio.	Kantoorgebouw met geraamte van gewapend beton, waartusschen baksteen vulling.	30	1 017	Zeven.	Alluviaal.	Lang vóór 1923 voltooid.	Vóór de aardbeving van 1 September 1923.	0,48	0,43	Matig beschadigd door de aardbeving van 1 September 1923.
5	Tokio Nichinichi Shinbun Sha.	Kantoor van een dagblad; geraamte en wanden van gewapend beton.	24	257 257 467	Twee. Vier. Vijf.	Alluviaal.	Lang vóór 1923 voltooid.	Vóór de aardbeving van 1 September 1923.	0,52	0,52	Licht beschadigd door de aardbeving van 1 September 1923.
6	Voormalig aeronautisch laboratorium te Tokio.	Geraamte en wanden van gewapend beton.	10,80	675	Twee.	Opgehoogd terrein.	Lang vóór 1923 voltooid.	Na de aardbeving van 1 September 1923.	Volgens de breedte-richting: Hoofdtrilling 0,50	Volgens de breedte-richting: Secundaire trilling 0,10	Niet beschadigd door de aardbeving van 1 September 1923.
7	Mitsubishi-laboratorium te Tokio.	Geraamte en wanden van gewapend beton.	10	675	Twee en een kelder.	Diluviaal	Lang vóór 1923 voltooid.	Na de aardbeving van 1 September 1923.	Volgens de breedte-richting: Hoofdtrilling 0,35	Volgens de breedte-richting: Secundaire trilling 0,15	Niet beschadigd door de aardbeving van 1 September 1923.
					GEBOUWEN MET STALEN SKELET.						
8a		Kantoorgebouw, wanden van baksteen en holle betonsteen, fundeering der kolommen op geïsoleerde voetplaten.				Alluviaal	Nagenoeg geheel voltooid.	Vóór de aardbeving van 26 April 1922.	0,94	0,89	
8b							Matig beschadigd door de aardbeving van 26 April 1922.	Onmiddellijk na deze aardbeving.	1,01	1,09	
8c	Marunouchi-gebouw. (Zie *foto 2*).	Wanden van een meer stijve constructie aangebracht. (Zie voor verdere details § 38).	33	6 084	Negen en een kelder.		Hersteld en versterkt.	Toen de herstellingen bijna waren voltooid.	0,51 0,71	 0,67	Matig beschadigd door de aardbeving van 1 September 1923. (Zie beschrijving in § 38).
8d							Matig beschadigd, het stalen skelet onbeschadigd door de aardbeving van 1 September 1923	Onmiddellijk na de aardbeving van 1 September 1923.	1,18	1,11	
8e		Wanden van nog grootere stijfheid aangebracht van gewapend beton; aantal tusschenwanden vergroot.					Volledig hersteld en nog meer versterkt.	Na voltooiing van deze herstelling en versterking.	0,48 0,25	0,50 0,23	
9a		Kantoorgebouw, wanden van baksteen en holle betonsteen, fundeeringen der kolommen op geïsoleerde voetplaten.				Alluviaal	Geheel voltooid.	Vóór de aardbeving van 1 September 1923.		0,61	
9b	Yurakukan-gebouw.		30	2 034	Zeven en een kelder.		Matig beschadigd.	Onmiddellijk na deze aardbeving.	0,80	0,80	Matig beschadigd door de aardbeving van 1 September 1923.
9c							Hersteld en versterkt.	Na de herstelling.	0,55	0,45	

(TABEL IV, voortzetting.)

No.	Naam van het gebouw	Enkele bijzonderheden betreffende de constructie	Afmetingen: Hoogte boven het straatniveau in meters	Afmetingen: Oppervlak in m²	Aantal verdiepingen
10a 10b	Tokio Kaikan-gebouw.	Restaurantgebouw, met wanden van baksteen en fundeeringen der kolommen op geisoleerde voetplaten. (Zie voor verdere details § 38).	26	1 640	Vijf en een kelder.
11a 11b	Yusen-gebouw. (Zie *foto 6*).	Kantoorgebouw met wanden van baksteen en holle betonsteen, fundeeringen der kolommen op geisoleerde voetplaten.	30	3 900	Zeven en een kelder.
12	Kayo-gebouw (Zie *foto 7*).	Kantoorgebouw met wanden gedeeltelijk van baksteen en gedeeltelijk van gewapend beton.	26,25	2 385	Zeven.
13	Kogyo-bankgebouw.	Kantoorgebouw met wanden gedeeltelijk van baksteen en ten deele van gewapend beton. Fundeeringen der kolommen onderling verbonden.	29,50	2 115	Zeven en een kelder.
14	Marunouchi-hotel.	Muren van gewapend beton.	30	592	Negen.
15	Instituut voor onderzoek van aardbevingen. (Zie *foto 1*).	Muren van gewapend beton.	9,30	465	Twee en een kelder.
					HOUTEN
16	Japansch hotel te Idzu. (Zie *foto 3*).	In Japanschen stijl opgetrokken; spanten en stijlen zeer stevig onderling verbonden.	12	400	Drie.
17	Japansch huis te Idzu.	In Japanschen stijl opgetrokken.	5,40	84	Twee.
18	Asakusa pagode.	Torenvormig tempelgebouw.	24,50	—	Vijf.
19	Higashidera.	Torenvormig tempelgebouw.	41,40	—	Vijf.
20	Toshogu te Nikko.	Torenvormig tempelgebouw.	26,40	—	Vijf.

er één was opgesteld op de benedenverdieping en één op den aangrenzenden grond.

Het bleek, dat het gebouw, evenals de grond, voortdurend in trilling was en dat de trillingen van het gebouw, waarvan de eigen periode 0,3 sec bedroeg, eenigszins verschilden met die van den grond.

Gelijktijdige waarnemingen van de beweging in verschillende gedeelten van het gebouw toonden aan, dat de slingering overeenkwam met de beweging van een onbuigzaam lichaam op de grondlaag onder de fundeering.

Om de slingering van het gebouw tijdens een aardbeving te vergelijken met die van den aangrenzenden bodem, werden twee gelijk geconstrueerde seismografen met horizontalen slinger gebruikt, waarvan er één was opgesteld op het platte dak van het gebouw en de andere onder een tijdelijk gebouwtje in de nabijheid.

De trommel van deze seismografen werd gedreven door een electrischen motor met een zoodanige gelijke snelheid, dat de tijdschaal ongeveer 10 mm/sec bedroeg, waardoor het mogelijk werd vlugge

(TABEL IV, voortzetting.)

Grondsoort onder de fundeering	Verdere bijzonderheden	Tijdstippen, waarop de perioden werden gemeten	Perioden in secunden (onder normale omstandigheden, dus niet tijdens een aardbeving): Volgens de lengte-richting	Perioden in secunden (onder normale omstandigheden, dus niet tijdens een aardbeving): Volgens de breedte-richting	Schade door aardbevingen
Alluviaal.	Nagenoeg geheel voltooid.	Vóór de aardbeving van 1 September 1923.	0,72	0,54	Ernstig beschadigd door de aardbeving van 1 September 1923. (Zie beschrijving in § 38).
	Ernstig beschadigd.	Onmiddellijk na deze aardbeving.	1,30	1,20	
Alluviaal.	Voltooid.	Vóór de aardbeving van 1 September 1923.	0,69	0,77	Tamelijk beschadigd door de aardbeving van 1 September 1923.
	Tamelijk ernstig beschadigd.	Na deze aardbeving gedurende de herstelling.	0,90	0,80	
Alluviaal.	Lang vóór 1923 voltooid.	Vóór de aardbeving van 1 September 1923.		0,45	Licht beschadigd door de aardbeving van 1 September 1923.
Alluviaal.	Lang vóór 1923 voltooid.	Vóór de aardbeving van 1 September 1923.	0,61	0,65	Zeer licht beschadigd door de aardbeving van 1 September 1923.
Alluviaal.	—	Na de voltooiing (na de aardbeving van 1 September 1923)	0,60	0,50	Niet beschadigd door de aardbeving van 1 September 1923.
Diluviaal.	—	Na de voltooiing.	0,30 (niet-elastische slingeringen)	0,30	Gebouwd na de aardbeving van 1 September 1923.
GEBOUWEN.					
Diluviaal.	Bijna voltooid.	Na de aardbeving van 1930 te Idzu.	0,7	0,07	Niet beschadigd door de aardbeving van 1930 te Idzu.
Alluviaal.	Reeds lang voltooid.	Vóór de aardbeving van 1930 te Idzu.	0,48	0,52	Niet beschadigd door de aardbeving van 1930 te Idzu.
Alluviaal.	Gebouwd in 1692.	1919		1,35	Niet beschadigd door alle plaats gehad hebbende aardbevingen.
—	Een zeer oud gebouw.			1,81	Niet beschadigd door alle plaats gehad hebbende aardbevingen.
—	Een zeer oud gebouw.			1,33	Niet beschadigd door alle plaats gehad hebbende aardbevingen.

slingeringen met een periode van 0,1 sec duidelijk waar te nemen.

Een stel verkregen seismogrammen van de aardbeving van 26 November 1930 is afgebeeld op *fig. 9*.

Bij vergelijking van de registreering van de beweging bovenop het gebouw met die van den aangrenzenden grond blijkt:

1e. dat bij een aardbeving van matige intensiteit, een stijf geconstrueerd gebouw met 2 verdiepingen, zooals dat van het Instituut voor onderzoek van aardbevingen, precies op dezelfde wijze beweegt als de grond in de nabijheid, en

2e. dat het gebouw ongevoelig is voor trillingen van den bodem met een zeer korte periode van 0,1 sec of minder.

Hieruit kan afgeleid worden, dat de dynamische kracht, door een aardbeving uitgeoefend op een stijf geconstrueerd gebouw van twee verdiepingen, kan worden beschouwd gelijk te zijn aan de statische kracht, welke voorgesteld wordt door het gewicht van

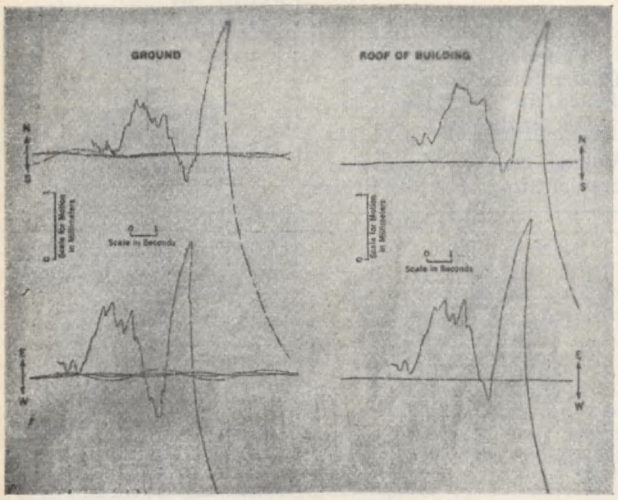


Fig. 9. Seismogrammen van de aardbeving van 26 November 1930, geregistreerd op het dak van het gebouw afgebeeld op foto No. 1, en op den aangrenzenden grond.

het gebouw, vermenigvuldigd met de verhouding van de versnelling van de seismische beweging tot de versnelling der zwaartekracht (zie ook § 12).

7. De slingering van matig stijve gebouwen.

Voor het onderzoek der slingeringen van een matig stijf gebouw werden waarnemingen verricht in het Marunouchi-gebouw, hetwelk tijdens de waarnemingen een eigen periode had van 0,51 à 0,71 sec (zie *tabel IV* No. 8c). Later werd dit gebouw verstijfd, waardoor de periode terugliep tot 0,23 à 0,50 sec (*tabel IV* No. 8e).

Foto 2 geeft een aanzicht van het gebouw, dat van een stalen skelet en gewapend beton wanden en vloeren is voorzien, 30 m hoog is en een kelderruimte bevat, waarboven zich 9 verdiepingen bevinden.

Daar het gebouw in één der drukste stadsgedeelten van Tokio is gelegen, was er in de nabijheid geen ruimte beschikbaar voor opstelling van een instrument en werd dus één seismograaf op den vloer van de benedenverdieping en één op den vloer van de 8ste verdieping geplaatst.

De seismogrammen van een gelijktijdig door deze twee instrumenten geregistreerde aardbeving zijn weergegeven op *fig. 10*.

De vergelijking der bewegingen geeft in dit geval niet zulke juiste uitkomsten als in het vorige, aangezien hier de onderste seismograaf niet de bewegingen van den grond, doch die van den vloer der eerste verdieping weergeeft.

Toch kunnen uit deze waarnemingen eenige belangrijke conclusies worden getrokken.

Uit de verkregen seismogrammen blijkt n.l.:

1e. dat de periode en de vorm van de slingeringen boven in het gebouw en op de benedenverdieping bijna gelijk zijn, doch dat de amplituden op de 8ste verdieping 20 tot 70% grooter zijn dan die op de benedenverdieping en

2e. dat op de 8ste verdieping door de hoofdslingeringen heen, hier en daar secundaire slingeringen voorkomen met een periode van ongeveer 0,5 sec, welke secundaire slingeringen blijkbaar de eigen slingeringen van het gebouw zijn.

Tot de matig stijve gebouwen kunnen ook worden gerekend baksteenen en houten gebouwen met 1 tot 3 verdiepingen (zie *tabel IV* No. 1 en 2); als echter het metselwerk niet van zeer goede kwaliteit is, zal het baksteenen gebouw met een grootere eigen periode slingeren (zie § 8).

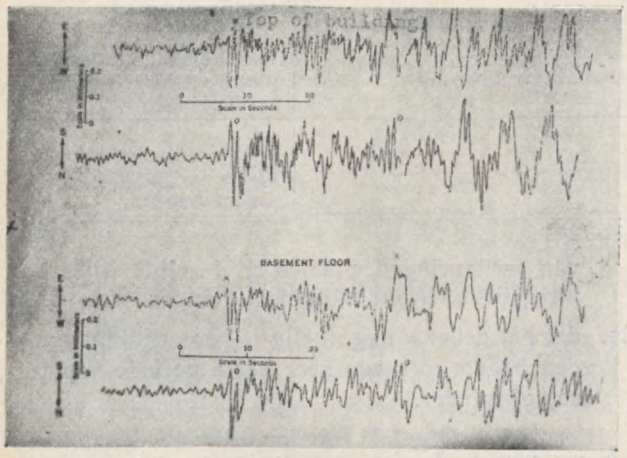


Fig. 10. Seismogrammen van een aardbeving, geregistreerd op den vloer der benedenverdieping alsmede op den vloer der 8ste verdieping van het Marunouchi-gebouw te Tokio.

8. De slingering van buigzame gebouwen.

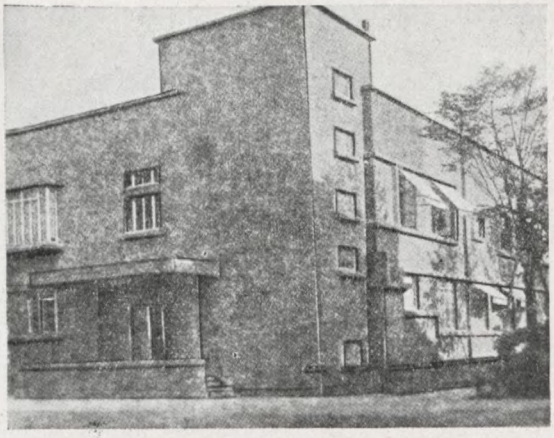
Voor het onderzoek werd gekozen het Yurakuka n-gebouw, dat in denzelfden geest is geconstrueerd (stalen skelet met gewapend beton wanden en vloeren) als het Marunouchi-gebouw.

Evenals laatstgenoemd gebouw heeft het tijdens de aardbeving van 1 September 1923 matige schade geleden, maar het werd sindsdien grondig hersteld en verstijfd, zoodat het thans tot de matig stijve gebouwen kan worden gerekend; de eigen periode bedraagt nu n.l. 0,5 sec tegen 0,80 sec onmiddellijk na de groote aardbeving.

Verklaring der afbeeldingen van de overstaande plaat.

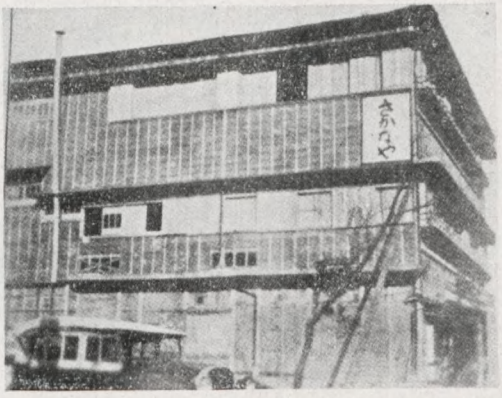
Foto 1. Gebouw van het Instituut voor onderzoek van aardbevingen, in de Keizerlijke Universiteit te Tokio (zie tabel IV no. 15).
Foto 2. Marunouchi-gebouw te Tokio (zie tabel IV no. 8).
Foto 3. Japansch hotel (houten gebouw) met 3 étages te Idzu. Wederstond de aardbeving te Idzu zonder schade (zie tabel IV no. 16).
Foto 4. Aanzicht van den baksteenen Ryounkaku-toren te Tokio, onmiddellijk na de aardbeving van 1-9-1923 (zie tabel IV no. 2).
Foto 5. Claus Spreckels-gebouw te San Francisco; opname kort na de aardbeving van 18-4-1906, terwijl in het gebouw reeds brand was uitgebroken (zie tabel V no. 4).
Foto 6. Ferry-gebouw te San Francisco; opname kort na de aardbeving van 18-4-1906 (zie tabel V no. 5).
Foto 7. Yusen-gebouw te Tokio (zie tabel IV no. 11).
Foto 8. Kayo-gebouw te Tokio (zie tabel IV no. 12).

1

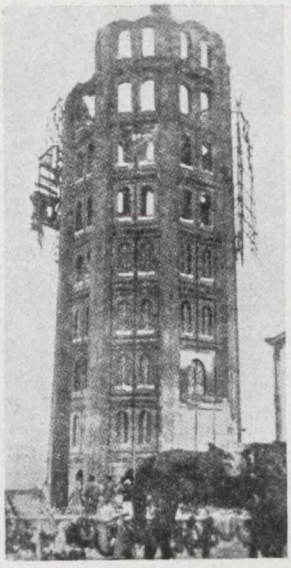


2

3



4



5

6

7

8

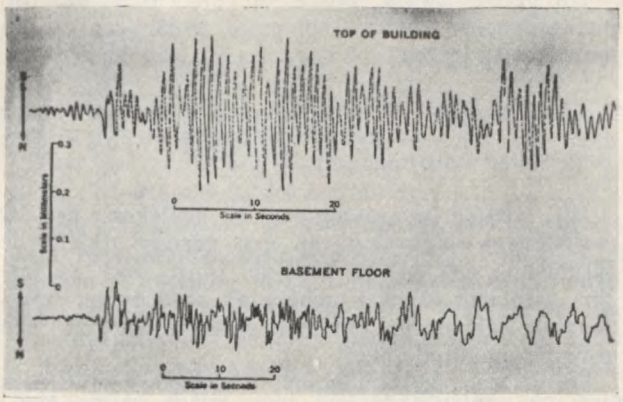


Fig. 11. Seismogrammen van een aardbeving, geregistreerd op den vloer der benedenverdieping en op den vloer der 7de verdieping van het Yurakukan-gebouw.

Toen het seismogram voorgesteld op *fig. 11* werd geregistreerd, was de schade van de aardbeving van 1 September 1923 nog niet hersteld en bedroeg de eigen periode nog 0,80 sec, zoodat het gebouw toenmaals als buigzaam kon worden beschouwd.

Evenals bij het Marunouchi-gebouw, moest ook hier genoegen worden genomen met een opstelling van de onderste seismograaf op den vloer van de benedenverdieping, terwijl de andere seismograaf op de 7de (bovenste) verdieping werd geplaatst.

Zooals uit *fig. 11* blijkt, is de aard van de slingering in dit geval geheel verschillend van die van een stijf en een half-stijf gebouw. De beweging van de benedenverdieping, die uiteraard niet veel verschillend was van die van den aangrenzenden grond, was als gewoonlijk onregelmatig en bestond uit slingeringen met perioden varieerend van 0,7 sec tot 1,1 sec.

Het bovengedeelte van het gebouw echter bewoog vrijwel met een vaste periode van 1 sec, terwijl de grootste amplitude van het bovengedeelte 2 à 3 maal zoo groot was als die van de benedenverdieping.

Bij buigzame gebouwen hebben dus de eigen vrije slingering en de eigen periode de overhand onder de werking van de onregelmatige bewegingen van aardbevingen; stijve gebouwen bewegen zich daarentegen nagenoeg op dezelfde wijze als den onderliggenden bodem, terwijl de aard der beweging van een matig stijf gebouw tusschen de beide vorengenoemde is gelegen.

Tot de buigzame gebouwen moeten gerekend worden:

a. Gebouwen met vier of meer verdiepingen met een skelet van staal of van gewapend beton, doch met lichte vloeren en lichte wanden, bijv. van holle betonsteen of dunne baksteen of eventueel met vloeren en wanden van gewapend beton, welke onvoldoende stijfheid bezitten (zooals bijv. het Tokio Kaikan- en het Yuseн-gebouw, zie *tabel IV* No. 10 en 11); de wanden en ornamentale bepleisteringen en betimmeringen van dergelijke gebouwen zullen, zooals de ondervinding geleerd heeft, bij sterke aardbevingen in den regel ernstig worden beschadigd, zelfs indien het geraamte niet boven de toe te laten grenzen wordt belast.

Voorts behooren ook tot de buigzame gebouwen:

b. Gebouwen met stalen skelet, welke uit hoofde van hunne zeer groote hoogte van meer dan 8 à 10 verdiepingen, een periode van slingering hebben, welke grooter is dan 0,7 sec.

Deze gebouwen kunnen door de groote vormveranderingen, welke bij slingering ontstaan en als gevolg van resonantie met de periode der aardslingering eerder en ernstiger schade oploopen door sterke aardbeving, dan stijve en matig stijve gebouwen, welke uiteraard minder hoog zijn.

In Japan komen dergelijke zeer hooge gebouwen niet voor, aangezien de bouwwetten een maximumhoogte van 30 m toelaten.

c. Gebouwen, welke geheel uit een licht veerkrachtig materiaal zijn samengesteld, bijv. geheel in hout opgetrokken gebouwen (zooals o.a. het Japansche hotel in 3 verdiepingen, zie No. 16 en *foto 3*) of geheel in staal uitgevoerde constructies (hooge stalen vakwerkmasten bijv. voor radio-uitzending, voor hoogspanningskabels e.d.).

Dergelijke bouwwerken zijn, ondanks hunne groote perioden en amplituden, mits voorzien van goede fundeeringen en soliede hoekverstijvingen, blijkens ervaring goed bestand tegen krachtige aardbevingen; dit wordt uiteraard vooral veroorzaakt, doordat zulke bouwwerken een betrekkelijk gering eigen gewicht hebben en dus de grootte der traagheidskrachten gering is.

Dat zulke gebouwen tijdens een aardbeving, met een eigen, tamelijk groote periode slingeren, is gebleken uit de waarnemingen verricht in het stalen skelet van het Diet-gebouw (voordat wanden en vloeren waren aangebracht) te Tokio en een houten gebouw met twee verdiepingen te Idzu.

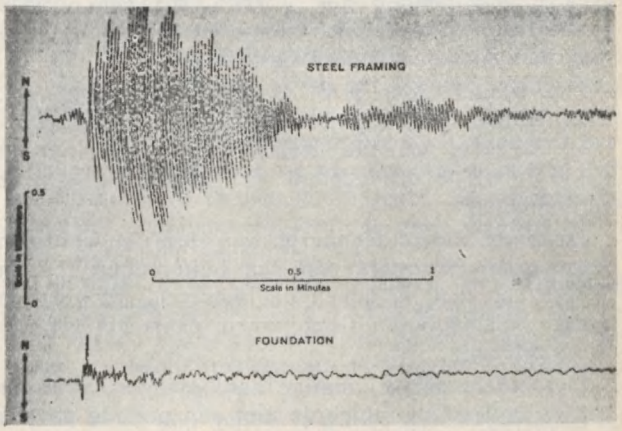


Fig. 12. Seismogrammen van een aardbeving, geregistreerd op de fundeering en op den top van het stalen skelet van het Diet-gebouw te Tokio.

Fig. 12 en *13* geven de seismogrammen weer, verkregen op de bovenste verdieping dier gebouwen en op den nabij gelegen grond.

Tot deze groep behooren ook de Gojunoto's, zijnde de Japansche houten tempeltorens met 5 verdiepingen, welke alle tot heden nog nooit door een

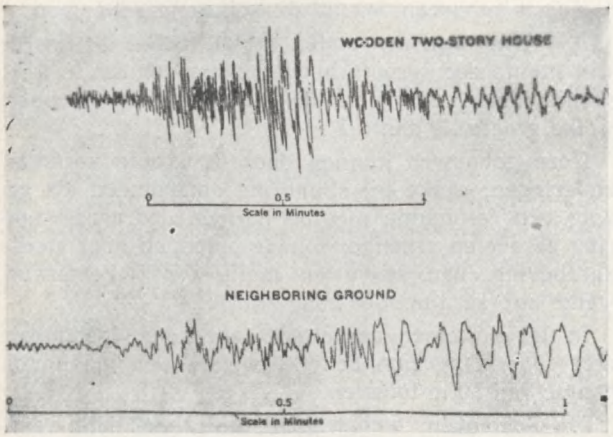


Fig. 13. Seismogrammen van een aardbeving, geregistreerd op de 2de verdieping van een houten gebouw en op den aangrenzenden grond.

aardbeving werden vernield (zie *Tabel IV* No. 18, 19 en 20); nu en dan kwam slechts lichte beschadiging voor [5]).

Bij de hier bedoelde bouwwerken is dus een groote periode volstrekt geen bewijs, dat het gebouw minder goed bestand tegen krachtige aardbevingen zou zijn, hetgeen wel het geval is bij de andere soorten gebouwen.

d. Baksteenen gebouwen met één tot drie verdiepingen, waarvan het metselwerk van een minder goede kwaliteit is en waarvan hieronder een voorbeeld zal worden genoemd, alsmede baksteenen gebouwen van een nog grootere hoogte (zooals bijv. de in *tabel IV* No. 2, vermelde R i j o u n k a k u-toren, zie *foto 4*).

De bedoelde steenen gebouwen met twee of drie verdiepingen hebben wel is waar vaak een periode kleiner dan 0,7 sec, doch slingeren bij een aardbeving toch met een andere periode.

Zoo werden door prof. O m o r i vóór 1923 o.a. waarnemingen verricht in het Museum voor Natuurlijke Historie van de Keizerlijke Universiteit te Tokio [6]), zijnde een gebouw van baksteen met twee verdiepingen.

De totale hoogte der muren was 16 m; er werd een seismograaf bevestigd aan een buitenmuur op een hoogte van 9,30 m boven het maaiveld, terwijl een andere seismograaf op het terrein naast het gebouw werd geplaatst.

Het bleek, dat bij matige aardbevingen de muur aan de bovenzijde slingerde met een periode en een amplitude, welke bijna 3 × zoo groot waren als die op den grond.

De periode van den muur was vrijwel constant en bedroeg gemiddeld 0,33 sec.

Dit gebouw werd, zooals te verwachten was, bij de aardbeving van 1 September 1923 zeer ernstig beschadigd.

9. V e r b a n d t u s s c h e n d e a m p l i t u d e d e r a a r d b e v i n g e n e n d e p e r i o d e d e r g e b o u w e n.

Uit talrijke waarnemingen is gebleken, dat de periode van slingering van een gebouw tijdens de aardbeving niet geheel constant blijft, doch eenigszins toeneemt al naar gelang de aardbeving, waardoor de slingering van het gebouw ontstaat, een grootere amplitude heeft.

Dit is een omstandigheid, waarmede ontwerpers van gebouwen hebben rekening te houden, door de periode van het te ontwerpen gebouw zoo gering mogelijk te doen zijn.

Deze eigenschap geldt voor gebouwen van baksteen, van gewapend beton en gebouwen met stalen skelet, doch in veel mindere mate voor stalen vakwerkmasten en houten gebouwen, zooals bedoeld in § 8 sub *c*.

Bijv. is waargenomen, dat bij het D i e t-gebouw (*fig. 12*) en het houten hotelgebouw (*fig. 13*) de perioden zoowel in normale omstandigheden als bij aardbevingen, steeds respectievelijk 0,75 sec en 0,5 sec bedragen.

Blijkbaar blijft bij deze lichte constructies de slingering geheel elastisch, ook voor zoo ver deze door den fundeeringsgrond wordt beïnvloed.

Bij het Y u r a k u k a n-gebouw met stalen skelet (*tabel IV* No. 9) daarentegen werden in normale omstandigheden en bij een aardbeving perioden waargenomen van respectievelijk 0,8 sec en 1 sec.

Bij het noordelijke afzonderlijke gebouw van de N i p p o n-bank, opgetrokken in een gewapend beton skelet met baksteenvulling, bedroegen de perioden normaal 0,48 sec volgens O. W. en 0,43 sec volgens N.Z. richting, tegen onderscheidenlijk 0,50 sec en 0,46 sec tijdens de aardbeving van 7 Mei 1922.

Bij een 15,30 m hoogen baksteenen schoorsteen, behoorende bij de gebouwen van de Universiteit te Kioto, werden tijdens verschillende aardbevingen waarnemingen verricht, bestaande uit opmeting van de amplitude der aardbeving en de bijbehoorende perioden van den schoorsteen. De volgende resultaten werden verkregen:

Amplitude in mm	Periode in sec	Amplitude in mm	Periode in sec
4,6	1,04	2,0	0,99
4,5	1,02	1,4	1,01
3,5	1,01	1,0	0,99
3,0	1,02	1,0	0,99
2,3	1,02		

Hieruit blijkt, dat de periode van slingering bij een amplitude van 4,6 mm ongeveer 5% grooter was dan bij een amplitude van 1 mm; bij een aardbeving als die van 1 September 1923 te Tokio, met een amplitude van 88,6 mm, zou de periode van dezen baksteenen schoorsteen dus nog zeer aanmerkelijk grooter zijn geweest.

5) K. M u t o: Gojunoto and earthquake. World Engineering Congress, Tokyo 1929, paper no. 668. Deze tempeltorens komen op vele plaatsen in Japan voor en bevinden zich soms ook op minder vasten bouwgrond. De constructie is echter zoodanig, dat zij zeer goed bestand is tegen aardbevingen.

6) Publications, Earthquake Investigation Committee, no. 20, blz. 73.

10. Verband tusschen de periode van een gebouw en de mate van weerstand tegen aardbevingen.

Al naar gelang de stijfheid van een gebouw grooter is, zal de periode kleiner zijn.

Een sprekend voorbeeld hiervan levert het Marunouchi-gebouw te Tokio (*foto 2*).

Zooals in *tabel IV* No. 8 te zien is, heeft dit gebouw door twee aardbevingen, n.l. die van 26 April 1922 en van 1 September 1923, schade geleden en telkenmale werd het versterkt; het gevolg hiervan was, dat de eigen periode na iedere herstelling kleiner werd.

Oorspronkelijk had dit gebouw een betrekkelijk licht stalen skelet, met tusschenwanden van holle betonsteenen; de kolommen waren bekleed met holle betonsteenen, terwijl de gewapend beton vloeren van een betrekkelijk lichte constructie waren; alzoo was het stalen skelet het voornaamste gedeelte, dat het gebouw stijfheid moest geven.

Een dergelijke bouwwijze was omstreeks 1920, zoowel in Californië als in Japan, zeer in gebruik.

Bij de aardbeving van 26 April 1922 leed het gebouw schade, welke bestond uit scheuren in de buiten- en binnenwanden.

Vervolgens had versterking van het gebouw plaats door het aanbrengen van nieuwe wanden van gewapend beton, ter vervanging van de oude, alsmede door het omgeven van de ijzeren kolommen door gewapend beton.

De eigen periode werd hierdoor teruggebracht van 0,9 tot 0,7 sec.

De groote aardbeving van 1 September 1923 richtte wederom schade aan, bestaande uit scheuren in de wanden.

Weder had versterking plaats door vervanging van de bestaande wanden door nieuwere van gewapend beton van nog grootere dikte en door toevoeging van nog meer tusschenwanden van gewapend beton.

Deze beide versterkingen der constructie van 1922 en 1923 hebben het totale eigen gewicht van het gebouw met 20% vermeerderd.

Aldus werd de eigen periode van het gebouw teruggebracht tot 0,5 sec. Men ziet dus, dat er een nauw verband bestaat tusschen de mate van stijfheid en de periode van een gebouw.

Uit onderzoekingen in een laboratorium van de Standforduniversiteit in Californië, met een schuddende tafel en met kleine modellen van verdiepingsgebouwen, is gebleken, dat groote stijfheid van de wanden van een gebouw van overwegend belang is, aangezien bij aanwezigheid van een skelet, meer dan 50% van de opgewekte reacties worden opgenomen door deze wanden en het resteerende dier krachten door het skelet [7]).

Ook uit de in Tokio en Yokohama opgedane ondervindingen op 1 September 1923 is gebleken, dat de weerstand tegen aardbevingen veel meer afhangt van stijve wanden en vloeren dan van de mate van stijfheid van een aanwezig skelet.

De weerstand van een verdiepingsgebouw tegen aardbevingen is des te grooter naar mate beter is voldaan aan de voorwaarde, dat de buitenwanden, vloeren, binnenwanden en het skelet (indien dit aanwezig is), één monolithisch, stijf geheel vormen.

Blijkens de in verschillende landen verrichte waarnemingen en onderzoekingen, hebben aardbevingen met een vernielende werking een periode, welke varieert van ongeveer 0,5 sec tot 2 sec. Bij de aardbevingen met een periode grooter dan 2 sec, werd geen vernielende werking geconstateerd, doch had soms slechts een weinig ernstige beschadiging van gebouwen plaats.

Ten einde resonantie te vermijden, behoort de periode van het gebouw dus zoo mogelijk kleiner te zijn dan 0,5 of grooter dan 2 sec [8]).

Bij gebouwen van niet meer dan 8 verdiepingen (30 m hoogte) kan deze graad van stijfheid nog worden verkregen, door middel van wanden, vloeren en skelet van gewapend beton (c.q. skelet van staal).

Ook kunnen, ofschoon in een mindere mate, wanden van baksteen, voorzien van horizontale en verticale ijzeren wapening en gevat in een raamwerk van gewapend beton balken en stijlen, aan het gebouw de noodige stijfheid geven.

Bij gebouwen van een nog grootere hoogte dan 30 m wordt de uitvoering van een zeer stijve constructie oneconomisch. Aldus zal, althans volgens de opvatting van sommige Amerikaansche deskundigen, een constructie toepassing moeten vinden, waarbij voldoende buigzaamheid wordt verkregen, met een periode van 2 sec of meer, zonder dat door groote doorbuigingen en vormveranderingen van het stalen skelet, vernieling van buiten- en binnenwanden, pleisterwerk en decoratieve bekleedingen, wordt teweeggebracht.

In Californië wordt thans de oplossing voor zulke hooge gebouwen gezocht in een constructie, waarbij de kelderverdieping voorzien is van kolommen zonder daartegen aansluitende wanden, terwijl daarboven de overige verdiepingen van het gebouw als één stijf monolithisch geheel zijn uitgevoerd.

De kolommen der kelderverdieping hebben een zoodanige doorsnede, dat zij bij een aardbeving in een voldoende mate kunnen doorbuigen; die doorbuiging geschiedt onbelemmerd, daar er geen wanden tegen deze kolommen aansluiten.

Op deze wijze zal het bovenste, stijve gedeelte van het gebouw, zonder dat daarin te groote spanningen worden opgewekt, met een periode grooter dan 2 sec kunnen slingeren op de buigzame kolommen der kelderverdieping.

Ten einde een indruk te geven van de perioden en amplituden van andere hooge gebouwen, zonder buigzame kelderverdieping, zijn daaromtrent in *tabel V* eenige gegevens verzameld, welke betrekking hebben op gebouwen te San Francisco.

Het 19 verdiepingen hooge Claus-Spreckels gebouw (*tabel V* No. 4), waarvan de periode 2,32 sec bedroeg, is bij de aardbeving van 18 April 1906 onbeschadigd gebleven.

7) B. Willis. Earthquake resistant construction — its status today. *Engineering News Record*, 3 November 1932, blz. 532.

8) Dit is uiteraard juist voor systemen met één graad van vrijheid. Er kan echter nog resonantie optreden met bijv. de tweede eigen harmonische, bij systemen met meer graden van vrijheid.

Perioden en verdere gegevens betreffende enkele gebouwen te San Francisco.

(De opgegeven perioden en amplituden hebben slechts betrekking op slingeringen als gevolg van het verkeer langs de straten).

TABEL V.

No.	Bijzonderheden omtrent de constructie der gebouwen	Ligging	Periode in sec	Dubbele amplitude in mm
1	Baksteenen gebouw met 3 verdiepingen, 15 × 37,50 m in plattegrond.	Tusschen de Bushstreet en Fern Avenue	0,53	0,036
2	Baksteenen gebouw met 6 verdiepingen, 14,40 × 39 m in plattegrond.	445 Sutterstreet	Volgens de lengterichting 0,37 Volgens de breedterichting 0,7	0,014 0,036
3	Het Sheldon-gebouw; gewapend beton skelet en wanden met 8 verdiepingen, met aan de achterzijde twee vleugels, gescheiden door een binnenplaats; gelegen op zachten grond.	Hoek First-Street — Marketstreet	0,4	0,05
4	Het Claus-Spreckels-gebouw. Stalen skelet, met 19 verdiepingen, berekend op een winddruk van 50 pond per vierkanten voet (rond 250 kg/m²). Fundeering 7,5 m diep onder het maaiveld. (Zie *foto 5*).	Marketstreet	2,32	0,08
5	Toren van het Ferry-gebouw. Hoogte: 67,50 m; gebouwd op opgespoten terrein bij de kust, met weinig draagvermogen. Het bouwwerk rust op een paalfundeering. (Zie *foto 6*).	—	0,86	0,07

De periode van de aardbeving is hier blijkbaar kleiner geweest dan die van het gebouw; het skelet werd destijds met het oog op aardbevingen berekend op een grooten winddruk, n.l. 50 pond per vierkanten voet (rond 250 kg/m²).

Toenmaals was het in Californië gebruikelijk om bij de berekening een zeer grooten winddruk aan te houden, in verband waarmede het gebouw geacht werd bestand te zijn tegen seismische krachten.

Foto 5 stelt dit gebouw voor; deze opname geschiedde kort na de aardbeving, nadat juist brand daarin was uitgebroken.

De toren van het Ferry-gebouw (*tabel V* No. 5) daarentegen, met een periode van slechts 0,86 sec (zie *foto 6* welke kort na de aardbeving van 18 April 1906 werd opgenomen), werd ernstig beschadigd.

De toren had een stalen skelet, waartusschen muren gedeeltelijk van zandsteen, gedeeltelijk van baksteen waren aangebracht.

Door de aardbeving werden groote muurgedeelten van den toren uitgeworpen en diverse ijzeren trekstaven van het geraamte gebroken.

Het straatoppervlak in front van het gebouw verzakte 0,60 m, het gebouw zelf, dat op een paalfundeering rust, toonde geen zakking.

Dat gebouwen van niet meer dan 30 m hoogte (max. 8 à 9 verdiepingen) meer weerstand tegen aardschokken bieden al naar gelang de periode kleiner is, bleek bij de Japansche aardbeving van 1 September 1923.

Zulks is ook te zien uit *tabel IV*; de gebouwen No. 10a Tokio Kaikan, No. 8c Marunouchi-gebouw, No. 13 Kogyo-bankgebouw en No. 12 Kayo-gebouw, welke gerangschikt zijn in ongeveer afnemende volgorde hunner periodes, zijn daardoor tevens gerangschikt in afnemende volgorde van de mate, waarin zij door de aardbeving van 1 September 1923 werden beschadigd.

Foto's 6 en *7* geven aanzichten van het Yusen- en het Kayo-gebouw te Tokio, waarvan verdere gegevens in *tabel IV* zijn te vinden.

(Wordt vervolgd.)

Het plooien van een vlakke plaat, die op een elastisch-isotrope halfruimte is opgelegd, met een toepassing op de golfvorming in wegverhardingen

door

prof. ir. P. P. BIJLAARD.

Korte inhoud.

Een op een vloeibaar substratum drijvende plaat ondervindt in elk punt tegendrukken, die evenredig zijn met de inzinking en zal, wanneer ze door een vlakken spanningstoestand $\rho_1\rho_2$ wordt belast en de benoodigde plooispanning bereikt kan worden, plooien in sinusgolven loodrecht op de richting van de grootste drukspanning ρ_1. Hoewel bij een, op de elastisch-isotrope halfruimte (den grond) opgelegde plaat, in het algemeen de in verschillende punten ondervonden tegendrukken niet evenredig zijn met de zakkingen daar ter plaatse, wordt aangetoond, dat ook dan de plaat zal plooien in sinusgolven loodrecht op de richting van de grootste drukspanning ρ_1. De optredende (halve) golflengte a en de plooispanning ρ_1 worden berekend. Wat den weerstand in verticale richting betreft, gedraagt de grond zich hierbij alsof hij bestond uit los van elkaar staande grondzuiltjes, met een lengte van $\frac{2}{\pi}$ maal de (halve) golflengte a en een elasticiteitsmodulus E_1'' die 1,5 à 2 maal zoo groot is als de elasticiteitsmodulus E_1 van den grond. Deze verticale weerstand is ten deele een gevolg van de door de plaat op den grond overgebrachte schuifspanningen. Bovendien hebben de omgekeerd door den grond op de plaat uitgeoefende schuifspanningen een verstijvende werking op de plaat, waarvan het effect, onder bepaalde omstandigheden, van dezelfde orde van grootte kan zijn als dat van den weerstand van den grond in verticalen zin.

Ter illustratie van de toepassing der afgeleide betrekkingen wordt een door steller destijds vermoede verklaring voor de golfvorming in wegverhardingen numeriek gecontroleerd. Deze verklaring luidt, dat door het walsen en het verkeer horizontaal gerichte drukspanningen in de verharding worden opgewekt, voornamelijk in de richting van de wegas, als gevolg waarvan de verharding onder bepaalde omstandigheden uitplooit (knikt), waarbij de door het verkeer opgewekte trillingen als katalysator werken. De contrôle leidt tot niet onaannemelijke resultaten.

1. Inleiding.

Aanleiding tot onderstaande berekening was ons vermoeden, dat de golfvorming, die men dikwijls in wegdekken aantreft, veroorzaakt wordt door een uitplooien van het wegdek, als gevolg van daarin door het walsen en het verkeer ontstaande horizontaal gerichte drukspanningen.

We beschouwden vroeger [1]) reeds het geval van een op een vloeibaar substratum drijvende plaat, die door een vlakken spanningstoestand $\rho_1\rho_2$ wordt belast, waarbij de hoofddrukspanningen ρ_1 en ρ_2 resp. in X- en Y-richting werkten (*fig. 1*). Wanneer de grootste hoofddrukspanning ρ_1 een bepaalde waarde bereikt, zal een dergelijke plaat kunnen plooien. De grootte van deze plooispanning werd bepaald door het evenwicht van een deeltje $h\,dx\,dy$ te beschouwen, hetgeen voor het elastische gebied leidt tot de volgende differentiaalvergelijking [2]):

$$N\left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4}+2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2\partial y^2}+\frac{\partial^4 w}{\partial y^4}\right)+h\,\rho_1\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+ \\ +h\,\rho_2\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}+c\,w=0 \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Hierin is $N=\frac{m^2}{m^2-1}E\,I$, terwijl $I=\frac{h^3}{12}$. E, m en h zijn resp. de elasticiteitsmodulus, de contractiecoëfficiënt en de dikte (hoogte) van de plaat. Verder stelt w een oneindig kleine uitbuiging voor en $c\,w$ den bij die uitbuiging door het substratum geleverden tegendruk σ_z, die bij een *vloeibaar* substratum evenredig aan de zakking w is.

De eerste term van het eerste lid stelt, vermenigvuldigd gedacht met $dxdy$, de resultante voor van de op het deeltje $hdxdy$ werkende dwarskrachten; de tweede en derde term stellen op dezelfde wijze de resultanten in verticale richting voor van de op het deeltje werkende drukkrachten $h\rho_1 dy$ en $h\rho_2 dx$; de laatste term geeft op gelijke wijze de door het substratum tegen het deeltje uitgeoefende verticale druk. Daar het deeltje bij de plooispanning juist in evenwicht is, moet de algebraïsche som van al deze krachten nul zijn, hetgeen door vergelijking (**1**) wordt uitgedrukt.

Voor het meer algemeene geval, dat de plaat eerst plooit als de spanningscombinatie $\rho_1\rho_2$ de elasticiteitsgrens reeds overschreden heeft, vonden we, bij een geheel plastisch gedachte plaat, de differentiaalvergeking [3]) [4]):

$$EI\left\{A\frac{\partial^4 w}{\partial x^4}+(B+C+4F)\frac{\partial^4 w}{\partial x^2\partial y^2}+D\frac{\partial^4 w}{\partial y^4}\right\}+ \\ +h\rho_1\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+h\rho_2\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}+c\,w=0 \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

en berekenden we de coëfficiënten A, B, C, D en F

1) Bijlaard. Beschouwingen over de knikzekerheid en de plastische vervormingen van de aardkorst in verband met de geologie van den Oost-Indischen archipel. *De Ingenieur in Ned.-Indië*. No. 11 en 12 (1935).

2) Zooals in lit. noot 1 vermeld, werd verg. (1) op andere wijze reeds afgeleid door Biezeno en Hencky. On the general theory of elastic stability. *Proceedings Koninklijke Akademie van Wetenschappen*. No. 6 (1928).

3) Bijlaard. A theory of plastic buckling with its application to geophysics. *Proceedings Koninklijke Akademie van Wetenschappen*. No. 5 (1938).

4) Bijlaard. A theory of plastic stability and its application to thin plates of structural steel. *Proc. Kon. Ak. v. Wet.* No. 7 (1938).

voor het geval dat de plaat uit een kristallijn materiaal bestaat en boven de elasticiteitsgrens zuiver plastisch vervormt, dus daarvoor de plasticiteitsvoorwaarde der begrensde gedaanteveranderingsarbeid geldt.

In het geval dat we thans in beschouwing willen nemen, zal in het algemeen de plaat niet uit een dergelijk materiaal bestaan. De algemeene differentiaalvergelijking (2) zal desalniettemin, ook voor de plaat als geheel, haar geldigheid behouden, alleen zullen voor de coëfficiënten A, B. C, D, en F andere waarden gelden.

Waar we echter nu de plaat niet op een vloeibaar substratum, doch op een *elastisch-isotrope halfruimte* — den grond — opgelegd denken, zal bovendien de bij een uitbuiging w van de plaat ontstaande tegendruk σ_z niet zonder meer evenredig aan w gesteld mogen worden, daar bij een belasting van de elastisch-isotrope halfruimte de zakking in een bepaald punt niet alleen bepaald wordt door de op die plaats werkende belasting, maar ook door de belasting op andere punten. We mogen dus nu niet met een constanten beddingscoëfficiënt c rekenen, maar moeten, op een dergelijke wijze als H a p p é [5]) dit deed bij de berekening van de spanningen in een door een verticalen puntlast belaste plaat, die op de elastisch-isotrope halfruimte is opgelegd, de tegendrukken σ_z berekenen uit de door de zakkingen w in de halfruimte ontstaande vervormingen. Onze algemeene differentiaalvergelijking (2) krijgt dus nu den volgenden vorm:

$$EI\left\{A\frac{\partial^4 w}{\partial x^4}+(B+C+4F)\frac{\partial^4 w}{\partial x^2\partial y^2}+D\frac{\partial^4 w}{\partial y^4}\right\}+ \\ +h\varrho_1\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+h\varrho_2\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}+\sigma_z=0 \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

We denken ons hierbij eerst de plaat zoodanig op de halfruimte opgelegd, dat ze daarop wel druk- en trekspanningen, maar geen schuifspanningen kan uitoefenen.

2. De belasting van de elastisch-isotrope halfruimte.

Voor de op een vloeibaar substratum opgelegde plaat werd door ons bewezen dat, bij eventueele plooiing, deze zou optreden in golven $w = w_0 \cos\frac{\pi}{a}x$, die dus loodrecht staan op de richting van de grootste hoofddrukspanning ϱ_1 en in de richting van ϱ_1 (X-richting) een (halve) golflengte a vertoonen. Bij deze cosinusvormige verbuiging is evenwicht mogelijk.

Het uitwendige moment door de hoofdspanningen ϱ_1 verloopt n.l. evenredig met de uitbuiging w, dus cosinusvormig. Het uitwendige moment door de cosinusvormig verloopende tegendrukken $c\,w$ verloopt als de tweede integraalkromme bij w, dus ook volgens een cosinus.

Het totale uitwendige moment verloopt dus ook volgens een cosinus. Het inwendige moment moet dus, om evenwicht mogelijk te maken, ook cosinusvormig verloopen en dit is immers het geval, want het inwendige moment verloopt als de tweede afgeleide van de doorbuiging, dus ook weer volgens een cosinus [6]).

Als nu, bij oplegging van de plaat op de elastisch isotrope halfruimte en voorloopig de in het grensvlak overgebrachte schuifspanningen buiten beschouwing latend, bij een cosinusvormig verloop van w, ook σ_z cosinusvormig verloopt, dus evenredig is met w, dus omgekeerd een cosinusvormige belasting van de halfruimte ook een daaraan evenredige zakking w van het bovenvlak opwekt, zal ook voor dit geval plooien volgens golven $w = w_0 \cos\frac{\pi}{a}x$ mogelijk zijn en, zooals nog verder zal worden toegelicht, ook de kleinst mogelijke plooispanningen vereischen. Het bijzondere van de cosinus- (of sinus-) lijn, dat alle even afgeleiden affien verloopen met de functie zelf, geeft hierop goede hoop.

Om te zien of onze onderstelling juist is, denken we op de in *fig. 2* voorgestelde halfruimte aan de bovenzijde, dus voor $z' = b$ ($b = \infty$), een verticale belasting:

$$\sigma_{z'(z'=b)} = \sigma_0 \cos\frac{\pi}{a}x' \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

aangebracht. We denken den oorsprong van ons nieuwe assenstelsel X', Y', Z' dus aan de onderzijde van de halfruimte.

Onder een belasting volgens (4) zal de halfruimte in een vlakken vervormingstoestand gebracht worden, daar de lengteverandering in Y-richting nul zal blijven. Stellen we:

$$\sigma_{z'}=\frac{\partial^2\Phi}{\partial x'^2},\quad \sigma_{x'}=\frac{\partial^2\Phi}{\partial z'^2} \text{ en } \tau_{z'x'}=-\frac{\partial^2\Phi}{\partial x'\partial z'} \quad \ldots \quad (5)$$

dan moet Φ, de zoogenaamde spanningsfunctie van A i r y, dus voldoen aan de volgende differentiaalvergelijking [7]):

$$\frac{\partial^4\Phi}{\partial x'^4}+2\frac{\partial^4\Phi}{\partial x'^2\partial z'^2}+\frac{\partial^4\Phi}{\partial z'^4}=0 \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

Om voor $z' = b$ in X'-richting een cosinusvormig verloop van $\sigma_{z'(z'=b)}$ volgens (4) te krijgen — we rekenen drukspanningen als positief — zal volgens (5) ook Φ in X'-richting cosinusvormig moeten verloopen. Dus moet:

$$\Phi = Z' \cos\frac{\pi}{a}x' \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

zijn, waarin Z' een functie van z' alleen is. Volgens (5) is dan:

$$\sigma_{z'}=-\left(\frac{\pi}{a}\right)^2 Z' \cos\frac{\pi}{a}x', \qquad \sigma_{x'}=\frac{d^2Z'}{dz'^2}\cos\frac{\pi}{a}x'$$

$$\text{en } \tau_{z'x'}=\frac{\pi}{a}\frac{dZ'}{dz'}\sin\frac{\pi}{a}x' \quad \ldots\ldots \quad (8)$$

5) H a p p é. Nieuwe inzichten inzake de werking en de constructie van wegdekken. *De Ingenieur in Ned.-Indië*. No. 6 (1939).

6) Zie voor een op deze redeneering berustende directe afleiding van de plooispanning, zonder gebruikmaking van de differentiaalvergelijking, lit. noot 1), onder 2e: „Eenvoudige afleiding van de plooikracht $h\varrho_1$".

7) T i m o s h e n k o. Theory of elasticity. p. 25.

Voor de zakking w van de bovenzijde van de halfruimte is dus te schrijven:

$$w = \int_0^b \varepsilon_{z'}\, dz' \quad \ldots\ldots (9)$$

Nu is zooals hierboven reeds werd opgemerkt:

$$\varepsilon_{y'} = \frac{\sigma_{y'}}{E_1} - \frac{\sigma_{x'} + \sigma_{z'}}{m_1 E_1} = 0,$$

dus:

$$\sigma_{y'} = \frac{1}{m_1}(\sigma_{x'} + \sigma_{z'}) \quad \ldots\ldots (10)$$

waarbij, ter onderscheiding van de constanten van de plaat, de elasticiteitsmodulus en contractiecoëfficiënt van den grond resp. E_1 en m_1 worden genoemd.

Verder is:

$$\varepsilon_{z'} = \frac{\sigma_{z'}}{E_1} - \frac{\sigma_{x'} + \sigma_{y'}}{m_1 E_1}$$

Wordt hierin $\sigma_{y'}$ volgens (10) ingevuld, dan wordt:

$$\varepsilon_{z'} = \frac{m_1^2 - 1}{m_1^2} \cdot \frac{\sigma_{z'}}{E_1} - \frac{m_1 + 1}{m_1^2} \cdot \frac{\sigma_{x'}}{E_1}$$

zoodat volgens (9):

$$w = \frac{m_1^2 - 1}{m_1^2 E_1} \int_0^b \sigma_{z'} dz' - \frac{m_1 + 1}{m_1^2 E_1} \int_0^b \sigma_{x'}\, dz' \quad \ldots (11)$$

Daar echter op de halfruimte in X'-richting geen uitwendige kracht werkt, zal noodzakelijk de totale normaalkracht in een verticale doorsnede nul zijn, dus moet:

$$\int_0^b \sigma_{x'}\, dz' = 0.$$

Hierdoor wordt dus volgens vergelijking (11):

$$w = \frac{m_1^2 - 1}{m_1^2 E_1} \int_0^b \sigma_{z'} dz' \quad \ldots\ldots (12)$$

Volgens (8) verloopt $\sigma_{z'}$ evenredig met $\cos \frac{\pi}{a} x'$, dus evenredig met de uitwendige belasting $\sigma_0 \cos \frac{\pi}{a} x'$ volgens (4), zoodat volgens (12) ook w evenredig met de belasting zal verloopen. Onze onderstelling is dus juist, het gaat er nu alleen nog om, het verband tusschen belasting en zakking te bepalen.

Hiertoe substitueeren we de spanningsfunctie Φ volgens (7) in vergelijking (6), waaruit na deeling door $\cos \frac{\pi}{a} x'$ volgt:

$$\lambda^4 Z' - 2\lambda^2 \frac{d^2 Z'}{dz'^2} + \frac{d^4 Z'}{dz'^4} = 0 \quad \ldots\ldots (13)$$

waarin $\lambda = \frac{\pi}{a}$ is.

Wordt verder $Z' = e^{\alpha z'}$ gesteld, dan volgt uit (13), na deeling door $e^{\alpha z'}$:

$$\lambda^4 - 2\lambda^2 \alpha^2 + \alpha^4 = 0$$

of:

$$(\lambda^2 - \alpha^2)^2 = 0.$$

De vier wortels van deze vergelijking zijn: $\alpha_1 = \lambda$, $\alpha_2 = -\lambda$, $\alpha_3 = \lambda$ en $\alpha_4 = -\lambda$. Daar $\alpha_3 = \alpha_1$ en $\alpha_4 = \alpha_2$ is, voldoen dus aan (13) behalve $e^{\lambda z'}$ en $e^{-\lambda z'}$, ook $z'\, e^{\lambda z'}$ en $z'\, e^{-\lambda z'}$, zoodat de algemeene oplossing luidt:

$$Z' = A\, e^{\lambda z'} + B\, e^{-\lambda z'} + Cz'\, e^{\lambda z'} + Dz'\, e^{-\lambda z'}$$

waarvoor ook is te schrijven:

$$Z' = C_1 \cosh \lambda z' + C_2 \sinh \lambda z' + C_3 z' \cosh \lambda z' + C_4 z' \sinh \lambda z' \quad \ldots\ldots (14)$$

zoodat volgens (7):

$$\Phi = (C_1 \cosh \lambda z' + C_2 \sinh \lambda z' + C_3 z' \cosh \lambda z' + C_4 z' \sinh \lambda z') \cos \lambda x' \quad \ldots (15)$$

Volgens verg. (8) is nu dus bijv.:

$$\sigma_{z'} = -\lambda^2 (C_1 \cosh \lambda z' + C_2 \sinh \lambda z' + C_3 z' \cosh \lambda z' + C_4 z' \sinh \lambda z') \cos \lambda x' \quad \ldots\ldots (16)$$

De constanten moeten uit de randvoorwaarden bepaald worden. Voor $z' = b$ zijn de twee randvoorwaarden, dat $\sigma_{z'} = \sigma_0 \cos \lambda x$ is en $\tau_{z'x'} = 0$. Voor $z' = 0$ zullen, als b oneindig groot is, zoowel $\sigma_{z'}$ als $\tau_{z'x'}$ nul zijn, daar de belasting van het bovenvlak van de halfruimte volgens *fig. 2* statisch aequivalent is met een belasting nul, dus volgens het principe van de Saint-Venant reeds op betrekkelijk kleine diepte geen spanningen meer zal veroorzaken. Teneinde ook bij geringe dikte van de onder de plaat gelegen grondlaag, bijv. als deze weer op een zeer stijven grondslag, bijv. gesteente (op Java padas) rust, de indrukking te kunnen berekenen, denken we echter b voorloopig niet zoo groot. Verwaarloozen we ook de op de stijve onderlaag uitgeoefende schuifspanningen, dan weten we alleen, dat in het vlak $z' = 0$ de grondlaag vlak blijft en geen schuifspanningen overbrengt, dus in dezelfde conditie verkeert als een grondlichaam, dat belast wordt volgens *fig. 2a*, welk belastingsgeval is verkregen door spiegeling van het geval volgens *fig. 2* in het vlak $z' = 0$. De randvoorwaarden zijn dus nu, dat voor $z' = \pm b$:

$$\sigma_{z'} = \sigma_0 \cos \lambda x' \quad \ldots \textbf{(I)} \quad \text{en} \quad \tau_{z'x'} = 0 \quad \ldots \textbf{(II)}$$

$\sigma_{z'}$ moet dus symmetrisch ten opzichte van het middenvlak $z' = 0$ verloopen, dus zullen de coëfficiënten C_2 en C_3 van de in verg. (16) voorkomende functies $\sinh \lambda z'$ en $z' \cosh \lambda z'$, die zulks niet doen, nul moeten zijn.

Volgens verg. (14) is dus:

$$Z' = C_1 \cosh \lambda z' + C_4 z' \sinh \lambda z' \quad \ldots\ldots (17)$$

Volgens (8) zijn de randvoorwaarden (I) en (II) als volgt te schrijven:

$$\sigma_{z'} = -\lambda^2 Z' \cos \lambda x' = \sigma_0 \cos \lambda x'$$

$$\tau_{z'x'} = \lambda \frac{dZ'}{dz'} \sin \lambda x' = 0$$

of:

$$Z' = -\frac{\sigma_0}{\lambda^2} \quad \ldots\ldots (18)$$

$$\frac{dZ'}{dz'} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

Uit (**17**) volgt:

$$\frac{dZ'}{dz'} = C_1\lambda \sinh \lambda z' + C_4(\lambda z' \cosh \lambda z' + \sinh \lambda z') \quad \ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

Invulling van (**17**) en (**20**) in (**18**) en (**19**) geeft, daar hierin $z' = b$ is te stellen:

$$C_1 \cosh \lambda b + C_4 b \sinh \lambda b = -\frac{\sigma_o}{\lambda^2}$$

$$C_1\lambda \sinh \lambda b + C_4(\lambda b \cosh \lambda b + \sinh \lambda b) = 0$$

waaruit volgt:

$$C_1 = -\frac{2\sigma_o}{\lambda^2}\,\frac{\sinh \lambda b + \lambda b \cosh \lambda b}{\sinh 2\lambda b + 2\lambda b} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

$$C_4 = \frac{2\sigma_o}{\lambda^2}\,\frac{\lambda \sinh \lambda b}{\sinh 2\lambda b + 2\lambda b} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

Invulling van C_1 en C_4 in (**16**), waarin dus $C_2 = C_3 = 0$ is, geeft bijv. het verloop van $\sigma_{z'}$. Nu bevinden we ons hier op bekend terrein, want T i m o s h e n k o [8]) heeft reeds de spanningen berekend in een balk of schijf, die van boven- en onderzijde resp. door belastingen $A \sin \frac{m\pi x}{l}$ en $B \sin \frac{m\pi x}{l}$ belast wordt (*fig. 3*), welk geval door hem onderzocht werd ter inleiding van de ontwikkeling van een bepaalde belasting van een balk of schijf in een reeks van F o u r i e r — als enkele term van zoo'n reeks dus. Daar voor dit geval dezelfde randvoorwaarden voor $z = \pm b$ gelden als voor het in *fig. 2a* voorgestelde geval, zijn de door ons voor dit geval berekende spanningen, dus de constanten C_1, C_2, C_3 en C_4, natuurlijk dezelfde als die van T i m o s h e n k o voor het geval, dat $A = B = \sigma_o$ is.

Het zijn echter — daar het in ons geval een stabiliteitsprobleem geldt, dus in de eerste plaats de stijfheid een rol speelt — niet de spanningen die ons interesseeren, maar de vervormingen. Daartoe moeten we volgens verg. (**12**) $\int \sigma_{z'}\, dz'$ berekenen. Volgens verg. (**16**) is, met $C_2 = C_3 = 0$:

$$\int \sigma_{z'}\, dz' = -\{C_1\lambda \sinh \lambda z' + C_4(\lambda z' \cosh \lambda z' - \sinh \lambda z')\} \cos \lambda x'$$

zoodat uit (**16**) met behulp van (**21**) en (**22**) na uitwerking volgt:

$$w = \frac{m_1^2 - 1}{m_1^2 E_1}\,\frac{4\sigma_o}{\lambda}\,\frac{\sinh^2 \lambda b}{\sinh 2\lambda b + 2\lambda b} \cos \lambda x'$$

waarvoor in verband met verg. (**4**) en met $\lambda = \frac{\pi}{a}$ is te schrijven:

$$w = \frac{m_1^2 - 1}{m_1^2 E_1}\,\frac{2\sinh^2 \lambda b}{\sinh 2\lambda b + 2\lambda b}\,\frac{2}{\pi} a \sigma_{z'(z'=b)} \quad \ldots \quad (23)$$

8) T i m o s h e n k o. l. c. p. 46.

Voor een halfruimte, dus als b oneindig is, volgt uit (**23**) met de regel van d e l'H o s p i t a l:

$$w = \frac{m_1^2 - 1}{m_1^2 E_1} \cdot \frac{2}{\pi} a \sigma_{z'(z'=b)}$$

Stellen we:

$$\frac{m_1^2 E_1}{m_1^2 - 1} = E_1' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (24)$$

dan is dus:

$$w = \frac{2}{\pi} a \frac{\sigma_{z'(z'=b)}}{E_1'} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (25)$$

Het is interessant, hoe weinig de voor eindige dikte b van de grondlaag berekende waarde volgens (**23**) reeds bij geringe grootte van b van die voor oneindig groote dikte volgens (**25**) verschilt. Zoo vinden we bijv. voor een dikte van het grondlichaam b gelijk aan de (halve) golflengte a, dat is voor het in het laatste hoofdstuk behandelde geval van het plooien van een wegdek ongeveer 40 cm, waarvoor dus $\lambda b = \frac{\pi}{a} b = \pi$ is, volgens (**23**):

$$w = 0{,}974\,\frac{2}{\pi} a \frac{\sigma_{z'(z'=b)}}{E_1'}$$

dus slechts 3% minder dan volgens (**25**). We kunnen dus altijd met verg. (**25**) rekenen.

Uit verg. (**25**) *volgt nu, dat onder een belasting* $\sigma_{z'(z'=b)}$ *volgens verg.* (**4**), *met een halve golflengte a, de elastisch isotrope halfruimte zich gedraagt alsof ze bestond uit los van elkaar staande zuiltjes met een hoogte* $\frac{2}{\pi} a$ *en een elasticiteitsmodulus* E_1' *volgens verg. (24), zooals in fig. 4 schematisch is voorgesteld.*

Volgens verg. (**25**) is omgekeerd:

$$\sigma_{z'(z'=b)} = \frac{\pi E_1'}{2a} w = \frac{c'}{a} w \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (26)$$

We kunnen dus in zekeren zin spreken van een *fictieven beddingscoëfficiënt* $\frac{c'}{a}$, waarbij:

$$c' = \frac{\pi}{2} E_1' = \frac{\pi}{2}\,\frac{m_1^2}{m_1^2 - 1} E_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

3. Het plooien van een op de elastisch-isotrope halfruimte opgelegde plaat.

Bij een constanten beddingscoëfficiënt c vonden we vroeger [1]) [3]), bij aanname van een uitbuiging $w = w_o \cos \frac{\pi}{a} x \cos \frac{\pi}{b} y$, dat bij een bepaalde verhouding $\beta = \frac{\rho_2}{\rho_1} < 1$ de grootste hoofdplooispanning

ρ_1 een minimum waarde krijgt, als $a = \pi \sqrt[4]{\frac{N}{c}}$ en $b = \infty$ wordt, dus bij plooien in golven $w = w_o \cos \frac{\pi}{a} x$ loodrecht op de richting van ρ_1. Nu c niet constant is, maar afhankelijk is van het geheele verloop van w, zal er nog minder kans zijn op plooien in loodrecht op elkaar staande golven $w = w_o \cos \frac{\pi}{a} x \cos \frac{\pi}{b} y$, omdat daarbij, zooals gemakkelijk is in te zien, een veel grootere fictieve beddingscoëffiënt zou gelden dan bij plooien in enkele golven $w = w_o \cos \frac{\pi}{a} x$.

Daar we dus alleen met enkele golven loodrecht op ρ_1 te maken hebben, zoodat alle afgeleiden van w naar y nul worden en hierbij volgens (**26**) $\sigma_z = \sigma_{z'(z'=b)} = \frac{c'}{a} w$ is, gaat onze differentiaalvergelijking (**3**) thans over in:

$$E I A \frac{d^4 w}{dx^4} + h \rho_1 \frac{d^2 w}{dx^2} + \frac{c'}{a} w = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (28)$$

geldend voor plooien volgens de vergelijking:

$$w = w_o \cos \frac{\pi}{a} x.$$

Invulling hiervan in (**28**) geeft na deeling door $w_o \cos \frac{\pi}{a} x$:

$$E I A \frac{\pi^4}{a^4} - h \rho_1 \frac{\pi^2}{a^2} + \frac{c'}{a} = 0$$

waaruit volgt:

$$h \rho_1 = \frac{\pi^2}{a^2} E I A + \frac{a}{\pi^2} c' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (29)$$

De golflengte a stelt zich zoo in, dat $h \rho_1$ minimum wordt, dus:

$$\frac{d h \rho_1}{da} = -2 \frac{\pi^2}{a^3} E I A + \frac{c'}{\pi^2} = 0$$

of:

$$a = \pi \sqrt[3]{2\pi \frac{E I A}{c'}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (30)$$

Invulling hiervan in (**29**) geeft na uitwerking:

$$h \rho_1 = \sqrt[3]{\frac{E I A c'^2}{4 \pi^2}} + 2 \sqrt[3]{\frac{E I A c'^2}{4 \pi^2}} = 3 \sqrt[3]{\frac{E I A c'^2}{4 \pi^2}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (31)$$

Wordt in verg. (**30**) en (**31**) de voor c' gevonden waarde volgens verg. (**27**) gesubstitueerd dan verkrijgt men:

$$a = \pi \sqrt[3]{\frac{4 E I A}{E_1'}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (32)$$

en:

$$h \rho_1 = \tfrac{3}{4} \sqrt[3]{4 E I A E_1'^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (33)$$

Voor het plooien in het elastische gebied, waarvoor $A = \frac{m^2}{m^2 - 1}$ wordt [3]), gaan deze formules over in:

$$a = \pi \sqrt[3]{\frac{4 N}{E_1'}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (34)$$

en:

$$h \rho_1 = \tfrac{3}{4} \sqrt[3]{4 N E_1'^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (35)$$

4. Het in rekening brengen van de in het grensvlak tusschen plaat en halfruimte overgebrachte schuifspanningen.

Bij een gesprek over een ander probleem, n.l. de door een geconcentreerde verticale belasting in een wegdek opgewekte trekspanningen, sprak collega K e v e r l i n g B u i s m a n de meening uit, dat de door den ondergrond op het wegdek uitgeoefende schuifspanningen hierop een belangrijk versterkenden invloed zullen uitoefenen. Naar aanleiding daarvan heb ik dezen invloed hier voor het boven behandelde probleem ook in rekening gebracht.

Allereerst moet worden opgemerkt, dat nu de randvoorwaarden, die we in hoofdstuk 2 bezigden ter bepaling van den fictieven beddingscoëfficiënt $\frac{c'}{a}$, niet meer geldig zijn, zoodat ook $\frac{c'}{a}$ waarschijnlijk een andere waarde zal krijgen. Zooals hieronder zal blijken wordt ook de weerstand van den ondergrond in verticale richting door deze schuifspanningen niet onbelangrijk vergroot.

4a. De invloed op de halfruimte.

Ter berekening van $\frac{c'}{a}$ denken we ons de halfruimte weer gespiegeld volgens *fig. 2a*. Wegens de symmetrie blijft dus verg. (**17**):

$$Z' = C_1 \cosh \lambda z' + C_4 z' \sinh \lambda z' \quad \ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

van kracht. Daar voor $\sigma_{z'}$ bij $z' = b$ dezelfde randvoorwaarde geldt als in hoofdstuk 2, blijft de daaruit afgeleide betrekking (**18**) geldig, zoodat onze eerste randvoorwaarde ter bepaling der constanten luidt, dat voor $z' = b$:

$$Z' = -\frac{\sigma_o}{\lambda^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1a)$$

De tweede randvoorwaarde is, dat in het grensvlak $z' = b$ plaat en halfruimte één geheel blijven vormen, dus ook niet langs elkaar verschuiven. De specifieke verkorting ε_x van onderkant plaat moet dus gelijk zijn aan die van bovenkant halfruimte, $\varepsilon_{x'}$. Uit *fig. 5* blijkt, dat bij de verbuiging de onderzijde van de plaat zich verplaatst over een afstand:

$$u = -\frac{h}{2} \frac{\partial w}{\partial x}.$$

Hieruit volgt voor de specifieke verkorting van den onderkant van de plaat — we rekenen immers verkortingen en drukspanningen als positief — de waarde:

$$\varepsilon_x = -\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{h}{2}\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (36)$$

welk resultaat ook direct had kunnen worden verkregen door vermenigvuldiging van de kromming $-\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$ met de halve hoogte $\frac{h}{2}$ en verandering van teeken van het product, dat een verlenging voorstelt.

Nu is volgens verg. (**11**):

$$w = \frac{m_1^2 - 1}{m_1^2 E_1}\int_o^b \sigma_{z'}\,dz' - \frac{m_1 + 1}{m_1^2 E_1}\int_o^b \sigma_{x'}\,dz' \quad \ldots \quad (11)$$

Daar hier op de bovenzijde van de halfruimte schuifspanningen $\tau_{z'x'}$ werken, behoeft nu $\int_o^b \sigma_{x'}\,dz'$ niet nul te zijn.

Uit verg. (**8**) volgt weer:

$$\int_o^b \sigma_{z'}\,dz' = -(\lambda^2 \cos \lambda x')\int_o^b Z'\,dz' \quad \ldots\ldots \quad (37)$$

$$\int_o^b \sigma_{x'}\,dz' = (\cos \lambda x')\int_o^b \frac{d^2 Z'}{dz'^2}\,dz' = (\cos \lambda x')\left[\frac{dZ'}{dz'}\right]_{z'=o}^{z'=b} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (38)$$

zoodat volgens verg. (**11**):

$$w = -\left\{\frac{m_1^2 - 1}{m_1^2 E_1}\lambda^2 \int_o^b Z'\,dz' + \frac{m_1 + 1}{m_1^2 E_1}\left[\frac{dZ'}{dz'}\right]_{z'=o}^{z'=b}\right\}\cos \lambda x' \quad \ldots\ldots\ldots \quad (39)$$

en dus volgens verg. (**36**):

$$\varepsilon_x = \frac{h}{2}\frac{m_1^2 - 1}{m_1^2 E_1}\lambda^2\left\{\lambda^2 \int_o^b Z'\,dz' + \frac{1}{m_1 - 1}\left[\frac{dZ'}{dz'}\right]_{z'=o}^{z'=b}\right\}\cos \lambda x' \quad \ldots\ldots\ldots \quad (40)$$

We kunnen $\varepsilon_{x'}$ direct in de spanningen $\sigma_{x'}$ en $\sigma_{z'}$ uitdrukken. Daar X'- en Z'-richting wat dit betreft in dezelfde conditie zijn, kan uit de vergelijking voor $\varepsilon_{z'}$, waaruit in hoofdstuk 2 door integratie w volgens verg. (**11**) berekend werd, door verwisseling van x' en z' direct $\varepsilon_{x'}$ gevonden worden, dus:

$$\varepsilon_{x'} = \frac{m_1^2 - 1}{m_1^2 E_1}\sigma_{x'} - \frac{m_1 + 1}{m_1^2 E_1}\sigma_{z'} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (41)$$

Volgens (**8**) is dus:

$$\varepsilon_{x'} = \frac{m_1^2 - 1}{m_1^2 E'}\left(\frac{d^2 Z'}{dz'^2} + \frac{1}{m_1 - 1}\lambda^2 Z'\right)\cos \lambda x' \quad \ldots\ldots\ldots \quad (42)$$

Gelijkstelling van ε_x en $\varepsilon_{x'}$ volgens verg. (**40**) en (**42**) geeft nu onze tweede randvoorwaarde voor $z' = b$:

$$\frac{d^2 Z'}{dz'^2} + \frac{\lambda^2}{m_1 - 1}Z' - \frac{\lambda^2 h}{2}\left\{\lambda^2 \int_o^b Z'\,dz' + \frac{1}{m_1 - 1}\left[\frac{dZ'}{dz'}\right]_{z'=o}^{z'=\ldots}\right\} = 0 \quad \ldots\ldots \quad (IIa)$$

Uit het feit, dat bij deze gelijkstelling de functie $\cos \lambda x'$ wegvalt, volgt dat ook hier de spanningsfunctie:

$$\Phi = Z' \cos \lambda x'$$

volgens verg. (**7**) voldoet.

Ter berekening van C_1 en C_4 moeten we nu Z' volgens verg. (**17**) in de voor $z' = b$ geldende randvoorwaarden (**Ia**) en (**IIa**) invullen. Voor (**Ia**) geeft dit:

$$C_1 \cosh \lambda b + C_4\, b \sinh \lambda b = -\frac{\sigma_o}{\lambda^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (Ib)$$

In (**IIa**) is volgens (**17**) en voor $z' = b$, dan wel tusschen de grenzen 0 en b:

$$\left[\frac{dZ'}{dz'}\right]_{z'=o}^{z'=b} = C_1 \lambda \sinh \lambda b + C_4(\lambda b \cosh \lambda b + \sinh \lambda b) \quad \ldots\ldots \quad (43)$$

$$\frac{d^2 Z'}{dz'^2} = C_1 \lambda^2 \cosh \lambda b + C_4 \lambda(\lambda b \sinh \lambda b + 2 \cosh \lambda b) \quad \ldots \quad (44)$$

$$\int_o^b Z'\,dz' = \frac{1}{\lambda^2}\left\{C_1 \lambda \sinh \lambda b + C_4(\lambda b \cosh \lambda b - \sinh \lambda b)\right\} \quad \ldots \quad (45)$$

Invulling hiervan en van (**17**) (met $z' = b$) in (**IIa**) geeft na uitwerking:

$$C_1 m_1 \lambda(2 \cosh \lambda b - \lambda h \sinh \lambda b) + C_4\left[\left\{4(m_1 - 1) - m_1 \lambda^2 h\, b\right\}\cosh \lambda b + \left\{2 m_1 \lambda b + (m_1 - 2)\lambda h\right\}\sinh \lambda b\right] = 0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (IIb)$$

Voor $b = \infty$ kunnen we $\sinh \lambda b = \cosh \lambda b$ stellen, waardoor (**IIa**) en (**IIb**) overgaan in de volgende vergelijkingen:

$$C_1 + C_4 b = -\frac{\sigma_o}{\lambda^2 \cosh \lambda b}$$

en:

$$C_1 m_1 \lambda(2 - \lambda h) + C_4\left\{m_1 \lambda b(2 - \lambda h) + 4(m_1 - 1) + (m_1 - 2)\lambda h\right\} = 0$$

Hieruit volgt tenslotte:

$$C_4 = \frac{\sigma_o}{\lambda \varphi \cosh \lambda b} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (46)$$

$$C_1 = -C_4\left(b + \frac{\varphi}{\lambda}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (47)$$

waarin:

$$\varphi = \frac{4(m_1 - 1) + (m_1 - 2)\lambda h}{m_1(2 - \lambda h)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (48)$$

De indrukking w van de halfruimte kan nu uit verg. (**39**) berekend worden. Volgens (**47**) luiden nu de verg. (**45**) en (**43**) resp., als daarin tevens $\sinh \lambda b = \cosh \lambda b$ wordt gesteld:

$$\int_0^b Z'\,dz' = -\frac{C_4}{\lambda^2}(1+\varphi)\cosh\lambda b$$

$$\left[\frac{dZ'}{dz'}\right]_{z'=0}^{z'=b} = C_4(1-\varphi)\cosh\lambda b\,.$$

Invulling hiervan in verg. (39) geeft na uitwerking en weer sinh $\lambda b = \cosh\lambda b$ stellend:

$$w = C_4\frac{m_1^2-1}{m_1^2 E_1}\left\{\frac{m_1-2}{m_1-1}+\frac{m_1}{m_1-1}\varphi\right\}\cosh\lambda b\,\cos\lambda x'\,.$$

Substitutie hierin van C_4 volgens verg. (46) geeft:

$$w = \frac{\sigma_0}{\lambda\varphi}\frac{m_1+1}{m_1^2 E_1}(m_1-2+m_1\varphi)\cos\lambda x'\,.$$

Letten we op verg. (4) en vullen we φ volgens verg. (48) in, dan vinden we na verdere uitwerking:

$$w = \frac{2}{\pi}a\frac{\sigma_{z'(z'=b)}}{E_1''} \qquad \ldots\ldots (49)$$

waarin, met $\lambda = \frac{\pi}{a}$:

$$E_1'' = \frac{m_1\left\{4(m_1-1)+\pi(m_1-2)\frac{h}{a}\right\}}{(m_1+1)(3m_1-4)}E_1 \qquad \ldots\ldots (50)$$

Verg. (49) *is van denzelfden vorm als verg.* (25) *die voor een directe belasting van den grond door de spanningen* $\sigma_{z'(z'=b)}$ *geldt. Nu we de door de plaat op den grond uitgeoefende schuifspanningen* $\tau_{z'x'}$ *ook in rekening gebracht hebben, geldt, wat de weerstand van den grond in verticale richting betreft, voor de fictieve grondzuiltjes met een hoogte van* $\frac{2}{\pi}a$ *dus alleen een andere fictieve elasticiteitsmodulus* E_1'' *volgens verg.* (50).

Verder is volgens (49):

$$\sigma_{z'(z'=b)} = \frac{\pi E_1''}{2a}w = \frac{c''}{a}w \qquad \ldots\ldots (51)$$

waarbij de *fictieve beddingscoëfficiënt* nu $\frac{c''}{a}$ is, waarin volgens verg. (51) en (50):

$$c'' = \frac{\pi}{2}E_1'' = \frac{\pi}{2}\frac{m_1\left\{4(m_1-1)+\pi(m_1-2)\frac{h}{a}\right\}}{(m_1+1)(3m_1-4)}E_1 \qquad \ldots\ldots (52)$$

Bij de in het laatste hoofdstuk besproken golfvorming in wegverhardingen bedraagt de verhouding $\frac{h}{a}$ ongeveer $\frac{2}{3}$. Wordt verder $\pi = 3$ gesteld, dan volgt daarmee uit verg. (50) voor de fictieve elasticiteitsmodulus der grondzuiltjes:

$$E_1'' = \frac{2m_1}{m_1+1}E_1 \qquad \ldots\ldots (53)$$

terwijl bij directe belasting van den grond door de drukspanningen $\sigma_{z'(z'=\ )}$ deze fictieve elasticiteitsmodulus volgens verg. (24) is:

$$E_1' = \frac{m_1^2}{m_1^2-1}E_1 \qquad \ldots\ldots (24)$$

Voor een contractiecoëfficiënt m_1 van resp. 2 en ∞ wordt volgens verg. (53) resp.:

$$E_1'' = \tfrac{4}{3}E_1 \quad \text{en} \quad E_1'' = 2E_1$$

terwijl volgens verg. (24) resp.:

$$E_1' = \tfrac{4}{3}E_1 \quad \text{en} \quad E_1' = E_1$$

wordt.

Naarmate m_1 *grooter is, wordt dus de weerstand van den grond in verticale richting als gevolg van de door de plaat erop uitgeoefende schuifspanningen* $\tau_{z'x'}$ *aanmerkelijk vergroot.*

Voor de in het volgende hoofdstuk voor den grond onder het wegdek aangenomen waarde $m_1 = 2{,}15$ is echter het verschil gering en is $E_1'' = 1{,}36$, terwijl $E_1' = 1{,}28$ wordt.

4b. De invloed op de plaat.

De schuifspanningen in het grensvlak $z' = b$ tusschen halfruimte en plaat zijn volgens verg. (8):

$$\tau_{z'x'} = \lambda\frac{dZ'}{dz'}\sin\lambda x' \qquad \ldots\ldots (54)$$

Volgens verg. (17) is voor $z' = b$:

$$\frac{dZ'}{dz'} = C_1\lambda\sinh\lambda b + C_4(\lambda b\cosh\lambda b + \sinh\lambda b)$$

waaruit na invulling van C_1 en C_4 volgens verg. (47) en (46), en met sinh $\lambda b = \cosh\lambda b$, volgt:

$$\frac{dZ'}{dz'} = \frac{1-\varphi}{\lambda\varphi}\sigma_0$$

zoodat volgens verg. (54):

$$\tau_{z'x'} = \frac{1-\varphi}{\varphi}\sigma_0\sin\lambda x'.$$

Wordt hierin φ volgens verg. (48) ingevuld, dan krijgt men:

$$\tau_{z'x'} = -\psi\,\sigma_0\sin\lambda x' \qquad \ldots\ldots (55)$$

waarin:

$$\psi = 2\frac{m_1-2+\pi(m_1-1)\frac{h}{a}}{4(m_1-1)+\pi(m_1-2)\frac{h}{a}} \qquad \ldots\ldots (56)$$

Voor de in het volgende hoofdstuk behandelde wegdekken is $\frac{h}{a}$ ongeveer $\frac{2}{3}$, dus $\pi\frac{h}{a}$ ongeveer 2, in welk geval uit (56) volgt:

$$\psi = 1 \qquad \ldots\ldots (57)$$

In verband met (5) moeten hier de in positieve asrichting werkende schuifspanningen positief genoemd worden, als de drukspanningen op hetzelfde vlak ook in de positieve asrichting werken. Als sin $\lambda x'$ positief is, is volgens (55) $\tau_{z'x'}$ negatief en werkt dus zooals *fig. 5* aangeeft.

Volgens verg. (51) is voor $x' = 0$:

$$\sigma_o = \frac{c''}{a} w_o$$

zoodat (55) overgaat in:

$$\tau_{z'x'} = -\psi \frac{c''}{a} w_o \sin \lambda x'.$$

Daar:

$$w = w_o \cos \lambda x'$$

is hiervoor te schrijven:

$$\tau_{z'x'} = \psi \frac{c''}{a} \frac{1}{\lambda} \frac{\partial w}{\partial x'} = \frac{\psi c''}{\pi} \frac{\partial w}{\partial x'} \quad \ldots\ldots\ldots (58)$$

De schuifspanningen die door den ondergrond op de plaat worden uitgeoefend werken dus in de richting zooals in *fig. 5* even boven het grensvlak is aangegeven. Het is voor de overzichtelijkheid beter deze richting nu positief te noemen, zoodat dan dus de op de plaat werkende schuifspanningen τ_{zx} de grootte hebben van:

$$\tau_{zx} = -\frac{\psi c''}{\pi} \frac{\partial w}{\partial x}.$$

We laten nu de accenten voor x, y en z weg, daar we ons nu verder van het assenstelsel X, Y, Z van de plaat (*fig. 1*) bedienen.

Het op een deeltje $h\mathrm{d}x$, met een breedte in Y-richting gelijk aan de eenheid, uitgeoefende negatieve moment, is dus:

$$\mathrm{d}M_{x\tau} = \frac{h}{2} \tau_{zx} \, \mathrm{d}x = -\frac{\psi c''}{2\pi} h \frac{\partial w}{\partial x} \mathrm{d}x.$$

Daar direct te zien is, dat voor $x = (\frac{1}{2} + n)\, a$, waar $w = 0$ is, ook het door de schuifspanningen τ_{zx} geleverde moment nul is, is dus:

$$M_{x\tau} = \int_x^{\frac{a}{2}} \mathrm{d}M_{x\tau} = -\frac{\psi c''}{2\pi} h \int_x^{\frac{a}{2}} \frac{\partial w}{\partial x} \mathrm{d}x =$$

$$= -\frac{\psi c''}{2\pi} h \Big[w \Big]_{x=x}^{x=\frac{a}{2}}$$

dus:

$$M_{x\tau} = \frac{\psi c''}{2\pi} h\, w.$$

Dit negatieve moment $M_{x\tau}$ kan veroorzaakt gedacht worden door een naar boven gerichte verticale belasting tegen de plaat, groot:

$$\sigma_{z\tau} = -\frac{\partial^2 M_{x\tau}}{\partial x^2} = -\frac{\psi c''}{2\pi} h \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \quad \ldots\ldots\ldots (59)$$

Daar $\dfrac{\partial^2 w}{\partial x^2} = -\dfrac{\pi^2}{a^2} w$ is, is voor $\sigma_{z\tau}$ te schrijven:

$$\boxed{\sigma_{z\tau} = \frac{\pi}{2} \psi \frac{h}{a} \frac{c''}{a} w} \quad \ldots\ldots\ldots (59a)$$

Is $\dfrac{h}{a} = \frac{2}{3}$, dan is, ook in verband met (57), ongeveer $\sigma_{z\tau} = \dfrac{c''}{a} w$, dus even groot als $\sigma_{z'\,(z' = b)}$ volgens (51).

Behalve dat de schuifspanningen de weerstand van den grond in verticale richting verhoogen, komt hun directe werking op de plaat dus in zekeren zin op hetzelfde neer als een verdubbeling van dezen reeds verhoogden weerstand van den grond in verticale richting.

In verg. (28), waarvan de termen, vermenigvuldigd gedacht met $\mathrm{d}x$, de op een deeltje $h\mathrm{d}x$, met een breedte in Y-richting gelijk aan de eenheid, uitgeoefende verticale belastingen voorstellen, komt de door de fictieve belasting $\sigma_{z\tau}$ op zoo'n deeltje uitgeoefende belasting $\sigma_{z\tau}\mathrm{d}x$, gedeeld door $\mathrm{d}x$, dus in meerdering van de term $\dfrac{c'}{a} w$, die de op dat deeltje $h\mathrm{d}x$ eveneens naar boven gerichte belasting, gedeeld door $\mathrm{d}x$, als gevolg van de spanningen σ_z voorstelt, maar die nu ook vervangen moeten worden door een term $\dfrac{c''}{a} w$, waarin c'' door verg. (52) wordt gegeven. Verg. (28) gaat dus over in:

$$E\,I\,A \frac{\mathrm{d}^4 w}{\mathrm{d}x^4} + h\,\rho_1 \frac{\mathrm{d}^2 w}{\mathrm{d}x^2} + \frac{c''}{a} w - \frac{\psi c''}{2\pi} h \frac{\mathrm{d}^2 w}{\mathrm{d}x^2} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots (60)$$

geldend voor een plooien volgens golven:

$$w = w_o \cos \frac{\pi}{a} x.$$

Invulling hiervan in (60) geeft:

$$E\,I\,A \frac{\pi^4}{a^4} - h \left(\rho_1 - \frac{\psi c''}{2\pi} \right) \frac{\pi^2}{a^2} + \frac{c''}{a} = 0$$

waaruit volgt:

$$h\,\rho_1 = \frac{\pi^2}{a^2} E\,I\,A + \frac{a}{\pi^2} c'' + h \frac{\psi}{2\pi} c'' \quad \ldots\ldots\ldots (61)$$

De door de schuifspanningen τ_{zx} veroorzaakte term $h \dfrac{\psi}{2\pi} c''$ is onafhankelijk van a, zoodat de optredende golflengte er niet door beïnvloed wordt. In de daarvoor geldende verg. (30) behoeft dus alleen c' door c'' te worden vervangen, zoodat dus:

$$a = \pi \sqrt[3]{2\pi \frac{E\,I\,A}{c''}} \quad \ldots\ldots\ldots (62)$$

zoodat volgens (61):

$$h\,\rho_1 = 3 \sqrt[3]{\frac{E\,I\,A\,c''^2}{4\pi^2}} + h \frac{\psi}{2\pi} c'' \quad \ldots\ldots\ldots (63)$$

Volgens (52) is dus:

$$\boxed{a = \pi \sqrt[3]{\frac{4\,E\,I\,A}{E_1''}}} \quad \ldots\ldots\ldots (64)$$

en:

$$\boxed{h\,\rho_1 = \tfrac{3}{4} \sqrt[3]{4\,E\,I\,A\,E_1''^2} + h \frac{\psi}{4} E_1''} \quad \ldots\ldots\ldots (65)$$

5. De golfvorming in wegdekken.

Hoewel de hier afgeleide betrekkingen ook voor andere problemen van belang kunnen zijn, werden ze speciaal afgeleid met het doel de golfvorming in wegdekken na te gaan. Over het ontstaan daarvan werd door steller, korten tijd na kennisname van het artikel „De wegverharding" van ir. P. L. E. Happé [9]), waaruit bleek, dat de verharding zich als een op den elastischen ondergrond rustende stijve plaat gedraagt, de volgende theorie opgesteld.

Als de verharding tijdens het walsen daartoe in de gelegenheid was, zou ze in horizontale richting willen uitdijen. In lengterichting van den weg is hier in den regel geen gelegenheid toe, in de breedterichting slechts weinig. Daardoor zullen bij het walsen horizontaal gerichte spanningen in het wegdek ontstaan, die later door het verkeer nog versterkt kunnen worden en zal zich, in verband met den grooteren weerstand tegen uitdijen in langsrichting, een vlakke spanningstoestand $\rho_1\rho_2$ instellen, met de grootste hoofdspanning ρ_1 in de lengterichting van den weg. Bij voldoende grootte van deze maximum hoofdspanning ρ_1 zal het wegdek nu plooien, hetgeen dus zal geschieden in golven $w = w_0 \cos \frac{\pi}{a} x$ loodrecht op de richting van ρ_1, dus dwars op den weg (*fig. 6*). Dit uitplooien zal in de hand worden gewerkt door excentriciteit van de in het wegdek aanwezige drukkrachten, welke ontstaat door het niet volkomen vlak zijn daarvan, vooral natuurlijk aan de onderzijde en als gevolg van de door de verticale belasting in het wegdek ontstaande buigende momenten.

Temperatuursverhooging, waardoor het in zekeren zin analoge geval van uitknikken van het spoor bij spoorwegen kan ontstaan, doet practisch geen spanningen in het wegdek ontstaan, daar de elasticiteitsmodulus daarvan zeer klein is, n.l. volgens Happé [9]) ongeveer 870 kg/cm².

Bij hellende wegen ziet men soms schuine golven in de randen van het wegdek. Volgens jhr. ir. C. Ortt treden deze vooral op aan den kant van het wegdek, die, helling-af gezien, links ligt en die dus bij linkshoudend verkeer voornamelijk helling-af bereden wordt. Dit is te verklaren uit de door de wals en het verkeer op het wegdek uitgeoefende wrijvingskrachten, die bij een hellenden weg practisch altijd helling-af gericht zullen zijn en het grootst zijn op het helling-af bereden wegdeel. Hierdoor zal vooral dit gedeelte van het wegdek neiging vertoonen in die richting te verschuiven, waardoor in de zijkanten de in *fig. 7* links aangegeven schuifspanningen τ ontstaan. Samengesteld met de daar nog aanwezige drukspanningen σ_x en σ_y geven deze een spanningstoestand, die wordt voorgesteld door den in *fig. 7* mede aangegeven spanningscirkel, waarbij het vlak van de grootste hoofddrukspanning ρ_1 een hoek α, die iets kleiner dan 45° zal zijn, met het vlak van σ_x, dus met de normaal op de wegas, maakt. Plooien zullen nu optreden loodrecht op de richting van ρ_1, dus ook onder een hoek α met de normaal op de wegas (*fig. 7*).

9) Happé. De wegverharding. *De Ingenieur in Ned.-Indië*. No. 2 (1935).

De numerieke uitwerking van het probleem gaf niet zulke bevredigende uitkomsten, waarom dan ook eerst, mede in verband met andere werkzaamheden, van publicatie werd afgezien. Ir. C. P. E. van Oijen, toentertijd ingenieur bij de Nederlandsch-Indische Wegenvereeniging, was destijds zoo vriendelijk de in *fig. 8* en *9* opgenomen gegevens omtrent opgetreden golfvorming voor mij te verzamelen. Zoo zijn in *fig. 8a* en *8b* de bijzonderheden vervat omtrent naar aanleiding van mijn verzoek in Januari 1936 in den weg Solo — Madioen opgemeten golfvormingen, terwijl *fig. 9* betrekking heeft op door ir. Happé in den weg Semarang — Salatiga geconstateerde golven, welke reeds in 1934 waren opgemeten.

Bij constanten beddingscoëfficiënt en verwaarloozing van de schuifspanningen τ_{zx} gelden nu voor de golflengte a en de plooispanning ρ_1 de volgende formules [1]) [3]):

$$a = \pi \sqrt[4]{\frac{EIA}{c}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (66)$$

$$h\,\rho_1 = 2\sqrt{EIAc} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (67)$$

Hierin stelt EA een soort knikmodulus T voor, terwijl $I = \frac{h^3}{12}$ is. Met deze uitdrukkingen volgt dan uit (66):

$$T = \frac{12\,c\,a}{\pi^4}\left(\frac{a}{h}\right)^3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (68)$$

en na invulling van deze waarden van $EA = T$ en I in (67) vindt men:

$$\rho_1 = \frac{2\,c\,a}{\pi^2}\frac{a}{h} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (69)$$

Met deze formules (68) en (69) kan dus uit de bij bekende verhardingsdikten h geconstateerde heele golflengten (van top tot top) $2a$, bij een aangenomen beddingscoëfficiënt c, de bij het plooien opgetreden knikmodulus T en de max. plooispanning ρ_1, die daarbij vereischt moet zijn geweest, berekend worden. Het resultaat, verkregen bij een aangenomen beddingscoëfficiënt $c = 2{,}5$ kg/cm³, is in navolgende *tabel I* weergegeven, alles in kg en cm. Hoewel waarschijnlijk zeer geringen weerstand biedend, is de asfaltlaag maar in rekening gebracht ter bepaling van h.

Tabel I.

Weg		h	$2a$	a	T	ρ_1
Solo	(*fig. 8a*)	35	80	40	18	23
id.	(*fig. 8b*)	25	87	44	74	39
Semarang	(*fig. 9a*)	29	85	43	43	32
id.	(*fig. 9b*)	30	90	45	47	34
id.	(*fig. 9c*)	24	80	40	57	34

De voor T gevonden waarden zijn vrij klein, hetgeen bij centrisch plooien op een nog kleinere waarde van den vervormingsmodulus $E_t = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}$ bij de plooi-

spanning ρ_1 zou wijzen. In verband met de excentriciteit van de drukkrachten, die altijd aanwezig zal zijn, is de zoo bepaalde waarde van E_t echter te laag. Bij zeer kort werkende spanningen vond H a p p é [9]) een elasticiteitsmodulus van 870 kg/cm². Bij de geringere vervormingssnelheid, die bij het ontstaan van golven optreedt, zal echter zeker met een kleineren vervormingsmodulus gerekend mogen worden. Het verloop van het σ,ε-diagram van het wegdek bij deze bepaalde vervormingssnelheid kan dus volgens *fig. 10* zijn geweest. Bij geringe spanningen is dus E_t vrij groot, maar kleiner dan 870 kg/cm², terwijl bij de plooispanning ρ_1, de vervormingsmodulus, dus de afgeleide $\frac{d\sigma}{d\varepsilon}$, betrekkelijk gering is, doch grooter dan uit de in *tabel I* gegeven waarden van T zou volgen. Een en ander is niet onmogelijk. Men zou zich zelfs kunnen voorstellen, dat E_t schijnbaar nul werd, met dien verstande, dat bij constant blijvende horizontaal gerichte drukspanningen, de door het verkeer veroorzaakte trillingen toch verschuivingen als gevolg van die drukspanningen doen optreden. $E_t = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}$ is dan nul. De gevonden plooispanningen zijn echter wel erg hoog.

Thans zal de in de vorige hoofdstukken ontwikkelde nieuwe berekeningswijze op dit vraagstuk worden toegepast, waarbij we de formules (**64**) en (**65**) als uitgangspunt nemen. Hierin kan het product EA weer als een soort knikmodulus T worden opgevat. Wordt dus $EA = T$ gesteld en verder $I = \frac{h^3}{12}$, dan volgt uit formule (**64**):

$$T = \frac{3\,E_1''}{\pi^3}\left(\frac{a}{h}\right)^3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (70)$$

en volgt na gebruikmaking van deze waarden, uit (**65**) en (**57**):

$$\rho_1 = \frac{3\,E_1''}{4\pi}\frac{a}{h} + \frac{E_1''}{4} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (71)$$

Deze formules (**70**) en (**71**) treden dus nu in de plaats van de formules (**68**) en (**69**).

H a p p é vond voor den elasticiteitsmodulus van grond de waarde $E_1 = 106$ kg/cm², terwijl K e u l een waarde van 80 kg/cm² geeft [5]). Nu is de door het wegdek op den grond eronder uitgeoefende druk zeer gering en ongeveer 0,05 kg/cm². Onder de opbuigingen wordt de grond zelfs ontlast. Daarom zal voor het plooien met de kleinste waarde, $E_1 = 80$ kg/cm², gerekend worden, hetgeen nog wel te hoog zal zijn. Met $m_1 = 2{,}15$ [5]) volgt hieruit volgens (**53**) voor E_1'' een waarde van rond 110 kg/cm². De hiermee volgens de formules (**70**) en (**71**) voor T en ρ_1 gevonden waarden zijn voor dezelfde gevallen in *tabel II* vereenigd. Ze zijn, vooral door den invloed van de schuifspanningen τ_{zx} (de factor $\frac{E_1''}{4}$), nog belangrijk grooter dan de voor een constanten beddingscoëfficiënt $c = 2{,}5$ kg/cm³ berekende en in *tabel I* gegeven waarden.

Het bezwaar van de groote plooispanningen zou dus blijven bestaan, althans als E_1'' werkelijk 110 kg/cm² zou zijn. Ten eerste zouden echter in dit bijzondere geval, vooral in verband met de groote dikte h — ten opzichte van de (halve) golflengte a — feitelijk ook de specifieke verkortingen ε_z van de plaat, als gevolg van de tegen den onderkant werkende verticale drukspanningen σ_z, in rekening moeten worden gebracht. Hierdoor zal n.l. de onderkant van de plaat minder doorbuigen dan het middenvlak, waardoor dus kleinere tegendrukken σ_z (en $\sigma_z\tau$) ontstaan dan uit de gelijkstelling van deze doorbuigingen zou volgen. Hoewel dit wel mogelijk is, heeft het hier echter geen zin, omdat het moeilijk te zeggen is, met welken vervormingsmodulus van het wegdekmateriaal in Z-richting gerekend zou moeten worden, daar de vervormingswetten voor een dergelijk materiaal niet voldoende bekend zijn. Naar schatting zou echter bovenbedoeld effect hier in rekening gebracht moeten worden door voor E_1'' een 20 à 30% kleinere waarde in te voeren. Verder ligt het voor de hand te onderstellen, dat op plaatsen, die een typische golfvorming vertoonen, de ondergrond slapper is (geweest). Ook in verband met de betrekkelijk geringe snelheid, waarmee de golven ontstaan, zal met een kleinere E_1'' gerekend kunnen worden. Waarschijnlijk zal dus met een E_1'' van 40 of 20 kg/cm² gerekend moeten worden, waarbij volgens verg. (**70**) en (**71**) de voor T en ρ_1 gevonden waarden resp. 2,7 en 5,5 keer zoo klein worden als bij $E_1'' = 110$ kg/cm². Voor $E_1'' = 20$ kg/cm² zijn deze waarden eveneens in *tabel II* aangegeven. De waarden voor ρ_1 zijn nu niet onaannemelijk groot. Na daarover met prof. K e v e r l i n g B u i s m a n en ir. H a p p é van gedachten gewisseld te hebben, acht ik de wegverharding wel in staat zelfs nog hoogere spanningen op te nemen. In verband met het hierboven opgemerkte behoeft aan de kleine waarden van T niet veel aandacht te worden besteed.

Tabel II.

Weg		$\frac{a}{h}$	$E_1'' = 110$		$E_1'' = 20$	
			T	ρ_1	T	ρ_1
Solo	(*fig. 8a*)	1,14	16	57	3	10
id.	(*fig. 8b*)	1,76	58	73	11	13
Semarang	(*fig. 9a*)	1,48	35	66	6	12
id.	(*fig. 9b*)	1,50	36	66	6	12
id.	(*fig. 9c*)	1,67	49	71	9	13

Een andere vraag is: Is het mogelijk, dat die betrekkelijk hooge spanningen er door het walsen of het verkeer zijn ingebracht? Ir. H a p p é constateerde, dat niet gewalste wegdekken eerst veel later golfvorming gaan vertoonen. Als het wegdek bij het walsen geheel vlak bleef, kan men zich voorstellen, dat daarin in horizontale richting groote drukspanningen worden opgewekt door wigwerking van de steenstukken. Zooals bekend, treden echter tijdens het walsen ook golven op vóór de wals. Hoewel dit niet altijd het geval schijnt te zijn, vertelde collega K e v e r l i n g B u i s m a n mij, dat de wals ten-

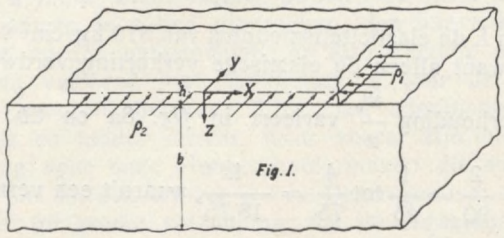


Fig. 1.

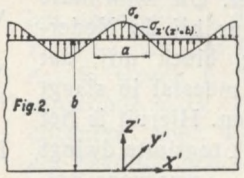


Fig. 2.

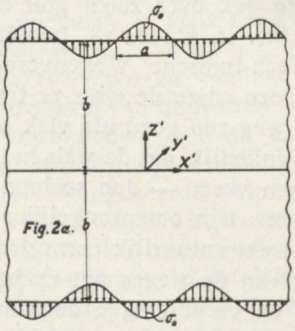


Fig. 2a.

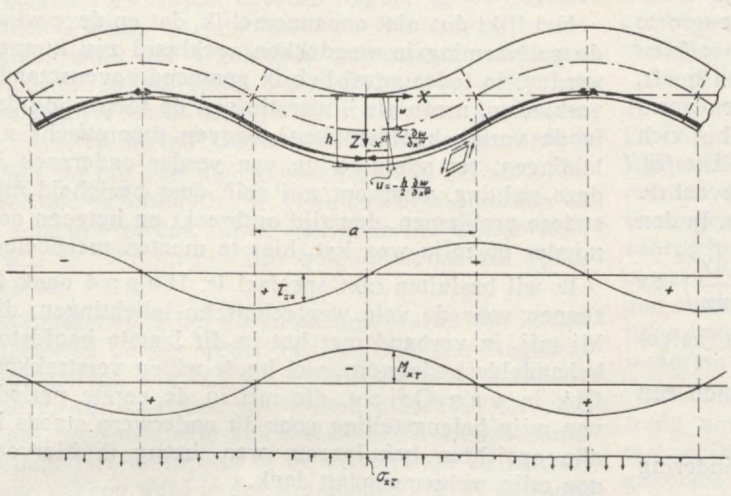


Fig. 5.

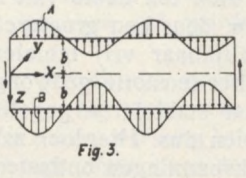


Fig. 3.

Fig. 4.

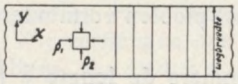


Fig. 6.

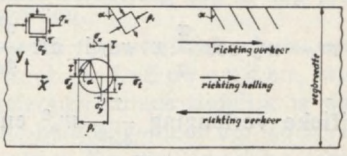
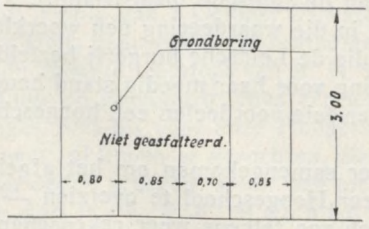


Fig. 7.

Weg Solo-Madioen.

in de nabijheid v/d Mangkoenegaransche grens.



Lengte doorsnede.

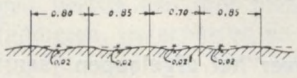
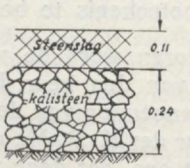


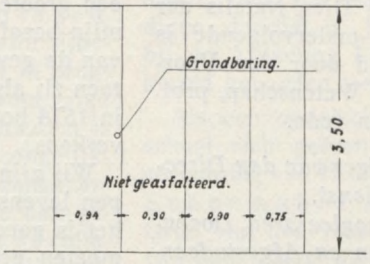
Fig. 8a.

Grondboring.



Weg Solo-Madioen.

v/d nabijheid v/d Inl. school te Masaran.



Lengte doorsnede.

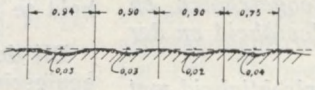


Fig. 8b.

Grondboring.

Weg Semarang – Salatiga.

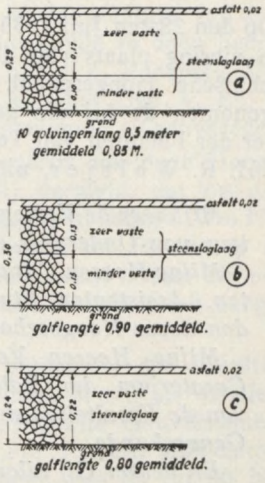


Fig. 9.

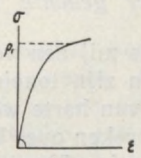


Fig. 10.

Figuren behoorende bij het artikel van prof. ir. P. P. Bijlaard.

slotte ook over zoo'n golf heengaat. Uit informatie bij jhr. ir. C. Ortt, hoofdingenieur bij de Nederlandsch-Indische Wegenvereeniging, bleek mij, dat op deze wijze de wals er tenslotte meestal in slaagt den weg zoo goed als vlak te krijgen. Hieruit is het dus duidelijk, dat de wals het wegdek tenslotte dwingt in een vorm — den rechten vorm — waarvoor het, blijkens zijn oorspronkelijke golvingen, te lang was. Dit wekt natuurlijk extra drukspanningen in de richting van de wegas op. Onder invloed van de trillingen en verbuigingen door het verkeer zal het wegdek tenslotte trachten zich ten deele van zijn drukspanningen te ontlasten, door een grootere lengte te ontwikkelen en den blijkbaar vrij labielen rechten vorm, waarin de wals het tenslotte gedwongen heeft, weer voor den blijkbaar stabieleren gegolfden vorm te verwisselen, te plooien dus. Hierdoor zal het zich ten deele van zijn drukspanningen ontlasten. Uit *fig. 8a* en *8b* is ook gemakkelijk te berekenen hoeveel de centrische druk door het plooien verminderd is. In den uitgebogen stand is immers de lengte $\frac{1}{2}\int\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 dx$ grooter dan in den gestrekten stand. Voor één (halve) golf $w = w_0 \cos \frac{\pi}{a} x$ wordt dit $\frac{\pi^2}{4a} w_0^2$, gevende een specifieke verlenging $\frac{\pi^2}{4a^2} w_0^2$ en een vermindering van de gemiddelde drukspanning met $\frac{\pi^2 E}{4}\left(\frac{w_0}{a}\right)^2$ waarin E de elasticiteitsmodulus van 870 kg/cm² voorstelt, want alleen de elastische verkorting verdwijnt. De verhouding $\frac{w_0}{a}$ varieert in *fig.* 8*a* en 8*b* van $\frac{2w_0}{2a} = \frac{2}{90} = \frac{1}{45}$ tot $\frac{4}{75} = \frac{1}{18{,}75}$, waaruit een vermindering van de drukspanning volgt van resp. 1,1 en 5,3 kg/cm².

Het lijkt dus niet onaannemelijk, dat op deze wijze de golfvorming in wegdekken verklaard zou kunnen worden. In ieder geval heb ik gemeend bovenstaande verklaring, mede als illustratie van de toepassing der in de vorige hoofdstukken gegeven theoretische afleidingen, ter stimuleering van verder onderzoek in deze richting, waarvoor mij zelf, door bezigheid met andere problemen, den tijd ontbreekt en hetgeen ook minder op mijn weg ligt, hier te moeten meedeelen.

Ik wil besluiten met speciaal ir. Happé dank te zeggen voor de vele wegtechnische inlichtingen, die hij mij, in verband met het in dit laatste hoofdstuk behandelde onderwerp, wel heeft willen verstrekken. Ook ir. van Oijen, die mij in de eerste periode van mijn belangstelling voor dit onderwerp steeds in alle opzichten behulpzaam was, breng ik hiervoor nog mijn welgemeenden dank.

Viering van den negentienden verjaardag der Technische Hoogeschool te Bandoeng.

Op den 28sten Juli 1939 had te Bandoeng de plechtige viering plaats van den 19den Dies Natalis der Technische Hoogeschool. In het ondervolgende is opgenomen de bij die gelegenheid door den Voorzitter der Faculteit van Technische Wetenschap, prof. dr. H. R. Woltjer, uitgesproken rede.

Mijnheer de Vertegenwoordiger van den Directeur van Onderwijs en Eeredienst,

Mijne Heeren Curatoren, Hoogleeraren, Docenten, Assistenten, Studeerenden en Afgestudeerden dezer Hoogeschool,

Mijne Heeren Vertegenwoordigers van het Curatorium der Bataviasche Hoogescholen en van de Faculteiten der Rechtsgeleerdheid en der Geneeskunde.

En verder Gij allen, die deze plechtigheid met Uwe tegenwoordigheid wilt vereeren.

Zeer geachte Toehoorderessen en Toehoorders,

Het is mij een voorrecht U allen, die hier bijeengekomen zijt, teneinde dezen bijzonderen dag bij te wonen, van harte welkom te heeten en mijn vreugde uit te spreken over Uwe tegenwoordigheid. In het feit, dat zoovelen Uwer eenige uren uitgebroken zijn uit hunne drukke werkzaamheden, dat anderen bij de verdeeling van hun tijd een belangrijke plaats ingeruimd hebben aan de gebeurtenis van hedenmorgen, ligt voor mij een aanduiding, dat onze Technische Hoogeschool in ruimen kring gewaardeerd wordt als een groote gave aan de Indische maatschappij. Voor mijn besef vind ik in die waardeering een weerklank van de gevoelens, die de Leidsche burgerij bezielden, toen zij als belooning voor haar moedig stand houden in 1574 boven materiëele voordeelen een hoogeschool verkoos.

Wij zijn dan hier samengekomen om het afgeloopen levensjaar onzer Hoogeschool te overzien — en het is goed, om zich zoo telkens weer rekenschap te moeten geven, vooral in een snel wisselende maatschappij als de onze — maar tevens om enkele harer toekomstverlangens meer tot bewustheid en tot klaarheid te brengen.

Bij den terugblik over het afgeloopen jaar wil ik eenigszins van de gebruikelijke volgorde afwijken en eerst Uw aandacht vragen voor de personalia, de bezoeken en verwante onderwerpen, om daarna aangelegenheden van ruimere beteekenis te bespreken.

In het College van Curatoren werd de vacature, ontstaan door repatrieering van den heer J. W. B. Everts, vervuld door de benoeming van den nieuw opgetreden president-directeur der K. P. M., den heer A. J. Pronk. Het verheugt ons, dat door deze benoeming, de band, die bestaan heeft van af de stichting onzer Hoogeschool, waartoe immers ook de K. P. M. zoo belangrijk heeft bijgedragen, bevestigd is.

In Februari van dit jaar werd aan curator G. R. Erdbrink, wiens verblijf buiten Ned.-Indië langer zich scheen te zullen uitstrekken, dan aanvankelijk moest worden aangenomen, op zijn verzoek eervol ontslag verleend met dankbetuiging voor de door hem bewezen diensten. Zijn rijke administratieve kennis en helder inzicht, maar vooral zijn belangstelling voor onze Hoogeschool, maken dit ontslag voor ons tot een ernstig gemis. Daartegenover stemt echter tot groote voldoening, dat de Directeur van Financiën, de heer L. Götzen, in wien wij een waardig opvolger van den heer Erdbrink meenen te mogen verwachten, door de Regeering tot Curator benoemd werd.

Gedurende het afgeloopen cursusjaar traden als voorzitter en secretaris der Faculteit op resp. Uw verslaggever en ir. J. W. F. C. Proper, die tevens de Faculteit in het Curatorium vertegenwoordigden.

Met ingang van den nieuwen cursus zal als voorzitter der Faculteit Dr. W. Boomstra optreden en als zoodanig tevens zitting nemen in het Curatorium, terwijl ir. Proper zijn beide functies zal continueeren.

De mutaties in het docentencorps waren ook in den afgeloopen cursus weder talrijk. Den 2en Augustus legde collega Wolff Schoemaker zijn functie neer in verband met zijn buitenlandsch verlof, dat, helaas, wegens ziekte met 3 maanden verlengd moest worden. Het onderwijs in de bouwkunde en aanverwante vakken werd in den afgeloopen cursus verzorgd door ir. R. L. A. Schoemaker, hoogleeraar te Delft, op een wijze, waarvoor de Faculteit haar groote waardeering betuigt. Dat onze Delftsche collega zijn diensten ook nog tijdens het verlengde verlof ter beschikking onzer Hoogeschool wilde stellen, vervult de Faculteit met groote erkentelijkheid.

Met ingang van 1 October hervatte ir. Bijlaard, die te Delft gedurende zijn buitenlandsch verlof tijdelijk de vacante leerstoel van ir. N. C. Kist in bruggenbouw en ijzerconstructies vervuld had, weer zijne colleges. Dat hij voor onze Hoogeschool behouden is gebleven, al liepen er geruchten, die andere mogelijkheden deden vreezen, stemt ons tot groote dankbaarheid. Aan ir. W. P. C. Hennequin, die ook gedurende de eerste maanden van dezen cursus de colleges van collega Bijlaard gegeven heeft, zij daarvoor de dank der Faculteit gebracht.

3 April verliet ons met pensioen de hoogleeraar voor landmeten, waterpassen en geodesie, ir. J. H. G. Schepers. Dat deze eminente geodeet en sympathieke collega van ons afscheid moest nemen, beteekent voor onze Hoogeschool een ernstig verlies.

Het nieuw opgetreden Hoofd der Triangulatie-Brigade, ir. P. H. Poldervaart, die reeds gedurende den cursus 1926/27 aan de T. H. verbonden was, bleek gelukkig bereid een tijdelijke belasting met het geven van onderwijs in landmeten en aanverwante vakken te aanvaarden.

Den 24en Mei werd, in verband met zijn buitenlandsch verlof, van het onderwijs in de ijkvakken ontheven de heer J. P. de Vos, hoofd van den Dienst van het IJkwezen; zijn taak zal worden waargenomen door den heer J. Denekamp, voor onze Hoogeschool een gewaardeerde bekende.

Met ingang van einde Juni werden ontheven van het onderwijs in de electrotechniek ir. G. van der Harst, van dat in spoorwegen ir. S. Noyon, van dat in wegen ir. P. L. E. Happé en van dat in aardkunde ir. G. Pott. In plaats van de laatste drie docenten, voor wier werkzaamheden hier de dank der Faculteit gebracht moge worden, zijn herbenoemd de van buitenlandsch verlof teruggekeerde buitengewone lectoren ir. C. L. J. J. Quant, jhr. ir. C. Ortt en ir. M. E. Akkersdijk, terwijl gedurende den cursus 1939/40 tijdelijk geen onderwijs in de electrotechniek gegeven zal worden, maar na terugkeer van ir. van der Harst van zijn verlof dit vak gecombineerd gegeven zal worden voor het 3e en 4e studiejaar.

26 Juli l.l. vertrok met verlof de hoogleeraar voor de theoretische en toegepaste hydromechanica, ir. C. G. J. Vreedenburgh; zijn plaats zal tijdelijk worden ingenomen door den Delftschen hoogleeraar ir. A. S. Keverling Buisman, wien hier te mogen begroeten en welkom te heeten, mij een voorrecht is. Wij verheugen ons er over, dat door de komst van collega Buisman, die reeds gedurende den cursus 1925/26 hier verving, onze vriendschappelijke betrekkingen met de Delftsche zusterinstelling wederom bevestigd worden.

Den 13en Juli keerde van buitenlandsch verlof terug onze collega ir. J. J. I. Sprenger, wiens taak tijdens den afgeloopen cursus tijdelijk is waargenomen door den oud-hoofdingenieur der Zuiderzeewerken, ir. J. W. Kamp. De samenwerking met ir. Kamp laat bij de Faculteit de aangenaamste herinneringen achter.

Met voldoening kan worden medegedeeld, dat dank zij de medewerking van de betrokken autoriteiten, de Faculteit er in geslaagd is, de vacature van btg. lector voor het vak landbouwkunde te doen beëindigen, doordat ir. J. W. van Dijk, Bodemkundige bij de Afdeeling Landbouw van het Dep. v. Ec. Z. bereid gevonden werd een benoeming te aanvaarden.

Als een onderscheiding, waarin ook onze Hoogeschool zich geëerd voelt, zij vermeld, dat op den verjaardag van H. M. onze Koningin, collega Wolff Schoemaker benoemd werd tot Ridder in de Orde van den Nederlandschen Leeuw. Hem zij ook van deze plaats de gelukwensch der Faculteit aangeboden.

Eindelijk worde, wat de personalia der Faculteit betreft, medegedeeld, dat collega Mom als officieel afgevaardigde van het Ned.-Indische Gouvernement het 10de Congres van de „Far Eastern Association of Tropical Medicine" te Hanoi van 24 tot 30 November 1938 gehouden, bijwoonde en daarvan 18 December l.l. terugkeerde.

Met betrekking tot de bijeenkomsten, bezoeken, excursies e.d. zij in herinnering gebracht, dat Uw verslaggever den 29sten Juli 1938 in een openbare faculteitsvergadering het gebruikelijke jaarverslag uitbracht, waarna collega Mom een rede hield over: „De Bacteriën en de Hygiëne."

Voor de tweede maal vond in het afgeloopen cursusjaar een openbare faculteitsvergadering plaats, toen op 30 Mei ir. W. J. van Blommestein in

het publiek gepromoveerd werd tot doctor in de technische wetenschappen op een dissertatie getiteld: „Een nieuw pompsysteem in Ned.-Indië voor irrigatie en ontwatering."

Op zichzelf was deze derde promotie aan onze jonge Hoogeschool (de eerste was de eere-promotie van hem, die misschien wel de stichter onzer inrichting genoemd mag worden, Dr. J. W. IJzerman, op 7 April 1925, de tweede die van den Delftschen technoloog, ir. N. H. van Harpen, op 9 October 1930) reeds een eenigszins bijzondere gebeurtenis. De omstandigheid echter, dat voor het eerst een Bandoengsch ingenieur bij zijne alma mater den doctorstitel verwierf en wel op zulk een wijze, dat, zonder dat hier eenige „admiration mutuelle" in het spel was, het praedicaat „met lof" verleend kon worden, gaf aan deze plechtigheid een bijzonder verblijdend karakter.

In den loop van den cursus mocht onze hoogeschool zich in de zeer gewaardeerde belangstelling van eenige bezoekers verheugen, van wie ik in het bijzonder de volgende moge vermelden: de hoogleeraar aan de Universiteit van Stellenbosch, prof. P. Serton; de oud-hoogleeraar aan de Hoogeschool te Delft, ir. J. Haringhuizen; de oud-curator onzer Hoogeschool, de tegenwoordige Minister van Sociale Zaken, dr. ir. M. H. Damme; de Fransche ingenieurs J. Arnoux (Hoofd der Irrigatie in Cambodja en Indo-China) en R. Nicolau (Directeur der Openbare werken in Indo-China), die op uitnoodiging van den Directeur van Verkeer en Waterstaat, onzen president-Curator, den heer van Haeften, Indië bereisden; onze curator, ir. H. R. Beukelman; prof. ir. C. de Vooys, thans benoemd Minister van Economische Zaken en prof. dr. ir. F. K. Th. van Iterson, directeur der Staatsmijnen in Limburg.

Niemand zal het mij euvel duiden, dat ik nog afzonderlijk vermeld de bezoeken op 20 Januari en 23 Februari van dengene, die zooveel voor onze Hoogeschool gedaan heeft, prof. ir. J. Klopper, die ook nu weer, in het bijzonder als voorzitter van den Raad van Beheer van het Technische Hoogeschoolfonds, in een vergadering met de Commissie van Vertegenwoordiging de belangen onzer T. H. behartigd heeft.

De groote jaarlijksche excursie der studenten vond dit jaar plaats van 9 t/m 16 October, dit keer naar Midden-Java, waar verschilende irrigatie- en waterkrachtwerken bezichtigd werden, terwijl in Semarang het waterloopkundig laboratorium, de centrale gemeente-passer, het vliegveld, de havenwerken en eenige andere werken leerzame en dankbare objecten boden. Tot het welslagen dezer excursie, die onder leiding van de hoogleeraren Proper, Amons en Vreedenburgh stond, heeft in belangrijke mate bijgedragen de steun door verschillende autoriteiten verleend, onder wie in het bijzonder de Directies der Staatsspoorwegen, der Ned.-Indische Spoorwegmaatschappij, der Semarang-Cheribon Stoomtram Maatschappij, en der A.N.I.E.M., de Provinciale Waterstaat van Midden-Java en de Gemeente Semarang genoemd mogen worden, aan wie vanaf deze plaats nogmaals ten zeerste de dank der Faculteit gebracht worde.

Voorts konden wederom eenige kleinere excursies georganiseerd worden, nl. met de 4e-jaars-studenten naar de Artillerie-Constructiewinkel onder leiding van ir. Proper en ir. Hennequin, naar de waterzuiverings-installatie van het Zwembad Centrum onder leiding van ir. Mom en naar de lijnbeveiliging Poerwakarta onder leiding van ir. Noyon, terwijl de 1e-jaars-studenten met ir. Amons de Steenfabriek Bandoeng (te Dajeuh Kolot) bezichtigden, met ir. Pott een geologische excursie naar Tjoeroeg Djompong ondernamen en onder leiding van de heeren ir. Amons, ir. Pott en den chef der geologische onderzoekingen van den dienst van den Mijnbouw, ir. Harting, de Djati-cultuur en de steenwinning Tomo bezochten.

Bijzondere erkentelijkheid zij ook betuigd aan de instanties, door wier bemiddeling gedurende de groote vacantie 4 candidaatingenieurs in de gelegenheid gesteld werden practisch te werken bij de Staatsspoorwegen, 10 bij de Provinciale werken en 5 bij verschillende Gemeentewerken.

De betrekkingen tot de Zusterhoogescholen te Batavia bleven in het afgeloopen cursusjaar hoofdzakelijk beperkt tot de vertegenwoordiging bij opening en Dies; in het bijzonder was het voor den voorzitter en secretaris een aangename taak namens de Faculteit aanwezig te zijn bij de opening van het zoo belangrijke instituut der Bestuursacademie aan de Rechtshoogeschool.

In den afgeloopen cursus schreef het Bestuur van het Prijsvragenfonds der Technische Hoogeschool zijn 5e en 6e prijsvraag uit, waarop de antwoorden, die vóór 1 Januari 1940 moeten worden ingezonden, met belangstelling worden tegemoet gezien.

Eindelijk zij in dit gedeelte van mijn verslag nog vermeld, dat het instituut van wetenschappelijke voordrachten door buitenstaanders dit jaar weder in eere werd hersteld: ir. S. Snuyf hield voor de 3e en 4e jaarsstudenten een aantal belangrijke voordrachten over de distributie van drinkwater.

Ik kom thans tot de bespreking van de resultaten der examens, aan het einde van en gedurende het verslagjaar afgenomen, welke resultaten in de volgende tabel samengevat zijn:

Studiej.	Ingeschr.	Aan het examen deelgen.	Geslaagd			Verl. examen	Uitgest. examen
			Volledig	A.	B.		
I	89 (55) *)	52 (25)	20 (7)	—	—	8(5)	1(1)
II	34 (22)	28 (17)	10 (4)	—	—	10(4)	1(1)
III	22 (13)	19 (11)	7 (5)	—	—	3(–)	– –
IV	A. B. 13(11)16(9)	A. B. 12(10)15(9)	—	11(9)	12(7)	—	—

Het aantal ingeschrevenen voor het 1e studiejaar, dat den vorigen cursus nog 76 bedroeg, steeg dit

*) De tusschen haakjes geplaatste getallen hebben betrekking op voor de 1e maal voor het bedoelde studiejaar ingeschreven.

jaar tot 89. De oorzaak dezer stijging is niet duidelijk en vermoedelijk van samengestelden aard. Zeker zullen er onder deze studenten bekwame jongelieden zijn, die de voorkeur zouden hebben gegeven aan een andere technische studie dan die van civiel ingenieur. Maar hoe dit ook zij, met bezorgdheid ziet de Faculteit deze stijging. De last der beoordeeling van scripties en examens, die op de schouders der docenten van het eerste jaar drukt, wordt bijna niet meer te dragen. En onder deze studenten zijn er velen, die bij het Hooger Onderwijs niet thuis hooren.

In menig opzicht zijn de examen-resultaten dan ook zeer onbevredigend. Het valt op, dat van het totale aantal gedurende den cursus in het 1e studiejaar ingeschrevenen meer dan 40% niet of niet volledig aan het examen deelnam; en van het gedeelte, dat wel deelnam, moest nog bijna de helft worden afgewezen. Wat een verspilling van energie, tijd, geld en wat een teleurstellingen. Ik kan helaas niet ontkomen aan den indruk, verkregen door ervaring van vele jaren, dat toch dikwijls heel lichtvaardig tot de studie aan de Hoogeschool, i. c. de Technische Hoogeschool, besloten wordt. Dikwijls is er toch nòch in de bij het middelbare onderwijs behaalde resultaten, nòch in de belangstelling voldoende rechtvaardiging voor de studiekeuze te vinden, zelfs niet in gevallen waarin financieele draagkracht en andere sociale omstandigheden allerminst aanmoedigend moesten werken. Ook verwonderlijk is de schijnbare gemakkelijkheid, waarmede men van studierichting verandert, zelfs een b.v. zoo ingrijpende verandering als van de Technische naar de Rechtshoogeschool of omgekeerd komt meermalen voor. En verder kan ik evenmin ontkomen aan den indruk, dat de begeerte om een titel te verwerven soms een onevenredig zwaar motief vormt bij het besluit, om te gaan studeeren. En als dan de wensch den ingenieurstitel te verwerven geheel buiten verhouding komt te staan tot de begeerte technisch-wetenschappelijk de maatschappij en de wetenschap te dienen, dan ontstaat de toestand, dat men met een volharding, die te prijzen zou zijn, als zij op een beter doel gericht ware, zoonoodig een of meerdere studiejaren wel driemaal zou willen doorloopen, als de titel maar behaald wordt. Dan schijnt het besluit der Faculteit, om niet dan in hooge uitzonderingsgevallen toe te staan, voor den derden keer eenzelfde examen af te leggen, hard en wreed. En toch, hoe 'n eenvoudige waarheid het ook wezen moge, het kan met niet genoeg nadruk telkens opnieuw verzekerd worden, dat het de Technische Hoogeschool slechts te doen mag zijn, niet om menschen met den ingenieurstitel af te leveren, maar om werkelijk praesteerende ingenieurs aan de maatschappij te verzekeren. Er zullen niet vele abiturienten van het M.O. zijn, die, als hun maar de tijd gelaten wordt, om de stof nog eens en nog eens door te gaan, er niet in slagen zullen eindelijk examens af te leggen, die, met de gebruikelijke maatstaven beoordeeld, moeilijk anders dan als min of meer voldoende geacht moeten worden, maar noch zij zelven zijn er mede gebaat, als hun eindelijk het ingenieursdiploma uitgereikt zou worden, noch de maatschappij.

In den afgeloopen cursus kon aan 12 candidaten het ingenieursdiploma uitgereikt worden, waardoor het totale aantal Bandoengsche ingenieurs tot 189 gestegen is. Met voldoening moge geconstateerd worden, dat de plaatsing der afgestudeerden lang geen onbevredigend verloop heeft.

Wat den uitslag van de met de Technische Hoogeschool verbonden opleidingen betreft, moge worden medegedeeld, dat van den ijkcursus 1937/38, die door verschillende omstandigheden eerst 1 October 1937 begonnen was, den 2en Augustus 1938 van de 5 ingeschrevenen, slechts 2 slaagden en van den ijkcursus 1938/39 den 1en Juni 1939 van de 6 ingeschrevenen eveneens slechts 2 candidaten het diploma verwierven. Het is wel te betreuren, dat deze opleiding, die uitzicht opent op een goede maatschappelijke positie, waarin mooi, zij het dan ook tamelijk gespecialiseerd, werk kan worden verricht, nog maar al te vaak als een pis-aller beschouwd wordt.

Van den cursus der Vereeniging tot Opleiding van Instrumentmakers en Glasblazers verwierven van de 12 candidaten 6 het diploma van instrumentmaker en 5 dat van glasblazer. Wat de instrumentmakers betreft, is thans de vraag zelfs grooter dan het aanbod; voor de glasblazers levert de plaatsing eenige, zij het ook allerminst verontrustende moeilijkheid op.

Onder de onderwerpen van meer algemeenen aard, waarop ik in het begin doelde, neemt het bekende 5-jarenplan een vooraanstaande plaats in; mijn vorig jaarverslag liet mij de desbetreffende passage besluiten met de woorden: „Met groote belangstelling wacht nu de Faculteit den verderen gang van zaken af." Het is mij een voorrecht thans hier te kunnen mededeelen, dat die verdere gang van zaken, waarbij de Faculteit zeker niet passief gebleven is, zeer hoopgevend is geweest, doordat de Directeur van Onderwijs en Eeredienst zich bereid verklaard heeft het voorstel van Curatoren en Faculteit over te nemen en de zaak verder te leiden. Het behoeft geen betoog, dat het de Faculteit, die zoozeer overtuigd is van de noodzakelijkheid van een 5-jarig studieprogramma, uitermate zou verblijden, indien met de verwerkelijking van dit plan, waarvan de volledige doorvoering toch nog altijd 5 jaren in beslag zal nemen, reeds den aanstaanden cursus begonnen zou kunnen worden. Onmogelijk is dit zeer zeker niet. Mochten de in de Hooger-Onderwijsordonnantie voorgestelde wijzigingen door de betrokken instanties binnenkort aanvaard worden, dan zou invoering, ook als de cursus reeds begonnen zou zijn, al zeer eenvoudig wezen, omdat voor het eerste studiejaar de verandering daarop neerkomt, dat geen natuurkunde wordt gedoceerd en de bouwkunde van 4 tot 3 uren per week verminderd wordt.

De zoozeer verlangde en gehoopte grootere bewegingsvrijheid, die de invoering van het 5-jarig studieprogramma ons zal bieden, kan in meerdere opzichten aan den bloei en de ontplooiing onzer Hoogeschool ten goede komen.

Dat allereerst het onderwijs en de studie daarmede gebaat zijn, wil ik thans niet meer uitvoerig gaan betoogen. Maar ik mag wel, gedeeltelijk in aansluiting op mijn vorig jaarverslag, op enkele andere punten de aandacht vestigen. Ik denk b.v. aan het vereenigingsleven der studenten, dat thans maar al te zeer gehandicapt is door het tekort aan tijd, waardoor

het uitermate moeilijk is de bestuursfuncties bezet te krijgen.

Ik denk in dit verband vooral ook aan de in het vorige jaarverslag besproken wenschelijkheid bij de civiel-ingenieursopleiding meer aandacht te besteden aan de vakken waarvoor de benaming „locale techniek" in zwang gekomen is: assaineering, waterleidingvoorziening, stedebouwkunde en kampongbouw, een wenschelijkheid, die in de betrokken kringen als een dringende behoefte gevoeld wordt. — Het is helaas in het afgeloopen cursusjaar aan de Faculteit niet mogen gelukken binnen het kader van het 4-jarig studieprogramma aan deze behoefte ook maar eenigszins noemenswaard tegemoet te komen, maar de verzekering moge worden gegeven, dat het verrichte voorwerk niet onvruchtbaar geweest is en de aandacht der Faculteit er op gericht blijft, iedere kans aan te grijpen, die zich voordoet, om haar bijdrage te leveren tot een aan de behoefte op het gebied der locale techniek adaeqate oplossing. De uitspraak in het vorige jaarverslag, dat het de plicht is eener Indische Hoogeschool, eene speciale studie te maken van die onderwerpen, welke voor de ontwikkeling dezer gewesten van primair belang zijn en dat daaronder ongetwijfeld de voorzieningen in de sociale behoeften der inwonenden vallen, mag geenszins als een slechts platonisch bedoelde opgevat worden.

Heeft in dit laatste opzicht de Faculteit in het afgeloopen jaar zeer zeker niet stilgezeten (al is dan ook haar streven niet met succes bekroond en al zal de invoering van het 5-jarig studieprogramma eerst de kans op succes kunnen vergrooten), ook ten aanzien van de mogelijkheid van oprichting eener scheikundige afdeeling is verder gewerkt.

In mijn vorig jaarverslag vermeldde ik, dat de Faculteit het denkbeeld geopperd had het nieuw te bouwen laboratorium van het Centraal Bureau voor Technische Onderzoekingen te Buitenzorg, ressorteerende onder het Departement van Economische Zaken, dat aanvankelijk te Batavia geprojecteerd was, op de terreinen der T. H. te doen verrijzen. Helaas hebben de bemoeiingen zoowel van den Directeur van Onderwijs en Eeredienst als die van den Voorzitter der Faculteit een negatief resultaat gehad. De Directeur van Economische Zaken achtte vestiging te Batavia noodzakelijk. Intusschen heeft een door de Faculteit ingestelde commissie, bestaande uit de faculteitsleden ir. A m o n s, dr. ir. M o m en uw verslaggever, zich door een enquête bij de leiders van min of meer scheikundig georiënteerde bedrijven en in het algemeen genomen van personen, wier werkkring medebracht, dat zij voor de eventueele opleiding van chemo-technische ingenieurs belangstelling hadden en aan wier oordeel waarde gehecht mocht worden, een indruk trachten te vormen omtrent de ontvangst, die de in het vorige jaarverslag vermelde gedachten bij leidende kringen vonden.

Op deze enquête is een dertigtal antwoorden binnengekomen. Voor de belangstelling, die hieruit spreekt, moge de dank der Faculteit worden gebracht. Het is hier niet de plaats en de tijd deze antwoorden, die nog verwerkt moeten worden in het aan de Faculteit uit te brengen rapport, aan uitvoerige beschouwing te onderwerpen. Slechts zij vermeld, dat, zooals trouwens te verwachten was, de antwoorden in nauw verband staan met de verschillende opvattingen (die op hun beurt weer met diepere beginselen samenhangen) omtrent de wenschelijkheid en de mogelijkheid van Nederlandsch-Indische industrieën van middelbaren of meer uitgebreiden omvang en dat er tegenover een groep, die afwijzend en ontradend staat ten opzichte van de bedoelde denkbeelden een zeer zeker niet onbelangrijke groep gunstig en aanmoedigend adviseert.

Met groote erkentelijkheid moge voorts melding gemaakt worden van eenige niet slechts in studie zijnde, maar daadwerkelijk in gang zijnde uitbreidingen.

In den afgeloopen cursus onderging het Laboratorium voor Technische Hygiëne en Assaineering een belangrijke vergrooting, vooral noodig gemaakt door het groeiend aantal aanvragen om voorlichting, zoowel van Landsdiensten als van particulieren, in vraagstukken van technische hygiëne met betrekking tot de atmosfeer en door de vele gewichtige belangen met het onderzoek daarvan verbonden. In het bijzonder zij hier met groote waardeering vermeld het belangrijke aandeel, dat het particuliere initiatief, waaraan onze Hoogeschool alreeds zooveel te danken heeft, tot deze uitbreiding bijgedragen heeft. Wij weten maar al te goed, dat er in landen als Engeland en Amerika van de zijde van het particulier initiatief voor de bevordering van wetenschap en techniek geheele vermogens geschonken worden en dat daarbij vergeleken zoowel Nederland als Nederlandsch-Indië slechts een bescheiden, ja een zeer bescheiden rol spelen. Des te meer oorzaak is er echter, om met dankbare waardeering hetgeen gedaan wordt in eere te houden en de bedoelingen der gevers zooveel mogelijk tot hun recht te laten komen.

Het staag toenemende aantal studenten, vooral in het eerste studiejaar, eischte dringend een nieuwe collegezaal, voornamelijk ten behoeve van het vak „kennis van bouwstoffen" en, dank zij de gunstige beslissingen van de Departementen van Onderwijs en Eeredienst en van Verkeer en Waterstaat en de vlotte behandeling door den Landsgebouwendienst, is met de voorbereidende werkzaamheden daartoe reeds begonnen en kan de voltooiing binnen den a.s. cursus worden tegemoet gezien.

Over een laatste punt, al is het essentieël, slechts nog kort. Onze Hoogeschool heeft niet alleen de taak ingenieurs op te leiden, maar heeft ook het ideaal een centrum van beoefening der technische wetenschappen te zijn. Zij kan en mag en wil er niet mede tevreden zijn een soort fabriek te zijn, die ingenieurs aflevert à raison van zooveel duizend gulden per ingenieur. Hooger onderwijs zonder onderzoek loopt groot gevaar steriel te worden. De actieve deelneme aan het 8e Ned.-Indisch Natuurwetenschappelijke Congres in Juli van het vorige jaar gehouden en talrijke publicaties in de wetenschappelijke tijdschriften leggen getuigenis daarvan af, dat de Faculteit zich ten opzichte van het wetenschappelijk onderzoek niet aan haar verantwoordelijkheid onttrekt. Met dankbaarheid moge hier vermeld worden de steun, wat de voor dit onderzoek vereischte hulpmiddelen betreft, van het B. T. H.-fonds verkregen.

Aan het einde van dit jaarverslag gekomen, is het mij een aangename taak, U, collega P r o p e r, die mij dit jaar als secretaris hebt bijgestaan, hartelijk te danken voor de ondervonden samenwerking.

Aan U, collega B o o m s t r a, den ervarene, draag ik vol vertrouwen mijn taak over. Ik herhaal hetgeen een mijner voorgangers eens gezegd heeft: ik heb ze met vreugde gedragen, ik geef ze met vreugde over. Het is mij een persoonlijk voorrecht ze te mogen overdragen aan U, met wien ik tegelijkertijd, aan dezelfde Universiteit, in dezelfde Faculteit mijne studie begonnen ben.

Misschien, mijne heeren Faculteitsleden, wordt ons wel eens verweten bezield te zijn door den geest van het perfectionisme. Geenszins zal ik dat perfectionisme in bescherming nemen. Het is als zoovele -isme's uit den booze. Maar er zijn ook geestesgesteldheden, die misschien niet zoo'n welluidenden naam hebben, maar die zeker niet minder schadelijk te achten zijn: ik bedoel den geest van: „zoo kan het ook wel" of „laat maar". Mogen wij allen, bezield door het voornemen inderdaad het beste te zoeken voor de Hoogeschool, waaraan wij geroepen zijn en voor de samenleving, die zij heeft te dienen, het nieuwe cursusjaar ingaan.

Ik heb gezegd.

(De door prof. ir. J. W. F. C. P r o p e r vervolgens uitgesproken rede over een onderwerp uit het vak zijner studie, vindt men weergegeven in Afdeeling II van dit nummer.)

VARIA.

De Wereldtentoonstelling van 1939 te New-York.

F. 250 000 000 geïnvesteerd kapitaal, parkeerplaats voor 35 000 auto's, idem voor 575 bussen, stations van de underground en de treinen met vervoercapaciteit van rond 100 000 personen per uur, 40 km verharde wegen, aantal bezoekers de eerste maand (Mei) 4,7 millioen, een oppervlakte 3 × zoo groot als de tentoonstelling van Chicago in 1934, een amusementspark dat alleen al grooter is dan de tentoonstelling van Parijs in 1937, enz. enz.

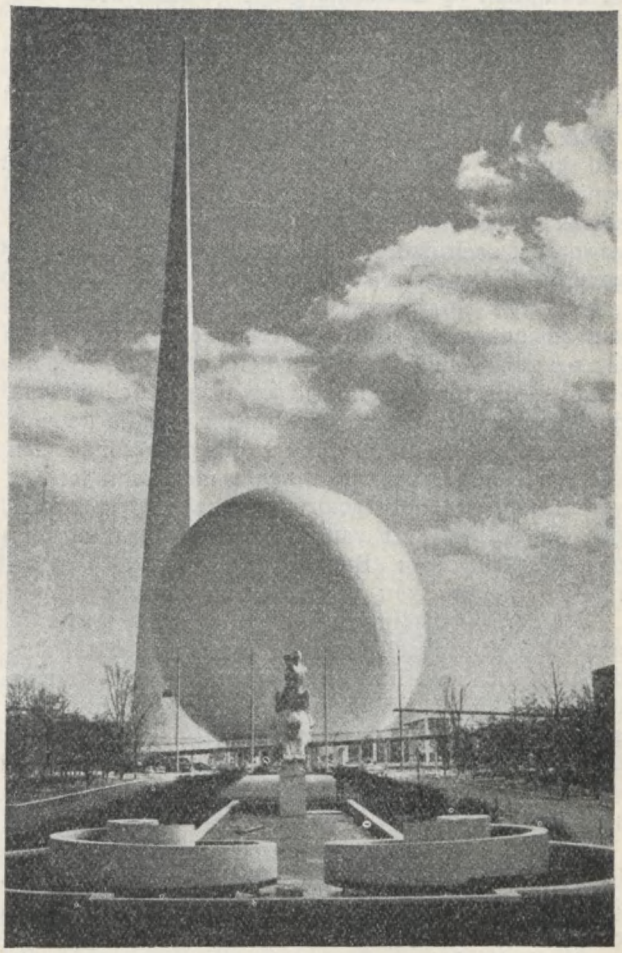
Toen ik de redactie van dit tijdschrift voorstelde om tijdens mijn bezoek aan New-York een algemeen overzicht van deze Fair te geven wist ik natuurlijk niet, dat ik een taak op mij had genomen, welke practisch niet uitvoerbaar was, aangezien ik dan te veel plaats zou moeten opeischen en mijn artikel meer een uittreksel van de 256 pagina's tellende officieele gids zou gelijken; hetgeen zeer zeker niet de bedoeling was.

Ik wil daarom vooreerst volstaan met eenige indrukken weer te geven om daarna in één of meer andere artikelen de meer belangrijke inzendingen, enkele uit de vele, nader in beschouwing te nemen.

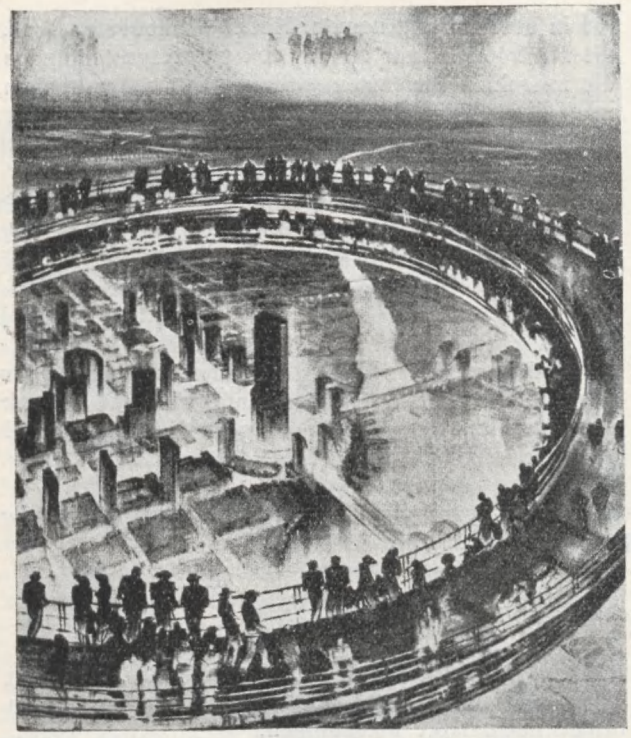
De eerste indruk is voor een ieder en zeer zeker voor ons Hollanders overweldigend, ik zou bijna willen zeggen verontrustend en zeker onbehaaglijk op dat enorm groote terrein, alwaar men zonder telkenmale te informeeren geen weg weet en maar ronddwaalt, om al heel gauw vermoeid ergens neer te strijken en liefst maar spoedig weer een rustiger omgeving op te zoeken.

Het is daarom zeer gewenscht, alvorens deze tentoonstelling te bezoeken, de gids grondig te bestudeeren en dan een soort plan de campagne op te maken, waarbij er vooral naar gestreefd dient te worden dit niet te overladen, daarbij na te gaan welke toegang het gemakkelijkst kan worden bereikt om, wanneer men eenmaal op het terrein is aangekomen, één der 100 bussen te nemen, die een dienst van 6 lijnen onderhouden op het terrein en U brengen naar het gewenschte punt. Gij doet goed om de morgenuren uit te kiezen, daar in den namiddag men vrij zeker veel tijd verliest met het wachten in lange rijen bij de belangrijke inzendingen.

Onwillekeurig vraagt men zich bij deze veelheid van indrukken af, waar dat in de naaste toekomst naar toe gaat en of de kwaliteit niet al te veel door



Trylon en Perisphere.



De wereld van morgen in de Perisphere.

de kwantiteit op den achtergrond geraakt; doch voor den Amerikaan schijnt het nu eenmaal alleen mogelijk belangstelling te wekken, indien men door „thrillers" en alle mogelijke superlatieven de massa weet te imponeeren.

Het staat dan ook wel vast, dat veel achterwege had kunnen blijven zonder de kwaliteit ook maar eenigszins te kort te doen en waardoor naar onzen smaak het geheel heel wat aantrekkelijker zou zijn geworden, doch dan zou het succes twijfelachtig zijn geweest. 's Lands wijs 's lands eer.

Met deze Fair wordt de 150ste jaardag herdacht van de inauguratie van Amerika's eersten president, George Washington, belangrijk feit niet alleen voor dit land doch ook voor de geschiedenis van de geheele Westersche beschaving, zooals de gids mededeelt. Met deze tentoonstelling stelt men zich voor te toonen langs welke wegen men komt tot een verbetering van alle factoren, welke kunnen bijdragen tot de welvaart van het menschdom; vandaar ook de kernspreuk: „Building the World of To-morrow", de opbouw van de wereld van morgen.

Meerdere inzendingen hebben er naar gestreefd aan dit doel zooveel mogelijk te beantwoorden, zoodat men zich een beeld zal kunnen vormen van de in de toekomst gedachte samenleving, natuurlijk geheel naar Amerikaanschen geest, 100% beheerscht door de techniek. Een oordeel hieromtrent wil ik achterwege laten, daar dit meer thuis behoort in een sociaal tijdschrift.

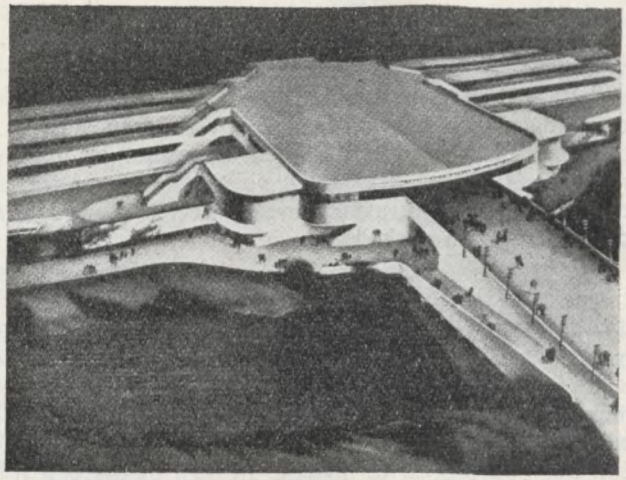
Uitstekend en op buitengewoon ingenieuze wijze is dit beeld gegeven in de „Perisphere", den 200 feet = ca. 60 m in diameter grooten bol, een constructie welke (zooals van zelf spreekt) de grootste is op aarde. Deze enorme bol, geplaatst midden in een vijver, rust op 8 kolommen welke door een handig gebruik van spiegels en fonteinen weinig opvallen; 60 m diameter beteekent een inhoud van niet minder dan 113 100 m^3, overeenkomend met den inhoud van een zaal van bijv. 100 m breed, 300 m lang en 3,8 m hoog. Deze laatste cijfers spreken meer dan de 60 m diameter.

Wanneer men via een loket 25 cent heeft betaald, bereikt men den ingang van den bol door een lift en komt dan op een platform, waar 2 boven elkaar gelegen en tegen elkaar indraaiende galerijen op uitkomen; deze galerijen zijn uitgevoerd als trottoir roulant, zoodat men als het ware staande aan de reeling van een schip het in de onderste helft van den bol geplaatste diorama kan bekijken. Het diorama stelt voor een stad met een bevolking van 1 millioen zielen, waarvan 250 000 werkers.

Het kost moeite om zich te realiseeren, dat wat men daar beneden ziet geen werkelijkheid is en slechts een model op verkleinde schaal is van wat eens werkelijkheid zal worden. Natuurlijk op den beganen grond wegen, breede wegen voor auto's, geen enkele voetganger, groote en hooge „apartment houses", daktuinen. De voetgangers bewegen zich op breede galerijen, een verdieping boven den beganen grond, waar zich de winkels, theaters enz. bevinden. Men kan zich indenken hoe in deze gebouwen snelle liften de bewoners naar hun „apartment" brengen, hoe het geheel centraal is verwarmd of gekoeld, hoe met alle mogelijke technische middelen voor hygiëne is zorggedragen, hoe alles machinaal geschiedt en waar de Amerikaan van morgen een voor hem ideaal tehuis zal vinden. Of ook wij, Hollanders, die zoo gesteld zijn op onze eigen omgeving, daarin ook een ideaal zullen zien, is een groote vraag.

Buiten de stad groote vliegterreinen, parken en sportterreinen, op welke laatste natuurlijk records zullen worden verbeterd, fabriekscomplexen, alle bereikbaar met „highways" en undergroundtreinen.

Tijdens de reis om deze stad valt de schemering in, de sterren komen aan den hemel, de verlichting der stad wordt zichtbaar en geeft een feeërieken geheel te zien, zoodat men, weder in de bestaande maatschappij teruggekeerd, nog lang dit beeld voor oogen



Eindstation van de underground.

houdt en men zich afvraagt of dit nu het paradijs op aarde is of wel dat men uit een soort gekkenhuis komt. Laat ik niet gaan fantaseeren en het nuchtere feit constateeren, dat de techniek niet is te remmen en wij langzaam maar zeker als mensch zullen worden aangepast aan deze samenleving, van geslacht op geslacht meer en meer zullen worden gemechaniseerd, andere idealen zullen hebben, evenals thans onze samenleving niet meer is te vergelijken met die van 1000 jaren terug.

Uit de „sphere" komende gaat men door den „Trylon", de 210 m hooge driezijdige en zeer spitse pyramide, welke naast den bol is opgesteld, om vervolgens langs een groote galerij weer met beide beenen op den beganen grond te komen staan.

Mijlen ver in den omtrek en van ieder punt van het tentoonstellingsterrein zijn deze Trylon en Perisphere zichtbaar en vormen beide een centraal punt, waarvan breede boulevards uitgaan in diverse richtingen.

Bij deze combinatie van Trylon en Perisphere is men uitgegaan van de gedachte, dat de driehoek en de cirkel als meest elementaire figuren van de geometrie de basis zijn van alle constructies der techniek, terwijl men zich blijkbaar ook verplicht voelde den bezoeker iets bijzonders te toonen, waarvan de gids zegt: „Never before in history has man undertaken to build a globe of such tremendous proportions".

Vooral in de avonduren, wanneer alles in een zee van licht baadt, is het effect van beide grootsche witte en massale constructies nog indrukwekkender, zooals zij dan scherp afsteken tegen den donkeren achtergrond.

Het behoeft geen betoog, dat de groote Amerikaansche concerns met daverende gebouwen voor den dag zijn gekomen, waarvan vele een bijzondere bouwstijl vertoonen, meerdere hypermodern en gewaagd, voor bouwkundigen van bijzondere interesse; de horizontale lijn speelt daarbij een belangrijke rol, doch een oordeel over een en ander, wil ik als zijnde niet competent op dit gebied, achterwege laten.

Om de belangrijkste te noemen: General Motors, Ford, Chrysler, Firestone, Goodrich, General Electric, Westinghouse, Uniteds Steel, Edison Co, enz. enz.; in hoofdzaak namen, die ons niet vreemd in de ooren klinken, benevens nog honderden andere, te veel om op te noemen. Ruim 40 landen zijn uitgekomen met een eigen gebouw, evenals een 25 staten van Amerika, waarbij meer in het bijzonder opvallen de landen Italië, Rusland, Engeland, Frankrijk, Japan en ook Nederland wat de oppervlakte betreft goed voor den dag is gekomen. Jammer genoeg kan ik de gekozen stijl hiervan niet waardeeren, doch dit is een kwestie van smaak.

Blijkbaar heeft ons land eens willen breken met de gewoonte om een onzer oude bouwstijlen te copieeren, doch de combinatie van een quasi-modern gebouw met een te kleinen en ouderwetschen toren is verre van gelukkig te noemen. Een geluk is, dat het inwendige een goeden indruk maakt en vooral de Indische inzending daartoe veel bijdraagt en naar ik hoop den doorsnee-Amerikaan zal bijbrengen, dat

Het gebouw van General Motors.

onze Oost niet alleen bestaat, doch met de 60 millioen bewoners zeker geen quantité négligeable is.

Het vroolijk klinkende klokkenspel in den toren doet weldadig aan en is een uitstekende reclame voor ons land.

De vele verschillende bouwstijlen zijn oorzaak, dat het geheel eenigszins onrustig aandoet, zeer zeker wanneer daarbij nog komt een drukte van voetgangers en ook voertuigen, doch hoe kan men anders verwachten bij vogels van zoo verschillende pluimage.

Dwars door het tentoonstellingsterrein loopen een tweetal hoofdverkeerswegen, welke door een 3-tal bruggen van bijzondere constructie worden gekruist en van waaruit men een uitstekend beeld verkrijgt van het autoverkeer naar en van de tentoonstelling; fietsen en paardentractie ontbreken geheel, terwijl ook opvalt hoe weinig motorfietsen op den weg zijn. Het zal velen verwonderen, dat op dergelijke wegen een maximum snelheid van 40 mijl = ± 65 km/h is voorgeschreven, een snelheid welke bij ons in Indië nog al eens overschreden wordt.

Naast de architectuur is de schilderkunst en beeldhouwkunst niet onbelangrijk en het is opvallend, dat de eerste photo in de gids hieromtrent opgenomen een beeld toont door den beeldhouwer Joseph Renier, getiteld „Speed"; bijzondere wandschilderingen vindt men in de diverse gebouwen als het Food Building, het Metals Building, het Communications Building enz., terwijl ook van Rusland nog mooie beeldhouwwerken dienen te worden vermeld.

De tuinaanleg verdient ook bijzondere aandacht. Daarvoor is niet minder dan 2,3 millioen gulden neergelegd, een cijfer hetwelk tevens weergeeft, wat bij een dergelijken opzet komt kijken.

Ten slotte wil ik nog noemen een buitengewone inzending van oud spoorwegmaterieel, te meer daar dit wordt gedemonstreerd in een sfeer van vroeger tijden. Oude locomotieven onder vollen stoom, met de bekende enorme schoorsteenen, trekken oude wagons, waarin het personeel en de reizigers gestoken in oude kleederdrachten, naar een geïmproviseerd station, waar oude postkoetsen gereed staan om de reizigers over te nemen. Naast de monsters van locomotieven van thans beseft men, wat in een tijdsverloop van 50 jaar ook op dat gebied is veranderd en hoe de techniek met enorme schreden is vooruitgegaan.

Ook hierbij speelt het tempo een hoofdrol, doch

het maximum is zeer zeker vooreerst nog niet bereikt.

In bovenstaande regelen heb ik slechts enkele van mijn eerste indrukken willen vastleggen aan de hand van mijn eerste bezoek aan deze Fair en hoewel uiteraard beknopt en daardoor zeer onvolledig, wil ik hiermede thans volstaan.

Resumeerende kom ik tot de slotsom, dat voor den ingenieur in het algemeen een enorme hoeveelheid studiemateriaal aanwezig is, dat men ieder moment wordt geboeid door veelal nog onbekende constructies en opvattingen, terwijl men bewondering heeft voor den durf hier vertoond; vooral ook valt op, hoe de techniek er naar gestreefd heeft arbeid te besparen, veel geestdoodenden arbeid vooral en hoe techniek en organisatie steeds hand in hand gaan.

Veel zou daarbij ook voor Indië zijn te gebruiken, hoewel het groote verschil in arbeidsloonen een factor is, die niet uit het oog kan en mag worden verloren en veel, wat in Amerika een dringende eisch is, voor Indië, althans voorloopig, nog niet aan de orde is.

En hier komen we dan weer in den vicieusen cirkel van kostprijs — arbeidsloon — levensstandaard, die hier zoo hemelsbreed verschilt met onze Indische verhoudingen. Voor mij staat evenwel vast, dat ook wij meer en meer onze aandacht zullen moeten besteden aan de aanpassing van industrie en nijverheid aan den vooruitgang der techniek, om onze positie op de wereldmarkt te handhaven.

D. W. Sparnaay.

BERICHTEN VAN ALLERLEI AARD.

Octrooien.

De ondervolgende octrooiaanvragen zijn 15 Juli 1939 o.m. openbaar gemaakt. Onder de aandacht van belanghebbenden wordt gebracht, dat aan den Octrooiraad te 's-Gravenhage te richten bezwaarschriften tegen de verleening van octrooi en verzoekschriften tot het verkrijgen van een recht als voorgebruiker of tot vermelding van een naam van den uitvinder in het octrooi, bij het Kantoor voor den Industrieelen Eigendom (Dept. van Justitie) te Batavia-C. kunnen worden ingediend, onder aanteekening, dat tegen de verleende octrooien niet anders kan worden opgekomen dan door een vordering tot nietigverklaring of opeisching bij de gewone rechters in Nederland.

De termijn voor het indienen van bezwaar- en/of verzoekschriften loopt voor de navolgende octrooien af op:

15 November 1939.

No. 880 Ind. kl. 29 a1. F. C. van Baak, Wongsoredjo bij Banjoewangi, Java, Ned.-Indië: Werkwijze voor het bewerken van kapokvezels.

No. 72584 Ned. kl. 23 b4 a2. The Pure Oil Company, Chicago: Werkwijze voor het bereiden van motorbrandstoffen door polymerisatie van alkeenen bevattende koolwaterstoffen.

No. 80694 Ned. kl. 39 b1a. Dunlop Plantations Limited, Londen: Werkwijze voor het reinigen en concentreeren van waterige rubberdispersies.

No. 81763 Ned. kl. 23 b4. F. Uhde, Dortmund en Th. W. Pfirrmann, Castrop-Rauxel, Duitschland: Werkwijze voor het stabiliseeren van stookolie en dieselolie, die door het oplossen van primair bitumen, koolextracten of dergelijke in waterstofarme oliën zijn bereid.

No. 81813 Ned. kl. 5 a15. Texaco Development Corporation, Wilmington, Delaware, Ver. St. v. Am.: Werkwijze voor het boren van putten waarbij men een thixotrope kleispoeling in het boorgat laat circuleeren.

No. 81912 Ned. kl. 23 b5e. N. V. Nieuwe Octrooi Maatschappij, 's-Gravenhage: Werkwijze voor het kraken van koolwaterstoffen.

No. 81917 Ned. kl. 23 b4a. Universal Oil Products Company, Chicago: Werkwijze voor het katalytisch reformen van koolwaterstofmotorbrandstoffen.

No. 82041 Ned. kl. 39 b1a2. Algemeene Vereeniging van Rubberplanters ter Oostkust van Sumatra, Medan: Werkwijze voor het bereiden van een geconcentreerde rubberdispersie door centrifugeeren van rubberlatex.

No. 82054 Ned. kl. 53 d3a. Firma R. Seelig & Hille, Dresden: Werkwijze voor het bereiden van een korrelig koffiepreparaat, dat geëxtraheerd kan worden zonder drab te geven.

No. 82464 Ned. kl. 5 a40. The Dow Chemical Company, Midland, Michigan, Ver. St. v. Am.: Werkwijze ter behandeling van een olieput in een kalkhoudende formatie met zoutzuur.

No. 83158 Ned. kl. 23 b4a. Universal Oil Products Company, Chicago: Werkwijze voor het katalytisch reformen van motorbrandstoffen.

No. 83851 Ned. kl. 84 c. M. Lacombe, Angoulême, Charente, Frankrijk: Werkwijze voor het controleeren van het gedrag van een heipaal uit beton tijdens het in den grond heien daarvan.

No. 84320 Ned. kl. 23 b7g. N. V. Bataafsche Petroleum Maatschappij, 's-Gravenhage: Werkwijze voor het verwijderen van zure bestanddeelen uit koolwaterstofmengsels en dergelijke.

No. 84984 Ned. kl. 89 d5. The Western States Machine Company, New-York: Werkwijze voor het centrifugeeren van mengsels van suikerkristallen en stroop.

No. 85689 Ned. kl. 39 b1 a1. Centrale Vereeniging tot Beheer van Proefstations voor de Overjarige Cultures in Nederlandsch-Indië, Batavia, Java, Ned.Indië: Werkwijze voor het zuiveren van latexroom, welke verkregen is door oproming van latex met behulp van oproommiddelen.

No. 86454 Ned. kl. 23 b2. Texaco Development Corporation, Wilmington, Delaware, Ver. St. v. Am.: Werkwijze voor het ontparaffineeren.

No. 87470 Ned. kl. 23 b7e. Edeleanu Gesellschaft m.b.H., Berlijn-Schöneberg: Werkwijze voor het raffineeren van koolwaterstofoliën.

No. 87471 Ned. kl. 23 b7e. Edeleanu Gesellschaft m.b.H., te Berlijn-Schöneberg: Werkwijze voor het raffineeren van koolwaterstofoliën

No. 86700 Ned. kl. 15. G. Bardin, Tournus, Saône-et-Loire, Frankrijk: Werkwijze voor het vervaardigen van reservoirs, bestaande uit een betrekkelijk stevige komvormige schaal en een met de hand vervormbare komvormige schaal.

No. 84488 Ned. kl. 10. N. Phillips, Bexleyheath, Kent, Engeland: Werkwijze voor het bevestigen van een rail op een dwarsligger met behulp van een schroef in plastisch, verhardend materiaal.

No. 79924 Ned. kl. 2a. N. V. Industrieele en Bouwmaterialenhandelmaatschappij „I b o m a", Amsterdam: Wegdek.

No. 79464 Ned. kl. 37a. H. H. Robertson Company, Pittsburgh, Penns., V. St. v. Am.: Werkwijze voor het op metalen voorwerpen aanbrengen van een beschermende bekleeding van vezelachtig materiaal met behulp van een verhitte metalen tusschenlaag.

No. 84913 Ned. kl. 37b. N. V. Vereenigde Glasfabrieken (United Glassworks), Schiedam: Hol bouwblok.

No. 79857 Ned. kl. 6. N. V. Industrieele en Bouwmaterialenhandelmaatschappij „I b o m a", Amsterdam: Werkwijze voor het ter plaatse maken van een trottoir- of dergelijken opsluitband.

No. 76273 Ned. kl. 7b. Staat der Nederlanden: Schakeling ten gebruike bij telegrafie voor het omzetten van wisselstroomstooten in gelijkstroomstooten van wisselende richting ter besturing van een polair relais.

No. 83487 Ned. kl. 30. N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven: Werkwijze en inrichting voor het afstemmen op afstand van een radio-ontvangtoestel.

No. 83485 Ned. kl. 41. Dipl. Ing. H. Honnef, Berlijn: Door windkracht aangedreven electrische centrale.

No. 78433 Ned. kl. 3. Th. Greis, Keulen-Dellbrück: Pannendak met uit glaswatten bestaande afdichting.

No. 85473 Ned. kl. 33. N. V. Gebr. Teeuwen's Kleiwaren-Industrie, Afdeeling Reuver, Tegelen: Bekleeding van een plafond of een wand met tegels, die van Z-vormige zijranden zijn voorzien.

No. 85322 Ned. kl. 7d. A. Beckius, te Luxemburg, Luxemburg: Bouwwerk, bijv. woonhuis, bestand tegen aardbevingen of aardverzakkingen, met bolvormig geraamte.

No. 87487 Ned. kl. 37d. J. H. Nollen, Rotterdam: Lijstwerk voor het met veerende klemstrippen inklemmen van een vlakke of gebogen plaat van glas.

No. 89225 Ned. kl. 37d. A. S. Tesser, Nijmegen: Zonnescherm, aan de bovenzijde bedekt met reflecteerend metaal en van een zoodanig scherm voorziene winkelpui.

No. 82172 Ned. kl. 2. C. Beijer, Berlijn-Neukölln: Werkwijze voor het onbrandbaar maken van hout, stroo, riet en papier.

No. 81050 Ned. kl. 10c. Staat der Nederlanden: Inrichting voor het op afstand overbrengen van den stand van aanwijsapparaten met een door het betreffende aanwijsapparaat aangedreven contactwals met minstens drie contacten.

Normalisatie.

Bij het secretariaat van den Normalisatieraad — Bragaweg 38, Bandoeng, zijn verkrijgbaar gesteld de navolgende normaalbladen, herdrukte-, gewijzigde- en ontwerp-normaalbladen:

Nieuw ontvangen normaalbladen.

Werktuigbouw.

N 841: Gereedschappen. Open snijplaten voor metrische schroefdraad.
N 842: Idem. Open snijplaten voor Whitworth schroef- en Whitworth gasdraad.
N 843: Idem. Snijplaathouders.
N 847: Idem. Spiraalboren met cylindrische kolf van 0,3 t/m 2 mm.

Verkeerswegen.

N 1135: Licht spoor. Spoorwijdten. Aanwijzingen voor de keuze van complete bovenbouwen.
N 1136: Idem. Stalen dwarsliggers. Klemplaatjes en klembouten voor rails NP 6 en NP 8.
N 1137: Idem. Stalen dwarsliggers. Klemplaatjes en klembouten voor rails NP 10 en NP 12,5.
N 1138: Idem. Stalen dwarsliggers. Klemplaatjes en klembouten voor rails NP 15 en NP 17,5.

Verf-, vernis- en lakindustrie.

N 882: Droge verfstoffen. Uitvoering van de keuringsproeven. IJzermenie.
N 883: Idem. Idem. Oker, omber en terra di Siena.
N 884: Idem. Idem. Chromaatgeel.
N 885: Idem. Idem. Berlijnsch blauw.
N 886: Idem. Idem. Bremergroen.

Bouwbedrijf.

N 2001: Afmetingen voor bezaagd hout in Ned.-Indië.

Drukkerij en uitgeverij.

N 903: Kleuren voor drukinkten.

Herdrukte normaalbladen.

Algemeene aanwijzingen voor boekwerken, geschriften, enz.

N 333: Symbolen voor eenheden, 5e druk.
N 334: Verhoudingen van eenheden. Belangrijke verhoudingen en getallen, 4e druk.

Bouwbedrijf.

N 616: Aanduidingen op kaarten en teekeningen van situaties en grondwerken, 2e druk.
N 2005: Gewapend-Beton-Voorschriften voor Ned.-Indië, 2e druk.

Gewijzigde normaalbladen.

Bouwbedrijf.

N 1008: Voorschriften voor het ontwerpen en voor het vervaardigen en opstellen van Stalen Bruggen (V.O.S.B./V.V.S.B. 1938).

Ontwerp-normaalbladen.

Algemeene aanwijzingen voor boekwerken, geschriften, enz.

V 355: Symbolen voor de toegepaste mechanica. Beton en gewapend beton.

Beveiligingsmiddelen.

V 893: Gasmaskers — Gelaatstukken.

Werktuigbouw.

V 1231: Zwarte kroonmoeren met metrische draad.
V 1232: Idem met Whitworth draad.
V 1163: Rijwielvelgen. Kalibers.
V 1164: Idem. Meetlinten.
V 1165: Motorvelgen. Hoofdafmetingen.
V 1166: Idem. Kalibers.
V 1167: Idem. Meetlinten.

Verkeerswegen.

V 1139: Bovenbouw licht spoor. Spoorspijkers en spoorschroeven.
V 1140: Licht spoor. Wielstellen.

Scheepsbouw.

V 1156: Kettingwerk. Platte haken.

Oliën en Vetten.

V 1235: Minerale oliën. Bepaling van het troebelingspunt.
V 1236: Idem. Idem. Thermometer.

Verf- vernis- en lakindustrie.

V 877: Droge verfstoffen. Uitvoering van de keuringsproeven. Zinkwit.
V 878: Idem. Idem. Loodwit.
V 879: Idem. Idem. Toestel voor de bepaling van CO_2 in loodwit.
V 880: Idem. Idem. Lithopoon.
V 881: Idem. Idem. Loodmenie.

Bouwbedrijf.

V 1159: Cement en kalk. Monsterneming. Overzicht van het chemisch onderzoek.
V 1160: Idem. Chemisch onderzoek I.
V 1161: idem. Chemisch onderzoek II.

Luchtvaart.

V 1175: Onderdeelen voor de luchtvaart. Kommen voor crickbeslagen.
V 1237: Idem. Toleranties.

Cinematografie.

V 1185: Cinematografie. Brandveilige film. Keuringsvoorschriften.
V 1186: Idem. Idem. Electrische oven ter bepaling van de ontvlambaarheid.

BOEKBESPREKING.

Vom Wasser, XIII. Band 1938. Verlag Chemie Berlin 1939.

Evenals de vorige deelen van deze „Jahrbücher für Wasserchemie und Wasserreinigungstechnik" bevat dit nummer een reeks verhandelingen op het gebied in den ondertitel genoemd.

Uit de hieronder gegeven overzichten van ieder der artikelen moge blijken, dat ook dit deel een waardevolle voorzetting vormt van de reeds verschenen reeks.

Splittgerber, „Die Aufgaben des Chemikers".

Een omlijning van den taak van den chemiker op watergebied, aantoonend hoe veelomvattend het terrein is, waarop de scheikundige werkzaam kan zijn en hoe vele vraagstukken nog op een beantwoording wachten.

Fresenius, „Grundsätzliches zur Mineralwasseranalyse im Rahmen der Erforschung der deutschen Heilquellen".

In 1907 verscheen het „Deutsche Bäderbuch". Een nieuwe uitgave is thans in bewerking en in bovengenoemde verhandeling wordt medegedeeld op grond van welke overwegingen in dit nieuwe Bäderbuch de vermelding der analyse-uitkomsten zal afwijken van de vorige en welke bepalingen in het water van de minerale bronnen regelmatig moeten worden verricht om een overzicht van de bronnen te verkrijgen en te behouden.

Bruns, „Ueber die Beziehungen von Infektionskrankheiten — abgesehen vom Unterleibstyphus — zum Wasser, in besondere zum Trinkwasser".

Gaf dezelfde onderzoeker in *Vom Wasser* 3 (1929) een overzicht van de betrekkingen tusschen typhus en drinkwater, thans worden de andere infectieziekten in verband met het drinkwater in beschouwing genomen. Of en hoe para-typhus, de ziekte van Weil, miltvuur, tularaemie, cholera, dysenterie, mijnworm, conjunctivitis, en z.g. aspecifieke maag-darmaandoeningen (gastroënteritis), door drinkwater verspreid kunnen worden, wordt uitvoerig belicht onder aanhaling van gevallen, waarin de verspreiding door drinkwater is geconstateerd of te veronderstellen is. Aanwijzingen worden gegeven op welke wijze de kans op verspreiding dezer ziekten door het water tot een minimum kan en moet worden beperkt.

Czensny, „Die Oscillatorienerkrankung unserer Seen, Biologie und Chemismus einiger Märkischer Seen".

Liebmann, „Die Wirkung von Sulfitcelluloseabwässern auf den Chemismus der Bleilochsperre, Obere Saale".

Tiegs, „Abwasserpilze und Wasserbeschaffenheit".

Ohle, „Die Bedeutung der Austauschvorgänge zwischen Schlamm und Wasser für den Stoffkreislauf der Gewässer".

De vier hierboven gezamenlijk genoemde artikelen behandelen alle verschijnselen, welke zich in open water af kunnen spelen onder invloed van verschillende factoren als daar zijn: chemische samenstelling van het water, diepte, doorstrooming, verontreiniging, temperatuur, enz. Duidelijk komt in deze verhandelingen tot uiting, dat in Duitschland wel zeer veel last wordt ondervonden van zwavel in het water, veelal afkomstig van sulfietcellulose-fabrieken, welke door vorming van H_2S en zuurstof-afname, de flora en fauna van het water beïnvloeden.

Vooral uit de discussie van Liebmann over het onderwerp blijkt, dat de reiniging van de afvalloogen van genoemde fabrieken dringend om oplossing vraagt.

Carl, „Landwirtschaftliche Abwasserverwertung".

Den Duitschen bodem zijn maximum-opbrengst te onttrekken leidt tot de vraag naar afvalwater voor landbevloeiing en beregening, is de conclusie welke men uit dit artikel kan trekken. Gezien van dezen gezichtshoek zou het afvalwater van steden en fabrieken geen hinderlijke bijkomstigheid meer zijn, waarvan men zich zoo afdoend en spoedig mogelijk moet

ontdoen, doch het zou een product worden, waarnaar vraag bestaat. Het benutten van de afvalstoffen zou dan taak worden van den landbouw, waar tot heden de producent moest zorgen voor hunne vernietiging. In hoeverre de stelling houdbaar is, zal de tijd moeten leeren.

M e y e r, „Der Stand der landwirtschaftlichen Verwertung gewerblicher Abwässer in Schlesien". Ook hier wordt de aandacht gevraagd voor de waarde van het afvalwater voor den landbouw en aangedrongen op een zoo ruim mogelijke toepassing van landbevloeiing of beregening met afvalwater in het belang van een verhoogde opbrengst van den bodem.

K l a s, „Verfahren zur Bestimmung der Bodenaggressivität". De hier voorgestelde methode om de bodemagressiviteit te bepalen bestaat uit een mechanische grondanalyse en een chemische analyse van de in water oplosbare bestanddeelen van den grond.

Hoewel schrijver zich zeer terecht ervan onthoudt grenswaarden te noemen welke de aldan niet agressieve eigenschappen van den grond zouden bepalen, worden richtlijnen gegeven welke bij de beoordeeling van de uitkomsten van de bovengenoemde analyses van nut kunnen zijn.

K n o d e l, „Untersuchungen mit verschiedenen Basenaustauschern". Vergelijkende proeven met verschillende stoffen met zeolitische eigenschappen worden beschreven en op grond van de verkregen uitkomsten voor- en nadeelen van de verschillende stoffen aangewezen.

W e s l y, „Neue Erfahrungen über die Speisung von Höchstdruckkesseln mit chemisch aufbereitetem Wasser". Was de vorige bijdrage reeds van belang voor hen die stoomketels onder hun beheer hebben, met dit stuk komt men midden in het ketelvoedingswatervraagstuk, waarover ook de volgende artikelen handelen, n.l.:

S p l i t t g e r b e r, „Korrosionen im Dampfkesselbetrieb".

R i c h t e r, „Grundsätzliche Fragen der heutigen Kesselspeisewasseraufbereitung".

A r b a t s k y, „Ueberwachung der Kesselspeisewässer mit Hilfe des K-S-Wasserbildes".

De bijdragen van W e s l y en S p l i t t b e r g e r zijn op dit gebied de belangrijkste.

S.

ONTVANGEN GESCHRIFTEN.

W a t U n i e t z i e t.

Een beschouwing over bedrijfs- en sociaal-economische problemen in hun samenhang met de conjunctuur, waaraan de voordracht van ir. H. I. K e u s ter gelegenheid van de algemeene zomervergadering van de Vereeniging van Delftsche Ingenieurs, op Vrijdag 9 Juni 1939 te Hengelo (O.), ontleend werd.

Aangeboden door HEEMAF.

Aan de „Samenvatting" op pag. 62 e.v. van dit boekje (dat 68 blz. tekst + een appendix van 45 blz. bevat) ontleenen wij het volgende, dat de bedoelingen van den schrijver moge kenschetsen:

„Als men de cyclische en reëele structureele conjunctuurbeweging als een levenwekkenden stroom ziet en aanvaardt en e g a l i s a t i e, dat wil zeggen vermindering der amplitudo voor mogelijk houdt, dan zal men tevens moeten erkennen, dat juist de vrije ondernemer — mits geschoold en zelfwerkzaam — het meest bekwaam op eigen terrein moet worden geacht en dat dus o r d e n i n g van „onderen op" meer kans op succes zal hebben dan de hedendaagsche gedirigeerde economie van „boven af".

Waarschijnlijk zal eerst na veroordeeling van den, en daardoor afnemenden politieken, drang der c o l l e c t i v i t e i t, bij een door vertrouwensherstel gedragen opgang, de weg terug naar een vrijere economie kunnen — maar dan ook moeten — worden betreden. Het zal er dan op aan komen die grootere vrijheid niet te misbruiken, omdat een toekomstige beperking van een ongetwijfeld komende nieuwe inzinking in de zelfbeperking van den individueelen ondernemer ligt besloten, die in zijn herkregen vrijheid zijn gebondenheid zal hebben te erkennen, als voorwaarde tot het zoo lang mogelijk behouden van die vrijheid.

. . . . . .

Bij het leiden van de steeds meer op technische leest geschoeide bedrijven zal aan een ingenieursopleiding veelal de voorkeur moeten worden gegeven. Maar met de technische kennis alleen schiet hij voor de bedrijfsleiding tekort.

. . . . . .

M.i. heeft het Nederlandsche bedrijfsleven, dat niet bij het buitenland wil achterblijven, wellicht aan den economischen ingenieur een grootere behoefte dan thans nog algemeen wordt aangevoeld wegens het wantrouwen, dat door de verdeeldheid van economische inzichten wordt gezaaid en waaraan de dispariteiten tusschen sociale, politieke en bedrijfseconomische beschouwingen niet vreemd zijn. Ook het verminderen dier dispariteiten mag als een probleem voor de toekomst worden beschouwd, dat eerst zijn oplossing nadert, wanneer het inzicht groeit, dat ook een r e ë e l e s o c i a l e p o l i t i e k e c o n o m i s c h v e r a n t w o o r d m o e t k u n n e n w o r d e n".

Belangstellenden in dit werkje, dat met talrijke illustraties, meest grafieken, is verlucht, worden voor de verkrijging daarvan verwezen naar Fa. L i n d e t e v e s - S t o k v i s te Batavia, of rechtstreeks naar de N. V. HEEMAF, Hengelo.

T i n a n d i t s u s e s. Juli 1939, No. 2.

Driemaandelijksch tijdschrift, uitgegeven door de International Tin Research and Development Council.

Tin en zijn toepassingen.

Het Julinummer, aflevering 2 van dit tijdschrift, beschrijft het programma volgens hetwelk het tinonderzoek zal worden voortgezet en de wijze waarop met de verbruikers van tin in Amerika — waar bijna de helft van de wereld-tinproductie wordt verwerkt — zal worden samengewerkt.

Condensorpijpen van een nieuwe tin-brons legeering zijn kort geleden in den hoofdcondensor van een groote electrische centrale in gebruik genomen. Versnelde proeven hebben aangetoond, dat de weerstand van de nieuwe legeering tegen corrosie zeer veel hooger is dan die van de tot nu toe gebruikelijke legeeringen voor condensorpijpen. Foto's van de proefstukken welke dit illustreeren zijn in „Tin and its Uses" opgenomen.

Een ander artikel behandelt verbeteringen van den laatsten tijd in het galvanisch vertinnen, welke het mogelijk hebben gemaakt tinlagen van aanmerkelijke dikte te maken. Hierdoor kunnen thans ijzer en koper bij vele toepassingen de dure roestvrije staallegeeringen vervangen. In het tijdschrift wordt verder aangetoond op welke wijze moeilijkheden, die soms bij het vuurvertinnen worden ondervonden kunnen worden overwonnen, terwijl weer andere artikelen gewijd zijn aan soldeer en aan geconserveerde levensmiddelen.

Exemplaren van het in de Engelsche taal gestelde tijdschrift zijn voor belangstellenden gratis verkrijgbaar bij de International Tin Research and Development Council, Prinsessegracht 21, 's-Gravenhage.

PERSONALIA.

Prof. ir. J. H. G. Schepers is gerekend van 30 April 1939 eervol ontslagen uit de betrekking van buitengew. hoogleeraar in landmeten, waterpassen en geodesie bij de T. H. te Bandoeng.

Ir. P. H. Poldervaart, hoofd v. d. Triangulatiebrigade v. d. Topografischen Dienst, is gerekend van 1 Augustus 1939 tijd. belast met het geven van onderwijs in landmeten, waterpassen en geodesie bij de T. H. te Bandoeng.

Ir. P. J. A. Wijn, werkz. op het Hoofdkantoor v. d. Waterstaatsdienst der Provincie M.-Java te Semarang, is met ing. van 1 Juni 1939 werkzaam gesteld als hoofdingenieur bij dien dienst.

Ir. R. van IJperen, directeur v. d. haven van Belawan, is wegens 6-jar. dienst 8 md. verlof verleend, ing. 16 Juli 1940.

Ir. F. Garot, tijd. wd. ingr. 2de kl. bij 's Lands Waterst., is benoemd tot ingr. 2de kl.

Ir. K. H. Fronius, werkz. op het Hoofdkantoor v. d. Waterstaatsdienst der Provincie M.-Java, is overgeplaatst naar Magelang en belast met het beheer der sectie Magelang v. d. Waterstaatsafd. Serajoe.

Ir. A. B. Delmaar, werkz. bij de sectie Tjomal v. d. Waterstaatsafd. Pemali-Tjomal (Pekalongan), is overgepl. naar Paninggaran, onder aanteek. dat hij toegevoegd blijft a. d. sectie-ingenieur van de sectie Tjomal van de genoemde Waterstaatsafdeeling.

Ir. M. Srigati Santoso, tijd. toegevoegd a. d. sectie-ingr. v. d. sectie Tjomal v. d. Waterstaatsafdeeling Pemali-Tjomal (Pekalongan), is met ing. v. 1 Juli 1939 overgepl. naar het Hoofdkantoor v. d. Waterstaatsafdeeling Pemali-Tjomal te Tegal.

Ir. C. Ch. Barentz, tijd. wd. Hoofd v. Tractie, Materieel en Werkplaatsen bij de S.S., is wegens 8-jar. dienst 10 md. verlof naar Europa verleend, ing. 29 December 1939.

Ir. G. Broersma, daartoe aangewezen door den Minister v. Koloniën, is tijd. bel. m. d. waarn. v. d. betr. v. ingr. 2de kl. (werktuigkundig) bij den Marine Luchtvaartdienst (Maritieme inrichtingen a. d. wal) te Soerabaja.

Ir. J. Carpentier Alting, scheepsb. ingr. b. d. Dienst v. Scheepvaart, is wegens langd. dienst 1 jaar verlof naar Europa verleend, ing. 8 Aug. 1939.

Irs. M. T. van den Bout, S. G. Trooster en dr. H. Meyer, ingrs. bij de B.P.M., zijn overgepl. resp. van Balikpapan naar Tjepoe, van Batavia-C. naar Tjepoe en van Tjepoe naar Pangkalan Brandan.

KONINKLIJK INSTITUUT V. INGENIEURS, Groep Ned.-Indië.

BESTUURSMEDEDEELINGEN.

Aangenomen en voorgestelde leden.

Het in No. 7 van dezen jaargang voorgestelde lid is aangenomen.

Thans worden voorgesteld als *junior lid:*

M. Soenarjo,
M. E. A. Apitule,
Aboe Noezar,
R. Soemarman,
Soedarsono,
J. Tahir,
C. Lim,
H. Ch. F. Groenewald, allen student aan de T. H. te Bandoeng.

Eventueele bezwaren tegen deze candidaatstellingen worden vóór 31 October a.s. ingewacht bij het Secretariaat, Bragaweg 38, Bandoeng.

6e JAARGANG
NUMMER 9

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

SEPTEMBER
1939

II. BOUW- EN WATERBOUWKUNDE.

INHOUD: Water-, zand- en grindbewegingen bij watervangen, door prof. ir. J. W. F. C. Proper.

Water-, zand- en grindbewegingen bij watervangen.

REDE

uitgesproken ter gelegenheid van den 19den verjaardag der Technische Hoogeschool te Bandoeng op den 28sten Juli 1939

door

Prof. Ir. J. W. F. C. PROPER.

Excellentie,
Mijnheer de Vertegenwoordiger van den Directeur van het Departement van Onderwijs en Eeredienst,
Mijne Heeren Vertegenwoordigers van de Bataviasche Hoogescholen,
Mijne Heeren Curatoren, Hoogleeraren en Docenten,
En Gij allen, die deze plechtigheid met Uwe tegenwoordigheid vereert.

Sedert de oprichting van deze Hoogeschool bestaat het gebruik, dat bij het begin van een nieuw cursusjaar niet alleen door den Voorzitter der Faculteit van Technische Wetenschap een rede wordt gehouden, doch dat tevens door een der hoogleeraren een rede wordt uitgsproken over, zooals de gebruikelijke benaming luidt: „een onderwerp uit het vak zijner studie".

Vermits dit jaar de eer tot het houden dezer rede aan mij is te beurt gevallen, en naast andere vakken door mij het vak „Irrigatie" wordt gedoceerd, heb ik het voorrecht U een globaal overzicht te geven van den aard en den omvang van een der ingewikkeldste problemen, die in de irrigatietechniek bestaan, n.l. van de: „Water-, zand-, en grindbewegingen bij watervangen".

De „watervang", of zooals dit vroeger algemeen genoemd werd de „prise d'eau", is het eerste van de lange reeks van bevloeiïngswerken, die in een irrigatiegebied voorkomen. Hij is, of wordt, gebouwd in de rivier, waaraan het water onttrokken moet worden, dat vereischt is voor de bevloeiïng van het grondencomplex, dat in een technisch goeden irrigatietoestand gebracht is, of moet worden.

Hier volgt reeds dadelijk uit, aan welke eischen een watervang o.a. moet voldoen.

1. De hoeveelheid water, welke op een bepaalden dag benoodigd is, moet op eenvoudige, gemakkelijk regelbare wijze, aan de rivier op dien dag kunnen worden onttrokken.

2. Dit water mag geen andere stoffen bevatten, dan het vruchtbare slib, dat uit een landbouwkundig oogpunt voor de bevloeiïng gewenscht is. In het bijzonder mag geen zand of grind met het water mee naar binnen komen, aangezien dit in de leidingen zou bezinken en het stroomen van het water door deze leidingen zou belemmeren. Zelfs een overmaat van het, overigens zeer gewenschte, vruchtbare slib is niet toelaatbaar, vermits dit eveneens tot bezinking kan geraken vóór dat het de velden bereikt heeft.

3. De geheele watervang moet in al zijn onderdeelen zoodanig ontworpen en uitgevoerd zijn, dat hij bestand is tegen alle destructieve krachten, die tijdens zéér heftige bandjirs kunnen optreden.

4. De waterspiegel in de rivier moet ter plaatse van den watervang op een zoodanige hoogte van nature reeds liggen, dan wel kunstmatig gebracht kunnen worden, dat de hoogst gelegen te bevloeien sawahs in het betreffende irrigatiegebied het water uit de rivier op de meest economische wijze kunnen ontvangen.

5. Het geheele werk moet tegen de minst mogelijke kosten tot stand zijn gebracht, waarbij bovendien de kosten daarna, hoofdzakelijk benoodigd voor onderhoud, exploitatie en herstellingen, zoo gering mogelijk moeten wezen.

Worden deze eischen nu nader in beschouwing genomen, dan kan het volgende blijken:

De eerstgenoemde eisch luidt:

„De hoeveelheid water, welke op een bepaalden dag benoodigd is, moet op eenvoudige, gemakkelijk regelbare wijze, aan de rivier op dien dag kunnen worden onttrokken".

Allereerst rijst dan voor den ontwerper van een watervang de vraag: „Hoe groot is deze hoeveelheid water?"

Uiteraard zal hij moeten weten, hoe groot de maximum hoeveelheid is, waarop gerekend moet worden, aangezien kleinere hoeveelheden geregeld kunnen worden door het verstellen van de schuiven, kleppen, of andere afsluitinrichtingen, die voor dit doel worden aangebracht.

Deze hoeveelheid wordt bepaald in overleg met den landbouwvoorlichtingsdienst, in verband met de landbouwkundige eischen, waaraan voldaan moet wor-

den, ten einde de meest economische resultaten te verkrijgen. Hier moge worden opgemerkt, dat het uiteindelijk doel van de irrigatie niet onder alle omstandigheden mag wezen, het verkrijgen van het allergrootste oogstproduct, indien daarvoor verstrekking van bijzonder groote hoeveelheden water, gerekend per eenheid van oppervlak, noodzakelijk is; vermits dan onnoodig omvangrijke, en mitsdien kostbare, irrigatiewerken benoodigd zijn.

Het bepalen van het meest economisch aftapdebiet vereischt derhalve grondige en zorgvuldige overweging.

Is dit aftapdebiet vastgesteld, dan kan met behulp van de stroomingsformules uit de hydraulica berekend worden hoe groot de openingen moeten zijn in dat onderdeel van den watervang, dat bekend is onder den naam van: „inlaatsluis", ten einde dit debiet uit de rivier via deze sluis te kunnen brengen naar de irrigatieleiding, die onmiddellijk achter de inlaatsluis begint, en die den naam draagt van: „1e pand van de hoofdleiding".

Al is nu de totale vereischte oppervlakte van alle inlaatopeningen tezamen bekend, dan is daarmee nog niet vastgesteld het aantal openingen, en de vorm van elke opening. De vorm zal vrijwel altijd een rechthoek zijn, doch de breedte en de hoogte ervan moeten met zorg gekozen worden. Zulks is noodig in verband met den 2en, hierboven genoemden eisch, waaraan een watervang moet voldoen, luidende, dat met het water geen overmatige hoeveelheid slib door de inlaatsluis mag binnenkomen, en zeker geen zand of grind. Aan dezen eisch is dikwijls moeilijk te voldoen. De werkzame hoogte van de openingen, en in het bijzonder de verhouding van deze hoogte tot de gemiddelde waterdiepte ter plaatse, kan van grooten invloed zijn op de hoeveelheid zand, die met het water naar binnen getrokken wordt.

Indien in de rivier een bandjir aanwezig is, waarbij veel zand en bovendien grind en steenen in beweging zijn, zullen uiteraard de inlaatopeningen gesloten worden, en komt in het geheel geen water, en derhalve ook geen slib en zand in de leidingen.

Deze tijdelijke onderbreking der bevloeiïng zal wel nimmer schade aan de gewassen opleveren, aangezien een bandjir alleen optreedt na een beduidenden regenval, en dan geen toevoer van irrigatiewater benoodigd is. De moeilijkheid treedt op, wanneer de rivier nog veel fijn zand aanvoert, en water moet worden afgetapt; hetgeen gedurende den Westmoesson, wanneer alle sawahs met padi beplant zijn, en de waterbehoefte derhalve groot is, regelmatig kan voorkomen.

Vele middelen zijn aangewend om het binnendringen van zand te beletten, doch slechts weinige hebben een volkomen succes opgeleverd; en deze enkele kunnen niet altijd bij andere watervangen zonder meer worden toegepast, vermits de omstandigheden, zooals stroomsnelheden, stroomrichtingen, lengte- en dwarsprofielen, aftapdebieten, situaties enz. bij alle watervangen verschillend zijn.

Er bestaan meerdere theorieën over den aard dezer zandbewegingen, doch zij hebben niet kunnen leiden tot formules, dan wel regels of voorschriften, die den ontwerper van een watervang in staat stellen de afmetingen en de peilen van de onderdeelen zoodanig te dimensioneeren, dat het binnentrekken van zand volkomen vermeden wordt.

Er bestaan enkele algemeene regels, die voor iederen watervang van kracht zijn, en uiteraard door elken ontwerper gevolgd worden. Zoo zal b.v. steeds de aftappping van het water geschieden in, of juist even voorbij een z.g. „hollen oever" van de rivier, vermits bij elke bocht het verschijnsel optreedt, dat in den „hollen" oever de grootste diepte aanwezig is, en derhalve daar de minste kans van zandafzetting bestaat. Ook zal bij het ontwerp er naar gestreefd worden, het water zooveel mogelijk uit de bovenste lagen af te tappen, daarbij er voor zorg dragende dit met de kleinst mogelijke snelheid naar binnen te geleiden; en zulks te doen op zoodanige wijze, dat zoo min mogelijk wervels of krachtige woelingen optreden. Het is een bekend feit, dat in de bovenste lagen van stroomend water het slib- en zandgehalte beduidend minder is dan in de dieper gelegen lagen; voorts dat dit gehalte bij langzaam stroomend water geringer is dan bij snelstroomend; en dat in water, dat in sterke beroering verkeert, het slib- en zandgehalte beduidend grooter kan zijn, dan in water, dat zich als het ware in parallelle vezels voortbeweegt. Hieruit volgt reeds dadelijk, dat in het algemeen de beste vorm van de inlaatopeningen die zal zijn, waarbij de hoogte klein is. Dit brengt dan verder met zich mede, dat de breedte groot moet worden, vermits de totale oppervlakte groot moet zijn, ten einde een kleine instroomingssnelheid te verkrijgen. De toepassing van een zeer groote breedte zou echter de kosten van het geheele werk belangrijk doen stijgen, en hier is één geval van het, bij elk ontwerp vele malen optredend, conflict tusschen de: „technisch beste oplossing" en de: „minst kostbare oplossing".

Dit overbekende conflict is de bron van vele moeilijkheden. Het treedt in tallooze gedaanten op; en de beste ontwerper is hij, die dit steeds op de juiste wijze weet op te lossen.

Voorts brengt de eisch van zooveel mogelijk „wervelvrije waterbeweging", met zich mede, dat de begrenzingen der inlaatopeningen stroomlijnvormig worden afgewerkt. Alle scherpe randen en puntige hoeken in de aansluitende metsel- en betonwerken moeten worden vermeden. Bovendien wordt daardoor de contractie van de watermassa bij de instrooming verkleind, hetgeen de afvoercapaciteit der openingen ten goede komt.

Behalve deze algemeene regels, welke reeds bij de oudste irrigatiewerken hier in Ned.-Indië werden toegepast, zijn in de laatste kwarteeuw eenige andere algemeene richtlijnen aangegeven kunnen worden. Deze werden in Europa en Amerika gevonden als resultaat van vele uitgebreide proefnemingen, verricht in de z.g. „hydrodynamische" of „waterloopkundige" laboratoria. Zoo werd o.a. gevonden, dat de *richting* waarin het aftappende water stroomt ten opzichte van het rivierwater, derhalve de hoek tusschen de as van de inlaatsluis en de as van de rivier, van groot belang kan zijn op de hoeveelheid zand, die met het aftappende water binnen komt. De eerste

zakelijke inzichten in deze materie werden verkregen door de merkwaardige onderzoekingen van Bulle, verricht in het groote hydrodynamische laboratorium van de Technische Hoogeschool te Karlsruhe, dat tot voor korten tijd onder leiding stond van Prof. Rehbock. In hetzelfde laboratorium zijn later metingen verricht door Habermaas, die nagenoeg hetzelfde zandtransport-probleem onderzocht, doch optredend onder andere omstandigheden. Voorts zijn door Prof. Schoklitsch in het waterloopkundig laboratorium van de Technische Hoogeschool te Graz (in het voormalige Oostenrijk) systematische metingen verricht, die voor de gevallen, welke door hem onderzocht werden, en die mede in de Indische irrigatiepraktijk voorkomen, tot merkwaardige resultaten hebben geleid.

Zoo vond hij b.v. dat de hoek tusschen de as van de inlaatsluis en de as van de rivier afhankelijk moet zijn van de verhouding tusschen de hoeveelheid water, die door de inlaatsluis binnenstroomt tot de hoeveelheid water, die door de rivier stroomt, en dat deze afhankelijkheid in algemeenen zin zoodanig moet zijn, dat de hoek des te scherper moet wezen, naarmate de verhouding der genoemde debieten kleiner is. Het merkwaardigste is wel, dat deze hoek altijd kleiner dan 90° moet zijn, waaruit zou volgen dat een ontwerp, waarbij de as der inlaatsluis loodrecht op de as van de rivier geplaatst is, in dit opzicht principieel fout zou wezen. Tot voor betrekkelijk korten tijd werd bij nagenoeg alle irrigatiewatervangen in Nederlandsch-Indië, althans voor zoover daarbij een stuwdam ontworpen was, de as van de inlaatsluis loodrecht op de as van de rivier geplaatst. Onze oudere ingenieurs, die de pioniers genoemd mogen worden van de irrigatietechniek in Indië, en die niet beschikten over het diepere inzicht in het gecompliceerd proces der slib- en zandbewegingen in stroomend water, vermeenden juist, dat bij een aftapping uit een rivier de minste hoeveelheid zand in de leiding zou binnenkomen, indien het water over een grooten hoek, b.v. 90° moet omdraaien. Zij redeneerden vermoedelijk aldus:

> „Het zand en het grind wegen veel zwaarder dan het water, hebben derhalve een grootere traagheid, en hebben dus bij een aftapping meer neiging om rechtuit te blijven voortrollen, dan een scherpen hoek om te gaan".

Op het eerste gezicht lijkt deze redeneering logisch, en hier is een der typische gevallen aanwezig, waarbij het z.g. „technisch gevoel" in strijd is met hetgeen in de werkelijkheid gebeurt.

Van dergelijke gevallen, waarbij het „technisch gevoel" een onbetrouwbare leidsman bleek te wezen, zijn in de praktijk der waterbouwkunde verschillende voorbeelden te noemen. Sedert de oprichting van omvangrijke, uitstekend geoutilleerde, hydrodynamische laboratoria in die staten van Europa en Amerika, waarin belangrijke waterbouwkundige werken worden uitgevoerd, wordt daar deswege geen ontwerp van een groot waterbouwkundig werk meer goedgekeurd, dan nadat de onderdeelen er van, die de water-, slib-, zand- en grindbewegingen bij de verschillende stroomingstoestanden bepalen, nauwkeurig experimenteel zijn onderzocht en vastgelegd. Alleen langs dezen weg is het mogelijk, zulke werken zoodanig te dimensioneeren, dat de kans op kostbare herstellingen nagenoeg nihil wordt.

Ten aanzien van de genoemde metingen van Schoklitsch moet worden opgemerkt, dat deze alle betrekking hebben op den toestand, waarbij langs de voorzijde der inlaatopeningen geen speciaal geconstrueerde spuigeul aanwezig is. Deze is echter bij de meeste Indische watervangen, die sedert het begin dezer eeuw gemaakt zijn, wel aanwezig. Het meest voorkomende type van deze watervangen vertoont een stuwdam met daaraan gekoppeld een spuisluis en een speermuur. Bij dezen toestand zijn de water-, zand- en grindbewegingen uiteraard geheel anders, dan in de gevallen door Schoklitsch onderzocht, en mogen derhalve zijne conclusies op dien toestand niet zonder meer worden toegepast. Mede moeten zij met groote voorzichtigheid worden aangewend bij die gevallen, waarbij zeer bijzondere constructies, die ten doel hebben het instroomen van zand in de inlaatsluis te beletten, tot uitvoering zullen komen. Deze speciaal-constructies, zooals: „onderspuiers", „spoelkokers", „zandsluizen", „luifels", „duikplaten", enz. hebben sedert de laatste kwarteeuw ook hier in Indië toepassing gevonden; doch kunnen alleen een goed resultaat opleveren, indien de afmetingen, peilen, ligging, enz. der onderdeelen voor elken watervang afzonderlijk in een hydrodynamisch laboratorium zijn vastgesteld.

Een voorbeeld van een dergelijk onderzoek, verricht in 1932 in het laboratorium te Semarang (toenmaals bestond het laboratorium te Bandoeng nog niet), is het onderzoek van de middelen tot verbetering van den watervang: „Badran" in de kali Progo. Het belangwekkend verslag van dit onderzoek, geschreven door Ir. H. Vlugter in *De Waterstaatsingenieur* van 1932, No. 11, begint met de volgende mededeelingen, die een duidelijk inzicht geven in de bedrijfsstoringen en de groote exploitatiekosten, die het gevolg zijn van onjuiste dimensioneering en plaatsbepaling van den watervang:

> „Bij den watervang Badran ondervindt men „sedert jaren veel last van de vaste stoffen, die „door de kali Progo worden meegevoerd. Na den „bouw van de stuw in 1891 zette zich voor de „inlaatsluis een groote bank rolsteenen af, waar„door het inlaten zeer bemoeilijkt werd.
>
> „Terecht weet men dit onaangename ver„schijnsel aan de ongunstige ligging van den „inlaat ten opzichte van de gebogen rivierstrek„king en trachtte men de bestaande bocht te „verflauwen door ongeveer 150 m bovenstrooms „van het kunstwerk een strekdam te maken en „gelijktijdig den rechteroever aldaar af te gra„ven. Toen deze werkzaamheden echter nog niet „geheel voltooid waren, werd de strekdam door „een bandjir weggeslagen. Voornamelijk om de „kosten, doch ook omdat getwijfeld werd aan „het succes van de gedachte voorziening, werd „besloten de stuw bij het rechter landhoofd 2 m „te verhoogen en de kruin naar de linkerzijde „te laten afhellen. Hierdoor hoopte men den „stroomdraad naar den inlaat te dwingen. Deze

„voorziening, die omstreeks 1900 gereed kwam, „bleek wel eenige verbetering te geven, maar „toch bleef het steeds noodig na afloop van een „bandjir de geul aan den linkeroever weder in „orde te brengen. Ook het binnendringen van „vaste stoffen in de leiding was niet opgeheven. „Het laatste bezwaar trachtte men in 1905 te „ondervangen door den drempel voor de be„staande drie inlaatsluizen te verhoogen en twee „nieuwe openingen, waarvoor tusschen den be„staanden inlaat en de spuisluis nog plaats „was, bij te bouwen. *Daar ook deze wijziging „niet aan de verwachtingen beantwoordde,* werd „in 1908 een nieuwe kanaal-spuisluis 200 m „benedenstrooms van den inlaat gebouwd. Dat „ook hierdoor het zandbezwaar niet bezworen „was, blijkt wel uit de beide voorstellen om de „leiding weer op capaciteit te brengen, welke „respectievelijk in 1912 en 1922 werden geau„toriseerd.

„*En sedert worden dagelijks door koelies de in „de leiding gedeponeerde steenen verwijderd.*

„Bovendien moet, daar de werking van de 2 m „breede spuisluis in de rivier niet krachtig ge„noeg is, in den Oostmoesson voor den inlaat „een leidam van gestapelde steenen worden ge„maakt om voldoende water te kunnen aftappen. „Het behoeft geen betoog, dat deze werkwijze „*zeer kostbaar* is en dat men bleef uitzien naar „middelen om den inlaat te vrijwaren tegen „het binnendringen van steenen. Zoo werd in „1930 vanwege de Irrigatieafdeeling „Serajoe" „een project tot ombouw van den bestaanden „inlaat ingediend.

„Met dit voorstel werd beoogd een betere „spuiwerking te verkrijgen door het verlengen „van den speermuur.

„Verder werd de breedte van den inlaat zoo„veel verkleind, dat deze niet meer voor den „speermuur uitstak.

„Bovendien werd, om zooveel mogelijk opper„vlaktewater af te tappen, een hooge drempel „voor de inlaten geprojecteerd. Hierdoor werd „het echter noodzakelijk de kruin van de stuw „70 cm te verhoogen. Het bedrag, dat voor de „totstandkoming van het plan zou worden ver„eischt werd op ongeveer *f* 25000,— begroot".

Uit het aangehaalde moge in het algemeen blijken, dat door verkeerde vormgeving van onderdeelen van een watervang, zoowel zand en grind als steenen in de leiding kunnen komen, die het aftappen van de voor de bevloeiïng der sawahs benoodigde hoeveelheid water onmogelijk maken. Dit kan oogstmislukkingen, met alle rampen daaraan verbonden, ten gevolge hebben.

Dadelijk moet de aandacht er op gevestigd worden, dat de onderhavige watervang in 1891 gebouwd werd, dus het ontwerp er van bijna een halve eeuw geleden werd opgemaakt. De toenmalige irrigatieingenieurs konden niets weten van op wetenschappelijke bases werkende hydrodynamische laboratoria, en mag hen derhalve geen verwijt gemaakt worden van het feit, dat door hen ontworpen watervangen niet altijd voldeden aan de eischen van betrouwbare exploitatie en voorkoming van groote herstellings- of verbouwingskosten.

Dat het uitermate ingewikkeld probleem der water-, zand- en grindbewegingen bij watervangen nog geenszins opgelost is, kan blijken uit de omstandigheid, dat steeds nieuwe constructies worden bedacht en beproefd. Zoo werd b.v. een paar jaren geleden een ongewone constructie voorgesteld voor een zeer grooten watervang, berekend voor een aftapdebiet van 80 m^3 per sec, in de Rio Dulce bij Quiroga in Argentinië. Het te verwachten effect werd onderzocht in het hydrodynamisch laboratorium te Karlsruhe in opdracht van den Directeur-Generaal der Argentijnsche Irrigatiewerken. Dit uitgebreid onderzoek, dat een jaar duurde, bracht nieuwe feiten aan het licht. Het toonde o.a. aan, dat onder bepaalde omstandigheden, afhankelijk van stroomrichting, waterdiepte, snelheid, zandtransport enz., een verhooging van de zandafzetting uit het water, vóór dat dit de inlaatsluis binnen stroomt, kan worden verkregen door het aanbrengen van een reeks lage drempels of ruggen op den rivierbodem, alle evenwijdig loopende aan de voorzijde van de inlaatsluis. Gevonden werd, dat hierbij de eisch bestaat, dat het water zich moet bewegen in een richting loodrecht op deze ruggen, zoodat daartusschen z.g. „grondwalsen" ontstaan, dit zijn watermassa's die zich op den grond (bodem) bevinden, en daar in een ronddraaiende beweging verkeeren op zoodanige wijze, dat de draaiïngsas horizontaal ligt. Deze grondwalsen zijn in het onderhavige geval in staat een verder voortrollen en voortschuiven van het zand en grind naar de inlaatopeningen te beletten. Uiteraard moet na het volraken van de langgerekte ruimten tusschen deze ruggen een krachtige spuistroom kunnen worden opgewekt (hetgeen weer een probleem op zichzelf is), ten einde deze ruimten open te kunnen spuien.

Dit gunstige resultaat van de grondwalsen is op het eerste gezicht niet goed verklaarbaar; immers het is in strijd met het principe, dat het water uit de rivier zoo rustig en gelijkmatig mogelijk naar de inlaatsluis moet stroomen, in elk geval vrij van draaikolken en krachtige walsen. En nu worden juist speciaal wervels in het leven geroepen, en nog wel onmiddellijk bij den zandbodem! Is het principe dus niet goed, en moet het water, vóór dat het de inlaatsluis binnenstroomt, in sterke beroering worden gebracht? Een ieder gevoelt dat dit zeker niet de goede oplossing is; doch van waar dan de gunstige werking van deze wervels bij den bodem? De verklaring van dit verschijnsel moet vermoedelijk gezocht worden in de omstandigheid, dat deze wervels niet zoo zeer óp den bodem, als wel in den bodem liggen, en opgesloten zijn tusschen de ruggen. De normale waterstroom gaat over de walsen en ruggen heen.

Dit geval is hier genoemd als een voorbeeld van het feit dat door het aanbrengen van schijnbaar weinig belangrijke wijzigingen in de vormen, afmetingen, of ligging van onderdeelen van een waterbouwkundig werk, verschijnselen kunnen ontstaan, die volstrekt niet verwacht werden, en zelfs volkomen in strijd zijn met hetgeen wel verwacht werd.

Uit het tot dusver meegedeelde moge blijken, dat een grondige kennis van de oorzaken, vormen, en eigenschappen der bewegingen van slib, zand, grind, en steenen in stroomend water noodzakelijk is voor den waterbouwkundige.

Vermits deze bewegingen echter geheel beheerscht worden door de bewegingen van het water zelf, is het duidelijk, dat deze kennis eerst verkregen kan worden, nadat een diepgaand inzicht bemachtigd is in de oorzaken, vormen, en eigenschappen van de bewegingen der bij deze processen betrokken watermassa's. Een volledig inzicht geeft echter de hedendaagsche wetenschap nog geenszins. De meest theoretische poging in dit verband gedaan, begint met de geheele bedoelde watermassa te verdeelen in uiterst kleine deeltjes. Met deze verdeeling wordt echter niet zoover gegaan, dat elk waterdeeltje de grootte van een molecuul verkrijgt, vermits dan krachten in het geding gebracht zouden moeten worden, van anderen aard dan de krachten, die de waterbewegingen hoofdzakelijk bepalen. Slechts in enkele speciale gevallen moet met de moleculairkrachten wel rekening worden gehouden. Dat zijn die gevallen, waarbij capillaire krachten en oppervlaktespanningen een overwegende rol spelen, zooals dat b.v. voorkomt bij grondwaterbewegingen. Mede spelen moleculairkrachten en chemische reacties een rol bij de bewegingen van slib. Hiermee heeft de waterbouwkundige rekening te houden in al die gevallen, waarin het bezinken, dan wel het opwoelen, van slib de kern vormt van het probleem, waarvoor hij gesteld is, zooals dat het geval is, wanneer hij den strijd heeft aan te binden tegen het ontstaan van slibbanken en dergelijke slibafzettingen in havens, zeearmen, en rivieren, dan wel langs zeekusten (delta-vormingen), steigers, en kademuren, of in irrigatieleidingen, inlaatsluizen, enz. Zelfs heeft hij rekening te houden met de mogelijkheid, dat biologische werkingen optreden. Zoo noemt Prof. Dr. A. Hacquaert te Gent de microscopisch kleine diatomeeën, als een der oorzaken van het ontstaan van slibbanken op de reede van Zeebrugge; en zou volgens Prof. D. Damas een sliblaag, waarin cardiums leven (strandschelpen), per jaar gemiddeld 45 cm dikker kunnen worden, doordat deze organismen een skelet van calciumcarbonaat achterlaten en doordat zij door hun voedingsproces tot slibvorming bijdragen. (*De Ingenieur*, 1936, No. 9, bladz. B. 30).

Deze chemische, physische, en biologische werkingen ter zijde stellende, is getracht de beweging der deeltjes van een watermassa te analyseeren door na te gaan, welke de krachten zijn, die op elk deeltje werken, en hoe deze krachten veranderen tijdens de beweging. Een zuiver mathematische behandeling van deze krachtengroepen leidt echter tot dusdanig gecompliceerde wiskundige problemen, dat een volledige analyseering van den een of anderen stroomingstoestand, zooals die in de natuur voorkomt, niet mogelijk is. Wel is het gelukt bij enkele uiterst eenvoudige vormen van waterbewegingen een benaderende oplossing te vinden; doch daarbij moeten zeer speciale aannamen worden gedaan, die echter in de natuur niet bestaan. Zoo is b.v. de geheele potentiaaltheorie gebaseerd op de aanname, dat nergens in de bewegende watarmassa wrijving optreedt, hetgeen beteekent dat alle uitwendige en inwendige wrijvingskrachten worden verwaarloosd; en voorts op de aanname, dat nergens wervels aanwezig zijn. Bovendien is ook dan alleen nog een oplossing mogelijk, indien de begrenzingen van de geheele watermassa op eenvoudige wijze mathematisch zijn uit te drukken. Het is duidelijk dat aan de beide aannamen in de natuur geenszins voldaan wordt. De conclusies, welke getrokken kunnen worden uit berekeningen, die gebaseerd zijn op de potentiaaltheorie moeten derhalve zeer kritisch beschouwd worden, en uitermate voorzichtig worden toegepast. In het bijzonder geldt dit voor de onderdeelen van de geheele bewegende watermassa, waarin sterke wervels of woelingen optreden. Dit zal b.v. steeds zijn op die plaatsen, waar de snelheid van de waterdeelen *af*nemende is. Het is een bekend verschijnsel, dat op de plaatsen waar de snelheid toeneemt, de banen, welke de waterdeelen beschrijven regelmatig zijn; ze loopen alle min of meer parallel aan elkaar, en vormen als het ware een bundel draden, banden of vezels, waarin geen scherpe lussen of knoopen voorkomen. Wel is waar zijn de bewegingen der waterdeeltjes nog geenszins vrij van rotatie en is derhalve de strooming nog geen potentiaalstrooming, doch de afwijkingen zullen in vele gevallen praktisch verwaarloosd mogen worden. Op deze plaatsen zijn ook de onderlinge verschillen in snelheid, waarmee de waterdeelen langs elkaar gaan, gering, en is derhalve tevens de inwendige wrijving gering. Hier zal de toepassing van de potentiaaltheorie resultaten kunnen opleveren, die slechts zóó weinig van de werkelijkheid afwijken, dat de praktische waterbouwkundige daar gewoonlijk wel voldoende op vertrouwen kan.

Geheel anders is dit op die plaatsen van het stroomingsbeeld, waar de snelheid afneemt. Hier beschrijven de waterdeelen banen, welke hoogst onregelmatig zijn. Ze vertoonen tallooze lussen, kronkels en kurketrekkerachtige vormen; in de Duitsche literatuur typisch genaamd: „Flechtströmung". Mede zullen de energieomzettingen door wrijving en botsing hier zeker niet verwaarloosd mogen worden. In het bijzonder doet zich dit geval voor, indien door groote ruwheid van bodem en wanden, uitgebreide gebieden van intensieve wervels en grondwalsen aanwezig zijn, zooals b.v. in rivieren, die veel grof grind en steenen afvoeren; of indien tengevolge van scherpe hoeken of bochten de eigenlijke voortgaande watermassa zich in een andere richting beweegt dan die van de aangenomen begrenzing, waarbij de ruimte daartusschen opgevuld wordt met water, dat niet aan de eigenlijke strooming deelneemt, en in draaiende beweging verkeert, bekend onder den naam van „neeren", „tegenstroomen", enz. In deze gevallen kan de toepassing van de potentiaaltheorie tot zeer ernstige fouten in de berekeningen, en tot geheel verkeerde begrippen en inzichten leiden.

In de laatste jaren ontstaat een streven de potentiaaltheorie meer dan tot dusver toe te passen op de waterbewegingen, die bij waterbouwkundige werken kunnen voorkomen. Dit streven is in beginsel lofwaardig, doch de, op deze wijze verkregen, resultaten behooren voorshands nog gecontroleerd te wor-

den door metingen, hetzij op de werken zelf, hetzij op verkleinde modellen er van. De nadruk moet gelegd worden op het feit, dat deze contrôlemetingen met bijzondere nauwkeurigheid moeten worden verricht, vermits ze anders als contrôlemiddel geen waarde hebben. Bijzondere accuratesse der waarnemers, en zeer goede, zoo mogelijk zelfregistreerende apparaten, zullen daarbij onmisbaar wezen.

De noodzakelijkheid van het betrachten der uiterste nauwkeurigheid bij het verrichten van contrôlemetingen inzake hydraulische problemen kan o.a. blijken uit het feit, dat, dank zij deze uiterste exactheid, bij in Nederland verrichte afvoermetingen en peilschaalaflezingen in getijrivieren toegepast, het thans mogelijk is geworden het meest ingewikkelde getij volledig te kunnen berekenen, en elk onderdeel van een gecompliceerd getijprobleem tot in details door middel van een soort universeele berekeningsmethode thans kan worden vastgelegd. De tot voor enkele jaren gebruikelijke benaderingsmethode met sinusoïden kan daardoor als verouderd worden beschouwd. Dit resultaat is verkregen door een voortdurende wisselwerking tusschen theorie, en hoogst nauwkeurige meting. Steeds werden de theoretische resultaten getoetst aan de talrijke waarnemingen, verricht in de getijrivieren. (*De Ingenieur*, 1939, No. 20, B. 90).

Een voorbeeld nemende aan dit geval, moet het niet onmogelijk geacht worden, door rationeele toepassing van de potentiaaltheorie, verschillende formules uit de hydraulica, welke thans nog betrekkelijk grove benaderingsformules zijn, in de naaste toekomst te vervangen door formules, welke meer in overeenstemming met den werkelijken stroomingstoestand zijn. Dit zou een bijzondere vooruitgang van de hydraulica beteekenen, die de onmisbare hulpwetenschap is voor den waterbouwkundige.

Een geheel ander middel dan de potentiaaltheorie, voor het uitvoeren van berekeningen, inzake bepaalde waterbewegingen, wordt eveneens in de laatste jaren meer dan vroeger toegepast, met name de „impulstheorie".

De theorie zelf is geenszins nieuw, integendeel, reeds meer dan tweehonderd jaren geleden was zij bekend. De toepassing er van in de hydraulica geschiedde eveneens reeds lang geleden, doch slechts bij enkele uiterst eenvoudige gevallen van waterbewegingen. Een in dit opzicht klassiek geworden geval werd in 1766 gepubliceerd door B o r d a.

Zoodra echter een bepaalde beweging eener gegeven watermassa een weinig boven het zeer eenvoudige uitsteekt, stuit de toepassing der impulstheorie op groote moeilijkheden.

De oorzaak hiervan ligt veelal in de omstandigheid, dat het niet mogelijk is *alle* krachten te kennen, die op de beschouwde watermassa werken. Vrijwel steeds komt het hierbij aan op de uitwendige krachten, vermits de inwendige krachten elkaar in vele gevallen opheffen. Indien een gedeelte der watermassa botst tegen een drempel, een rug, een muur van een inlaatsluis, enz., zal een contractie van de massa optreden, waardoor deze massa niet meer de eenmaal aangenomen begrenzing volgt. Er ontstaat een ruimte tusschen de massa en deze begrenzing, welke zich met waterwervels opvult. Een gevolg hiervan is, dat de druk, welke daar op de watermassa werkt, niet voldoende bekend is, in enkele gevallen zelfs niet stationnair is. Ditzelfde verschijnsel, het z.g. „loslaten" van de stroombaan, doet zich overal in meer of minder sterke mate voor, waar plotselinge veranderingen in het doorstroomingsprofiel, dan wel in stroomingsrichting, optreden. Op alle plaatsen, waar dit „loslaten" aanwezig is, waar z.g. „doode hoeken" ontstaan, en waar derhalve de uitwendige krachten, die op de watermassa werken, niet alle bekend zijn, is een zuivere toepassing van de impulstheorie niet mogelijk.

Door de grootte van deze krachten op een bepaalde wijze aan te nemen, is getracht tot een formule te komen, die voor de praktijk voldoende betrouwbaar is. In enkele gevallen is dit wel eenigszins gelukt, doch het zal duidelijk wezen, dat bij de toepassing van deze formules overwogen behoort te worden, of de gedane aannamen in het onderhavige geval toelaatbaar zijn. In die gevallen, waarbij de botsing niet optreedt tegen een vast lichaam, zooals een drempel of een muur, doch uitsluitend tegen water, hetgeen plaats kan hebben indien een plotselinge afname van de snelheid optreedt, kan de toepassing van de impulstheorie tot zeer goede resultaten leiden. De formule van den z.g. „watersprong" is hiervan een bekend voorbeeld. In deze gevallen zijn echter alle uitwendige krachten voldoende nauwkeurig bekend. Waar zulks niet het geval is, ontstaat het groote struikelblok voor de toepassing van de botsingswetten.

Nochtans moet vermeend worden, dat in verschillende gevallen van de hydraulica een verbetering van de bestaande formules mogelijk is, door voor die gevallen den grondvorm van een nieuwe formule op te bouwen met behulp van de impulstheorie of van de potentiaaltheorie, en in dezen grondvorm coëfficienten op te nemen, die empirisch bepaald moeten worden. Zoo eenigszins mogelijk moeten alle termen in dimensielooze vormen gesteld zijn. Bij gebruikmaking van de impulstheorie zal, evenals bij toepassing van de potentiaaltheorie, een zeer intensieve wisselwerking tusschen theoretischen opbouw en empirische contrôle onmisbaar zijn.

De potentiaaltheorie zal een waardevol hulpmiddel kunnen zijn in die gevallen van waterbewegingen, waarbij *toename* van de snelheid optreedt; de impulstheorie zal zulks kunnen zijn in die gevallen, waarbij *afname* van de snelheid optreedt. De toepassing van een dezer theorieën op een tegenovergesteld geval is principieel fout.

Twee merkwaardige voorbeelden van de toepassing der impulstheorie op waterbouwkundige werken zijn gegeven door Prof. D. S o k o l o w, te Moskou, hoofd van het hydrotechnisch laboratorium voor den dienst der irrigatie (zie *Wasserkraft und Wasserwirtschaft*, 1936, bladz. 43 en 145). Deze voorbeelden worden hier gememoreerd, vermits ze betrekking hebben op de berekeningen van de afmetingen, welke in bepaalde gevallen gegeven moeten worden aan de instroomingsopeningen van de inlaatsluis bij een watervang, zoomede aan de richting, waarin de assen van deze openingen geplaatst moeten worden.

Ofschoon op de afgeleide formules betrekkelijk veel valt aan te merken, verdient de poging, langs dezen weg nieuwe inzichten te verkrijgen, alleszins waardeering.

Terugkomende op de bewegingen van zand, grind, en steenen, (veelal genoemd zinkstof-, of sleepstofbewegingen), zooals deze optreden bij inlaatsluizen van watervangen, wordt opgemerkt, dat een goed inzicht in deze materie eerst verkregen kan worden na bestudeering en grondige observatie van de oorzaken, vormen, en eigenschappen der zinkstofbewegingen in de rivier zelf. Formules, welke voor den waterbouwkundige praktisch bruikbaar zijn, en de grootte der zinkstofverplaatsingen aangeven, zijn uitermate bezwaarlijk samen te stellen. Mede is het verkrijgen van betrouwbare formules, die den invloed uitdrukken van den weerstand, dien de ruwe rivierbodem en oevers uitoefenen op de strooming van het water, zelfs in het eenvoudige geval, dat de zinkstoffen op hun plaats blijven liggen, een opgave, waaraan nog geenszins geheel voldaan is. Wel is men er in geslaagd een algemeenen grondvorm voor een benaderingsformule, geldende voor het laatst genoemde geval, te vinden. Deze bevat een coëfficient, die voor verschillende soorten van ruwheden empirisch bepaald is. De grondformule is oorspronkelijk opgesteld door Bazin. Daarin is de coëfficient aangeduid met de letter *C*. In de laatste 10 à 15 jaren wordt steeds meer de grondformule gebruikt, zooals deze opgesteld is door Strickler (of mogelijk oorspronkelijk door Gauckler of door Manning), waarin de coëfficient aangeduid wordt door de letter *K*. Bovendien zijn voor rivieren, waarvan de bodem en de oevers bijzonder onregelmatig gevormd zijn, door andere onderzoekers, zooals Gröger, Lindboe, Hermanek enz. grondformules opgesteld, waarin de coëfficient een getal is, dat voor een bepaalde waterdiepte, niveaubreedte, en bodemverhang een door hen opgegeven grootte heeft.

De genoemde coëfficienten *C* en *K* gelden voor ruwheden, die slechts zeer globaal omschreven worden, zooals: „gladde wanden", „onregelmatige wanden", „rivieren met grind", enz. Het is noodig de mate en de soort der ruwheid op juiste wijze te definieeren, en mathematisch in de formule tot uitdrukking te brengen. Het probleem, op welke wijze dit te doen bestaat eveneens bij de formules, die den weerstand aangeven, welke vloeistoffen ondervinden bij strooming door buizen. Eerst in de afgeloopen 20 jaren zijn rationeele voorstellen dienaangaande gedaan, het eerst door L. Hopf. Deze nam 2 soorten van ruwheid aan; de eerste is die, welke hoofdzakelijk bepaald wordt door de lengte der uitsteeksels op de wanden, de tweede is die, welke hoofdzakelijk bepaald wordt door den onderlingen afstand dezer uitsteeksels. Ten einde terstond met dimensielooze grootheden te werken, werd niet de lengte, of de onderlinge afstand zelf in het geding gebracht, doch de verhouding er van tot een andere lengte, waartoe bij cirkelvormige buisdoorsneden de middellijn gekozen werd. (Bij andere buisdoorsneden wordt de hydraulische straal gekozen). Deze twee dimensielooze grootheden, die beschouwd worden als symbolische uitdrukkingen van het begrip „ruwheid", zijn verwerkt in formules, die de waarde aangeven van den coëfficient λ, welke voor buizen een overeenkomstige beteekenis heeft als de genoemde coëfficienten *C* en *K* voor kanalen en rivieren met regelmatige bedding.

De gedachte is ontstaan, op overeenkomstige wijze de mate van ruwheid der bedding en oevers van kanalen en rivieren in een formule tot uiting te brengen. Pogingen daartoe dateeren van den laatsten tijd, en de resultaten zijn nog gering.

In analogie met de lengte der uitsteeksels op den binnenwand van een buis, is bij kanalen en rivieren genomen de dikte van de zandkorrels op den bodem en de zijwanden. Wordt dit voorshands als eenige factor in rekening gebracht dan leiden dimensieoverwegingen tot de conclusie, dat de coëfficient *K* omgekeerd evenredig moet zijn met de 6de machtswortel van deze dikte. Door Strickler is op grond hiervan een zeer eenvoudige formule opgesteld, die zich logarithmisch gemakkelijk laat behandelen. Door den Chineeschen ingenieur Chang zijn soortgelijke metingen verricht, en is een formule gegeven van dezelfde gedaante, slechts met een andere constante (*Proceedings American Soc. of Civ. Eng.*, Nov. 1937).

In algemeenen zin mag worden aangenomen, dat de remmende kracht, die de zinkstoffen uitoefenen op het stroomende water, gelijk is aan de voortsleepende kracht, die het water uitoefent op de zinkstoffen, althans zoolang deze op hun plaats blijven liggen. Deze laatstgenoemde kracht, bekend onder den naam van „sleepkracht", zou derhalve uitgedrukt kunnen worden in de factoren, die de mate van wandruwheid bepalen. Daarbij zal het niet voldoende wezen de gemiddelde dikte der zandkorrels als eenige factor in rekening te brengen. Dit zou eenigszins toelaatbaar wezen indien alle korrels ongeveer even groot waren, alle nagenoeg denzelfden vorm hadden, en alle op even grooten afstand van elkaar lagen. In het bijzonder is echter de onderlinge ongelijkheid in grootte een factor, die niet verwaarloosd mag worden, en derhalve in de formules tot uitdrukking moet komen. Deze ongelijkheid kan eenigszins bepaald worden door een zeefanalyse, waarvan het resultaat grafisch wordt voorgesteld door een zeefkromme. Met behulp van deze kromme kan de z.g. „ongelijkvormigheidsgraad" of „zinkstoffenkarakteristiek" verkregen worden, welke een dimensielooze grootheid is.

Een praktische en betrouwbare formule voor de sleepkracht is noodig voor het berekenen van de diepten der geulen in rivierbeddingen, der uitkolkingen bij oevers, pijlers, landhoofden, enz. Deswege werd reeds lang geleden naar een dergelijke formule gezocht. In 1786 is door du Buat een formule opgesteld van uiterst eenvoudigen vorm, die echter slechts toepasselijk is voor bijzonder regelmatige profielen, waarin de waterbeweging eenparig is. Bijna 100 jaar later is door du Boys de formule nader beschouwd en uitgebreid.

Intusschen bleek de waterbouwkunde behoefte te

hebben aan een formule, die de z.g. „grenssleepkracht" aangeeft, dat is die sleepkracht, waarbij de zandkorrels in beweging geraken, en door het snelstroomende water verder worden meegesleurd. Sedert het begin dezer eeuw zijn daarvoor verschillende formules samengesteld als resultaat van uitvoerige metingen. Die van den laatsten tijd zijn de formules van Kramer, Casey, en van het „United States Waterways Experimental Station" in Vicksburg.

Voor verschillende waterbouwkundige berekeningen is het mede nog niet voldoende de grenssleepkracht te kennen, doch is het tevens noodig te weten hoe groot de hoeveelheid zand, grind en steenen is, die bij een bepaalden waterafvoer b.v. bij een zeer hevigen bandjir, door het snelstroomende water wordt voortgesleurd. Zoodra de sleepstoffen in beweging komen, wordt door de sleepkracht arbeid verricht, en berusten derhalve de formules, die het gewicht van de per tijdseenheid voortgesleurde hoeveelheid aangeven, op arbeidsoverwegingen. Enkele jaren geleden werd door Schoklitsch, en bijna gelijktijdig door E. Meyer-Peter in samenwerking met H. Favre en A. Einstein op grond van uitvoerige metingen zoowel in de natuur verricht, als in de hydrodynamische laboratoria van respectievelijk Graz en Zürich, een formule samengesteld, waarvan de theoretisch opgezette grondvorm vermoedelijk juist is, doch de empirisch bepaalde coëfficienten nog verbeterd moeten worden (*Schweizerische Bauzeitung*, Maart 1934, Maart 1935, Mei, September en October 1937). Dit laatste zal mogelijk zijn, nadat vele uitvoerige en vooral nauwkeurige metingen in verschillende waterstroomen gedaan zijn. Deze zijn o.a. verricht door den Nederlandschen Rijkswaterstaat op den Neder-Rijn en Lek, zoowel in verband met het ontwerpen van groote waterstaatswerken bij de kruising van het Amsterdam-Rijnkanaal met de Lek bij Wijk-bij-Duurstede, als in verband met kostbare baggerwerken (*De Ingenieur* 1937, B. 83, en B. 167).

Ten einde de verplaatste hoeveelheden zand te kunnen meten zijn vernuftig geconstrueerde toestellen gebruikt. De z.g. „zandvanger van ir. Canter Cremers" is reeds lang bij den Rijkswaterstaat in exploitatie; eerst in den laatsten tijd is een speciale „bodemtransportmeter" in gebruik gekomen, ontworpen op grond van metingen, verricht in het hydrodynamisch laboratorium te Delft, in overleg met de ervaringen van den Rijkswaterstaat en met die van het laboratorium te Zürich. Bijzonder merkwaardige resultaten zijn door de zandtransportmetingen verkregen. Door in een groot aantal dwarsprofielen de isotachen te teekenen (dit zijn de lijnen, die de punten verbinden, waarin de snelheid even groot is), en in deze profielen tevens de isoamiden te teekenen (dit zijn de lijnen, die de punten verbinden, waarin de getransporteerde zandhoeveelheden gelijk zijn), bleek b.v. dat op de plaatsen, waar de stroomsnelheden het grootst zijn, volstrekt niet altijd de zandverplaatsingen het grootst zijn. Het verband tusschen zandtransport en stroomsnelheid is derhalve veel ingewikkelder, dan op het eerste gezicht lijkt. Evenzoo het verband tusschen korrelgrootte en debiet. Voor zoover het zand eenigszins zwevend wordt vervoerd (meer dan 10 cm boven den bodem), bevinden de grootste korrels zich niet in die verticalen, waarin de waterafvoer maximaal is. Door Meyer-Peter is de stelling geponeerd, dat zelfs geen verband zou bestaan tusschen de sleepkracht en het gewicht van de vervoerde zandmassa!

Theoretische overwegingen leiden tot de conclusie, dat genoemde verschijnselen hun oorsprong vinden in wervelgebieden en in dwarsstroomingen, die hoofdzakelijk veroorzaakt worden door den bodemweerstand en centrifugaalkrachten.

In Nederlandsch-Indië komen vele rivieren voor, die beduidend meer zand, grind en steenen afvoeren dan de Hollandsche. Er zijn hier rivieren, die berucht zijn voor dezen vorm van afvoer, en zelfs den naam dragen van: „zandrivieren". De kali Progo met hare affluenten, en vele rivieren tusschen Solo en Djocja vormen door dezen zandafvoer een bron van zorgen voor de spoorweg- en irrigatiediensten. De befaamde „Woro-driehoek" is een groot driehoekig terrein in deze streek, door mensch en dier verlaten, een soort „niemandsland", waar de kali Woro duizenden m^3 zand en steenen heenbrengt en daar deponeert. De mensch heeft geleerd verstandig te doen den strijd niet aan te binden tegen deze overweldigende water-met-zand-stroomen, doch ze te leiden naar gebieden, die hij aan de willekeur van deze natuurkrachten prijs geeft. De irrigatie-watervang van de Kebononganwerken en tallooze andere irrigatiewerken worden voortdurend belaagd door groote zand- en grindmassa's, die naar de inlaatopeningen dreigen op te schuiven. Dammen en dijken dreigen vernield te worden, pijlers en landhoofden ontzet, en brugopeningen verstopt te geraken.

Uiteraard zijn dit uitzonderingsgevallen, doch in het algemeen zijn de zinkstofbewegingen in de Indische rivieren zéér omvangrijk. Deswege is het zinkstoffentransport een probleem dat voor de Indische waterbouwkunde van groote beteekenis is.

Een grondige kennis van de oorzaken, vormen en eigenschappen van uitkolkingen, uitschuringen, oeverinscharingen, enz. eenerzijds, en van opzandingen, bankvormingen, opslibbingen enz. anderzijds, is derhalve een eisch bij het ontwerpen van die waterbouwkundige werken, waarbij diep wordt ingegrepen in den natuurlijken toestand van rivieren of andere waterloopen.

Dit geschiedt b.v. bij het maken van een stuwdam. In dat geval wordt de geheele zinkstoffenbeweging volledig verstoord. Bovenstrooms van den dam wordt de normale voortbeweging van het zand en grind onmogelijk gemaakt, benedenstrooms gaat deze wel voort, doch de weggesleurde hoeveelheden worden niet meer van boven aangevuld. Het zou een Sisyphusarbeid wezen, de bovenstrooms afgezette slib-, zand- en steenmassa's weg te halen, en deze benedenstrooms in de rivier te deponeeren. De mensch bindt hier den strijd aan tegen de natuur, en hij zal daarin alleen overwinnaar kunnen blijven, als zijn werken zoodanig ontworpen en uitgevoerd zijn, dat zij tegen de destructieve natuurkrachten bestand zijn. Daarvoor is het noodig de grootte van elk dezer

krachten te kennen. De ergste fout, die hij daarbij maken kan, is de macht van den vijand te onderschatten. Dit moge verklaren, weswege in alle landen, waarin stuwdammen zijn gebouwd, een uitvoerige studie is gemaakt van de middelen, die eenerzijds gevaarlijke uitkolkingen, en anderzijds belemmerende opzandingen kunnen voorkomen.

Tenslotte moge nog de aandacht op het volgende gevestigd worden:

Gelijk bekend is, heeft zich bij vele groote waterbouwkundige werken het verschijnsel voorgedaan, dat belangrijke bedragen zijn uitgegeven voor omvangrijke herstellingen, dan wel voor groote verbouwingen. Dit verschijnsel komt geenszins in Nederlandsch-Indië alleen voor, doch in alle landen, waar waterbouwkundige werken gemaakt worden. Juist in de laatste maanden hebben zich meerdere gevallen hiervan voorgedaan. Gewezen behoeft slechts te worden op het bezwijken van brugpijlers, zooals van de spoorbrug bij Bandjar en van de provinciale brug bij Loemadjang; en wat het buitenland betreft op den dijksdoorbraak bij het Albertkanaal. Dit laatste is een ramp van catastrophalen omvang. De technische wetenschap in België staat zeker niet lager dan die in Nederland, terwijl bij de uitvoering met de meest moderne werktuigen en gereedschappen werd gearbeid, en toch doet zich bij dit nieuwste waterbouwkundige werk van internationale bekendheid (er werd ruim 10 jaar aan gewerkt, en het heeft meer dan 2000 millioen francs gekost), een groote dijksdoorbraak voor. Bij vele niet-waterbouwkundigen zal dit verwondering baren, want gewoonlijk wordt het maken van een dijk als een heel eenvoudig werk beschouwd, waar volstrekt geen hooge technische wetenschap bij te pas behoeft te komen. Het groote publiek ziet in een dijk niet veel meer dan een hooge en lange massa grond, en wijst op het feit, dat meer dan 1000 jaar geleden in Nederland reeds dijken werden aangelegd. Het vraagt zich wellicht af, hoe het mogelijk is, dat ondanks de hooge vlucht, die de technische wetenschap in de afgeloopen eeuw genomen heeft, ondanks de technische hoogescholen en de gespecialiseerde opleiding van ingenieurs, een schijnbaar zoo eenvoudig werk als het maken van een dijk niet op een zoodanige wijze geschiedt, dat deze volkomen betrouwbaar wordt.

Inderdaad dient ernstig overwogen te worden, welke de oorzaken zijn van het feit, dat nog betrekkelijk veel waterbouwkundige werken niet voldoen aan de gestelde eischen, en dat zelfs gevallen optreden waarbij het werk kort na de voltooiïng gedeeltelijk vernietigd wordt.

Deze overwegingen zullen zoowel van economischen, als van zuiver technischen aard zijn. Wat dit laatste betreft, is het noodzakelijk bij elke mislukking van een waterbouwkundig werk een diepgaande studie te maken van al hetgeen uit een technisch oogpunt de oorzaak van de mislukking geweest kan zijn.

Indien al deze oorzaken nauwkeurig bekend zijn, kunnen zij bij volgende werken vermeden worden, waardoor besparing van groote bedragen mogelijk wordt.

Elk land zal ten aanzien van zijn eigen waterstaatswerken deze studie laten verrichten, en verkrijgt in combinatie met zijn overige ervaringen, technische gegevens, die ook voor de werken in andere landen van het grootste belang zijn. Deze landen zullen daar echter niet van profiteeren, als zij zich van deze gegevens en ervaringen niet op de hoogte stellen. Deswege moet krachtig worden aanbevolen meer contact te verkrijgen met de technische centra in andere landen, dan tot dusver plaats heeft.

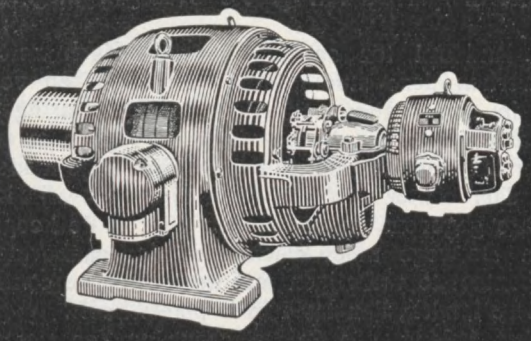
In het belang van de waterbouwkundige wetenschap, zoomede in het belang van de efficiency en de economie van de waterbouwkundige werken in Nederlandsch-Indië, is het noodig te achten, aan bekwame ingenieurs op te dragen grondig na te gaan, hoe de waterbouwkundige werken in andere landen worden voorbereid, ontworpen, uitgevoerd, en geëxploiteerd.

Wellicht wordt opgemerkt, dat hier in Indië vele belangrijke waterstaatswerken zijn en worden uitgevoerd, en dat in eigen land een rijke bron van ervaringen te vinden is. Dit is juist; doch wanneer men de blikken niet richt naar andere landen met andere begrippen, beginselen, gewoonten, onderzoekings- en uitvoeringsmethoden, dan bestaat het gevaar van verstarren in eigen constructietypen, en verouderde werkmethoden, in den waan dat deze de beste zijn, welke bestaan.

Ook kan het voorkomen, dat men gaat zoeken naar verbeteringen, welke elders reeds gevonden zijn. Dit is verspilling van kapitaal, tijd en energie.

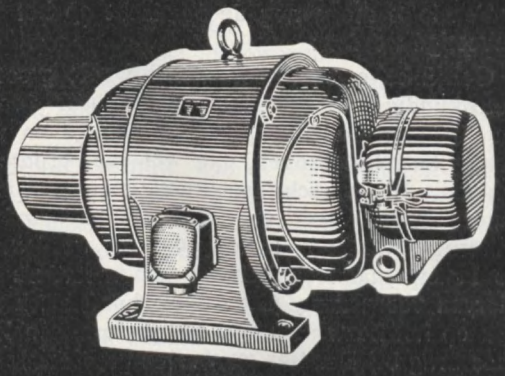
Door nieuwe gedachten steeds te toetsen aan de werkelijkheid en daardoor weer nieuwe gedachten te verkrijgen, door grondige wisselwerking tusschen theorie en praktijk, tusschen denken en meten, tusschen overwegen en observeeren, en door den technischen blik te verruimen tot ver buiten eigen landsgrenzen, zal het voor den steeds zoekenden en speurenden technicus uiteindelijk mogelijk worden, tot de meest economische schepping te geraken van de werken, welke dienen voor de bevordering van den welstand, voorspoed en zegen der menschheid.

ASEA
GENERATOREN

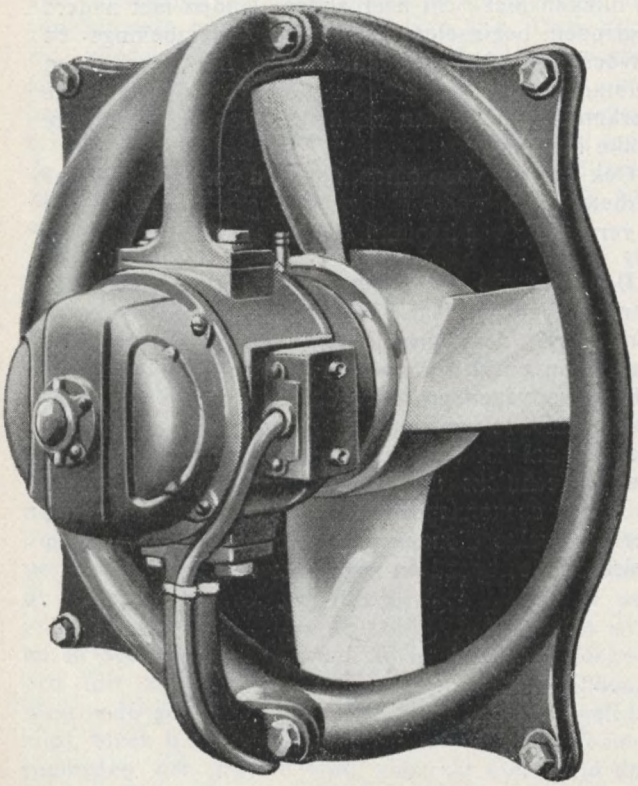


Gebr. van Swaay
SOERABAIA-BATAVIA-BANDOENG-MEDAN

ASEA
ELECTROMOTOREN



Gebr. van Swaay
SOERABAIA-BATAVIA-BANDOENG-MEDAN



ASEA
VENTILATOREN

VOOR
VERFLENSINRICHTINGEN
DROOGKAMERS
ENZ.

Gebr. van Swaay

6e JAARGANG
NUMMER 9

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

SEPTEMBER
1939

IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE.
„DE MIJNINGENIEUR"

INHOUD: De nieuwe dieptekaart van het Toba-meer (Noord-Sumatra) van Drost & Bekkering, door Dr. Ch. E. Stehn. — The volcano-tectonic origin of Lake Toba (North Sumatra), door dr. R. W. van Bemmelen. — Note on the stratigraphical relations between some Pliocene deposits in Java, door dr. C. H. Oostingh. — Ingezonden mededeelingen. — Economische mededeelingen. — Personalia.

De nieuwe dieptekaart van het Toba-meer (Noord-Sumatra) van Drost & Bekkering

door

Dr. Ch. E. STEHN,

Leider van het Vulkanologisch Onderzoek, Bandoeng.

(With summary in English)

Het grootste meer, niet alleen op Sumatra, doch van geheel Nederlandsch-Indië is het Toba-meer in Noord-Sumatra. Het 87 km lange en op de breedste plaats 31 km breede meer heeft volgens Ruttner (1931, blz. 369) een omtrek van ca. 294 km. Door het eiland, vroeger schiereiland, Samosir wordt het verdeeld in een noordelijk en een zuidelijk bekken, die door twee, op de Oost- en Westzijde van Samosir liggende lange, smalle kanalen verbonden worden. Voor een algemeene indeeling zou men het noordelijke bekken volgens Ruttner nog door kunnen laten gaan tot de vernauwing zuidelijk van Prapat (zie fig. 1). Het zuidelijke bekken wordt dan in het Zuiden begrensd gedacht door de lijn Taraboenga-Sibaolangit schiereiland, en in het Noordwesten door het Pangoeroeran-bekken. Als zelfstandige bekkens beschouwt Ruttner het genoemde Pangoeroeran-bekken en het Porsea-bekken. Behalve Samosir zijn in het zuidelijke bekken nog de eilanden P. Sainihoeta, P. Pardepoer, P. Simamora en Djandjimaoeli en in het noordelijke bekken P. Silalahi, P. Tao, P. Toba en P. Tolping.

Voor de bekkens zonder de eilanden geeft Ruttner volgende oppervlakten aan:

N. bekken	585,5	km²
Z. bekken	437,8	„
Porsea-bekken	80,1	„
Pangoeroeran-bekken	26,3	„
Totaal	1129,7	km²

De waterspiegel ligt op 906 m b.z. De afwatering vindt bij Porsea door de Asahan-rivier plaats.

Tot 1929 was omtrent de diepte van het Toba-meer zeer weinig bekend. Terwijl van het 97,9 km² groote Manindjau-meer door de loodingen van R. Fennema in 1883 en van G. L. L. Kemmerling in 1919 een goede dieptekaart bestond, vond men vermoedelijk de moeilijkheden, die met het aflooden van een meer van 1129,7 km² oppervlakte gepaard gaan, te groot. Slechts twee enkele loodingen staan in de literatuur van vóór 1929 vermeld. N. Wing Easton (1896, blz. 436), deelt mede, dat de eenige aan hem bekende diepteloodingen, en wel op weinige plaatsen in het zuidelijke gedeelte van het meer, verricht werden door E. Modigliani. De grootste diepte zou meer dan 500 m zijn. W. Volz (1909, blz. 256) vermeldt, dat Modigliani in de in het Zuiden gelegen bocht Tao Balige een diepte van 450 m gevonden zou hebben. W. C. Klein (1917, plaat XII) loodde in 1915 of 1916 tusschen Tt. Siasoe op Samosir en Prapat een diepte van 300 m.

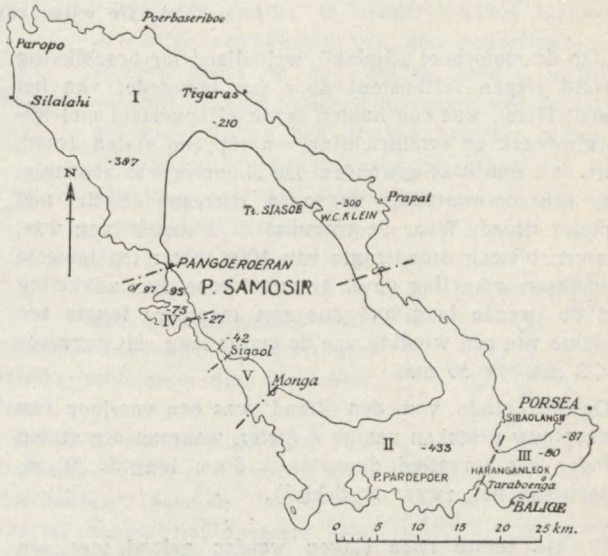


Fig. 1. TOBA MEER.

I. Het noordelijke bekken; II. het zuidelijke bekken; III. het Porsea-bekken; IV. het Pangoeroeran-bekken; V. het Monga-bekken. 300 = diepteloodingen W. C. Klein 1915 of 1916; 433 enz. = loodingen Duitsche Limnologische Soenda Expeditie 1929.

In 1929 werden door de Duitsche Limnologische Soenda Expeditie meerdere loodingen verricht; de juiste ligging der betreffende punten zijn bij benadering op fig. 1 aangegeven. Enkele loodingen werden slechts in den tekst genoemd (R u t t n e r 1931, blz. 368 en 372).

In het kaartje (tekstfiguur 1) zijn alle gegevens van vóór 1936, voor zoover dit uit de opgaven mogelijk was, vereenigd. Opgemerkt dient te worden, dat de loodingspunten niet door hoekmetingen t.o.v. vaste punten op de oevers bepaald werden. Uit de weinige beschikbare loodingen kon men reeds vermoeden, dat in het noordelijke en zuidelijke bekken en in het kanaal op de Oostzijde belangrijke diepten liggen, terwijl op de Westzijde van Samosir de diepten slechts gering zijn.

Op 3 Mei 1936 deelde de heer H. S. D r o s t, oud officier van de Koninklijke Nederlandsche Marine, aan het Hoofd van den Dienst van den Mijnbouw mede, dat tijdens een clubzeiltocht door de Watersportvereeniging „Prapat" gelegenheid zou zijn om eenige loodingen in het Toba-meer te verrichten. Door het Binnenlandsch Bestuur zouden de noodige bakens aan den wal geplaatst worden. Het voornemen van den heer D r o s t vond, in verband met de nog open problemen omtrent de tectoniek van het Toba-meer, groote instemming bij de geologen en vulkanologen. Er werden aan den heer D r o s t eerst 6 koerslijnen opgegeven, namelijk 2 in het noordelijke bekken, 2 in het zuidelijke en 2 in het oostelijke kanaal.

De door onzen Dienst voorgestelde loodingen werden van 16—22 Juni 1936 verricht door den reeds genoemden heer H. S. D r o s t en ir. G. E. B e k k e r i n g, een oud-leerling van de Kweekschool voor de Zeevaart te Amsterdam en oud-stuurmansleerling bij de Stoomvaart Mij. „Nederland". Daar naar de meening van deze heeren de verrichte loodingen te gering in aantal zijn voor zulk een groot meer, stelden zij voor, om gedurende een vacantietijd nog meerdere profielen op te meten. Ook deze nieuwe koerslijnen werden door den Dienst voorgesteld. De werkzaamheden vonden plaats van 1—7 Juli 1938. Ten slotte werden op 6 November 1938, op 29 Januari en 23 April 1939 nog nadere loodingen verricht. In 1938 en 1939 werden ook grondmonsters verzameld; die van 1936 werden helaas door de heeren niet bewaard.

De kosten werden in 1936 door de heeren zelf gedragen; voor de werkzaamheden in 1938 en 1939 werd een subsidie van den Dienst van den Mijnbouw verkregen.

De heeren D r o s t en B e k k e r i n g hebben door deze loodingen zeer verdienstelijk wetenschappelijk werk verricht en een waardevolle bijdrage geleverd tot de oplossing van de geologische problemen, die het Toba-meer biedt. Geheel belangeloos stelden zij hun resultaten ter beschikking van schrijver dezes en van R. W. v a n B e m m e l e n, waarvoor ook op deze plaats beide heeren onzen dank gezegd wordt.

Door schrijver dezes zullen de loodingen op zich zelf en de daaruit resulteerende morphometrische data behandeld worden, terwijl R. W. v a n B e m m e l e n een algemeene beschouwing over den vulkano-tectonischen oorsprong van het Toba-meer zal geven (1939). De grondmonsters van 1938 en 1939 zullen waarschijnlijk ter bewerking doorgestuurd worden aan Prof. Dr. F. R u t t n e r, Biologisch Station in Lunz, N.-Öst., die reeds monsters uit de minder diepe gedeelten van het meer onderzocht heeft (R u t t n e r, 1935, blz. 432-435).

Het lijkt schrijver dezes gewenscht, om in het technische gedeelte het rapport van de heeren D r o s t en B e k k e r i n g te volgen (zie A. en B., uittreksel uit het rapport van 4 October 1936).

A. De wijze van dieptebepaling.

„Op de motorboot „Sipiak", welwillend ter beschikking gesteld (tegen zelfkosten) door den beheerder van het Prapat Hotel, was een houten trommel opgesteld met tel- en windwerk en reminrichting, waarop een stalen draad, dikte ± 1 mm, was gewonden. De diameter was zoodanig, dat één omwenteling nagenoeg correspondeerde met 1 meter draad. Waar de trommel ± 1 meter lang was, kwamen bij een draadlengte van 1000 meter ten hoogste twee lagen wikkeling op de trommel voor. Een wikkeling van de tweede laag had dus een meerdere lengte ten opzichte van een winding van de eerste laag van ongeveer $\pi \times 2$ mm = 6,30 mm.

Op het einde van den draad was een voorloop van henneptouw gestoken van ± 4 meter, waaraan een stalen cilinder was bevestigd, diameter ± 6 cm, lang ± 30 cm, gedeeltelijk hol, zwaar ± 5 kg [1]).

De draad werd naar buiten boord geleid over een katrol, veerend opgehangen aan een bokje op het achterschip.

Verder was de draad door een blokje gevoerd dat door den waarnemer met de hand steeds buiten de rechte lijn: trommel — bovenvermelde katrol werd gehouden, waardoor het bereiken van den bodem direct was waar te nemen door de spanningsvermindering in den draad (lichte schok).

Van onderen was de cilinder voorzien van een holte, waarin vóór elke looding vet werd gebracht, ten einde ook een idee te verkrijgen van den aard van den bodem.

Eenige malen werd geen grondmonster opgehaald. Dit kan te wijten zijn geweest aan samendrukking van het vet in de holte door den waterdruk (tot 50 atm), waardoor slechts de rand van de holte en niet het vet de bodem raakte. Het kan ook een gevolg zijn geweest van bereiken van een harden bodem.

Ten behoeve van elke looding werd gestopt en de boot tot stilliggen gebracht, voor zoover zulks met het oog op wind en golven mogelijk was.

Eenige malen werd een maximum en minimum thermometer aan de hennepen voorloop bevestigd. De indi-

1) De eerste twee slagen werden gelood met een grooteren cilinder, zwaar ± 10 kg. Echter brak daarbij tot twee maal toe de stalen draad, wat twee cilinders en ± 400 m draad verloren deed gaan. Toegepast werd daarna het reserve „lood" van 5 kg, dat goed beviel, draadbreuk kwam niet meer voor, mede wegens voorzichtiger laten uitloopen.

catie staafjes werden met een magneet vóór elke daling rakend aan de grensvlakken gebracht. Waar echter het bereiken van den grond en ook het uitloopen en ophalen veelal met schokjes gepaard ging, mede als gevolg van de heftige golfslag, is verschuiving van de staafjes niet uitgesloten te achten.

Nauwkeurigheid.

De waarnemingen bevatten de volgende fouten:

a) Fouten door onnauwkeurig aflezen van het telwerk;
b) Fouten door onnauwkeurige afwerking der trommel;
c) Fouten door onregelmatig en op elkaar liggen van meerdere windingen op de trommel;
d) Fouten door uitrekken van den draad;
e) Fouten door niet juist constateeren van bereiken van den bodem;
f) Fouten door wisselende waterstanden;
g) Fouten door niet loodrechte en rechte stand van de draad.

Ter bepaling van de orde van grootte van deze fouten dienen de volgende beschouwingen.

a) *Aflezing telwerk.*

De inrichting van het telwerk maakte het mogelijk tot decimeters nauwkeurig af te lezen. Eventueele afwijkingen kunnen zoowel positief als negatief zijn.

b) en c) *Onnauwkeurige afwerking van de trommel en onregelmatig liggen van windingen.*

Na afloop der metingen werd door nameten van den uitgeloopen draad en vergelijking daarvan met de betreffende aanwijzing van het telwerk onderstaande grafiek (zie tekstfig. 2) opgesteld, waarvan voor elk gebied de passende correctie, tot op 1 meter nauwkeurig is te vinden [2]).

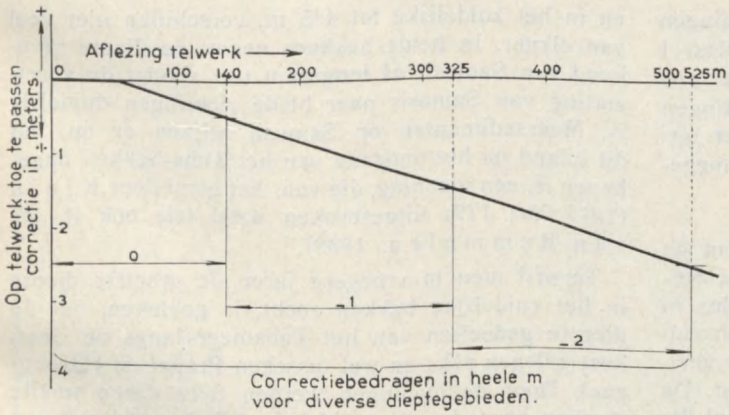


Fig. 2.

Alzoo bij aflezing telwerk van

0 — 140 m	140 — 325 m	325 — 520 m
0	— 1 m	— 2 m

De correcties zijn steeds negatief en zijn reeds in den loodingsstaat aangebracht.

2) Temperatuurwisselingen hebben weinig invloed. De temperatuur van het water en dus van den draad bij het looden was nagenoeg constant. Bij het nameten op den wal was de temperatuur van den draad hooger. Voor 10° C toename is de lengtevermeerdering bij 500 m uitgeloopen lijn 500 × 0,000012 × 10 m = 0,6 m. Deze stijging van 10° C is niet bereikt.

d) *Uitrekken van den draad.*

Het gewicht van het „zware lood" was ± 10 kg, onder water ± 9 kg, dat van den draad per 128 meter ± 1 kg.

De grootste uitrekking, bijv. bij de looding van 510 m diepte, is te vinden uit:

$$\triangle l = \frac{l \times P_1}{F \times e} + \tfrac{1}{2}\frac{l \times P_2}{F \times E}$$ (= resp.

uitrekking door het gewicht van den stalen cilinder + uitrekking door het gewicht van den draad) =

$$\frac{510 \times 9}{\frac{\pi \cdot 0{,}1^2}{4} \times 2\,150\,000} + \frac{\tfrac{1}{2} \times 510 \times \frac{510}{180}}{\frac{\pi \cdot 0{,}1^2}{4} \times 2\,150\,000} =$$

$= 0{,}27 + 0{,}06 = 0{,}33$ m

en bij een cilinder van het gewicht van 5 kg d.i. ± 4,5 kg onder water, 0,13 + 0,06 = 0,19 m.

De betreffende correctie is steeds negatief.

e) Vooral gedurende heftige deining en golfslag was het moeilijk juist aan te voelen, wanneer de cilinder den bodem bereikte.

Geschat werd, dat in dezen tot 1 m nauwkeurig kon worden waargenomen.

In het algemeen zal men eerder te laat dan te vroeg grond aanvoelen; de correctie zal in het algemeen negatief zijn.

f) *Variaties waterspiegel.*

Gedurende den rondtocht om Samosir kon de waterstand als constant worden aangenomen. Bij vertrek van en aankomst te Prapat was deze practisch dezelfde.

Opwaaiing speelt bij dit zoo diepe meer geen rol.

g) *Niet loodrechte en rechte stand van den draad.*

In vrijwel alle gevallen lag het vaartuig gestopt gedurende het looden, en liep nagenoeg geen vaart.

Slechts in enkele gevallen moest, om te veel overslag van water te voorkomen, gedurende heftigen golfslag de motor langzaam blijven doordraaien en moest af en toe een slagje vooruit worden gemaakt, om den kop op de golven te kunnen houden. Dan hing de lijn niet verticaal.

Om een indruk te krijgen, welken invloed dergelijke afwijkingen van den loodrechten en rechten stand op de aflezing hadden, is het verschil bepaald tusschen de lengte van de uitgeloopen lijn en den afstand van den waterspiegel tot den bodem, voor het geval, dat de afwijking van den loodrechten stand aan de oppervlakte respectievelijk 1 : 10 en 1 : 5 was, d.z. waarden die bij de geringe vaarsnelheid vermoedelijk een enkele maal werden bereikt, doch zeker niet overschreden.

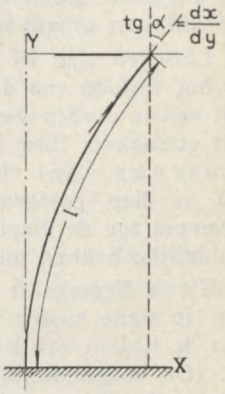


Fig. 3.

De vorm, die de uitgeloopen lijn aanneemt, zal het best kunnen worden benaderd door een kettinglijn, waarbij echter het onderste deel niet zuiver verticaal behoeft te zijn, daar ook de cilinder weerstand ondervindt.

Zonder bezwaar kan deze kettinglijn vervangen worden door een

parabool, die zich zooveel gemakkelijker laat analyseeren (zie fig. 3). Hierin is het geval voorgesteld, waarbij de raaklijn aan den boog ter plaatse van den bodem verticaal is.

Is de vergelijking van de parabool $y^2 = 2p\,x$... (1), zoo is de ontwikkelde lengte l (van den top af gemeten) te vinden uit:

$$l = \frac{y}{2p}\sqrt{p^2 + y^2} + \frac{p}{2}\,\text{bg sinh}\,\frac{y}{p} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2).$$

Voorts volgt uit (1) $\frac{dy}{dx} = \frac{p}{y}$.

Voor $\frac{dy}{dx} = 10$ resp. 5 vindt men bij $y = 500$, respectievelijk $l = 500{,}82$ en $503{,}31$, dus een teveel aan uitgeloopen lijn van 0,82 m en 3,31 m.

De betreffende correctie is steeds negatief.

Uit de bovenstaande beschouwingen is aan te nemen, dat in het algemeen op een nauwkeurigheid van 1% kan worden gerekend, met dien verstande, dat de werkelijke diepte steeds kleiner is dan de gemetene. In verband daarmede werd het telwerk niet nauwkeuriger dan op geheele meters afgelezen [3]) en werd aan de correcties d, e, f en g verder geen aandacht besteed.

B. Plaatsbepaling.

Met welwillende medewerking van het Binnenlandsch Bestuur werden op onze aanwijzing door een opnemer van het Landschap op enkele punten langs den oever van het meer en de kust van Samosir bakens geplaatst. Deze bakens bestonden uit een witten kegel (diam. 1 m) met witte vlag, aangebracht op een ca. 10 m hooge bamboe.

De plaats der bakens werd nauwkeurig op blauwdrukken van de topografische kaart aangegeven. Zooveel mogelijk werden de bakens geplaatst boven triangulatiepilaren.

Nog enkele andere markante punten werden als meetpunten gebezigd; al deze punten komen op de topografische kaart voor (bergtoppen, het eilandje P. Tao en kapen).

Bij elke looding werd met een sextant de plaats bepaald door hoekmeting volgens de methode Snellius naar bovengenoemde meetpunten.

Elke plaatsbepaling werd direct op het sloepsblad (meergenoemde blauwdrukken) [4]) geconstrueerd, zoodat afwijkingen van de gevraagde koerslijn door koersverandering konden worden hersteld (afdrijven door wind en golfslag). Koers werd bepaald op zicht van de kust.

Verdere hulpmiddelen bij de plaatsbepaling waren snijding van kapen op de kaart en noteeringen van tijd van stoppen en vertrek bij elke looding.

Na afloop van den tocht werden thuis alle plaatsbepalingen nogmaals nagegaan en ingeteekend op nauwkeurig aan elkaar geplaatste witdrukken van de topografische kaart".

C. De dieptekaart.

(Zie plaat I en II).

In het geheel werden langs 28 slagen loodingen verricht en wel op 216 plaatsen. Zooals uit plaat I blijkt, werden de slagen in de groote bekkens zoo veel mogelijk in loodrecht op elkaar staande richtingen gemaakt, terwijl in de nauwere gedeelten, met uitzondering van de Westzijde een zigzag-koers toegepast werd.

Het aantal loodingen is nog onvoldoende, om de isobathen op een korteren afstand dan 100 m te teekenen, zoodat het dieptebeeld ook nu nog slechts in groote trekken bekend is. Kleine verschuivingen zullen bij nog meer loodingen mogelijk zijn, want veelal is de afstand der loodingspunten nogal groot. De verbindende dieptelijnen zijn dus van persoonlijke opvattingen afhankelijk.

Tusschen slag IX en X, ten Noorden van Balige, is het verloop van de dieptelijnen nog onzeker. Om dit aan te duiden werden de isobathen hier niet voluit getrokken. Slag IX komt overeen met den door Ruttner (1931, blz. 368) genoemden, ongeveer 80 m diep gelegen drempel. Westelijk van den drempel zou de diepte volgens Ruttner naar het zuidelijke bekken toe langzaam toenemen.

Uit de dieptekaart en de profielen valt af te leiden, dat de steile kusten zich in de diepte voortzetten en dat de bodem van het meer over het algemeen vlak is. (De Oostzijde blijft voorloopig buiten beschouwing). De diepten in het noordelijke bekken, tot 444 m, en in het zuidelijke tot 445 m, verschillen niet veel van elkaar. In beide bekkens neemt de diepte gerekend van Samosir af langzaam toe, zoodat de voortzetting van Samosir naar beide richtingen duidelijk is. Meersedimenten op Samosir wijzen er op, dat dit eiland na het ontstaan van het Toba-bekken opgeheven is, een meening, die voor het eerst door Klein (1917 blz. 179) uitgesproken werd (zie ook R. W. van Bemmelen, 1939).

Terwijl men in vroegere jaren de grootste diepte in het zuidelijke bekken zocht, is gebleken, dat de diepste gedeelten van het Tobameer langs de Oostkust gelegen zijn, en wel tusschen Prapat en Haranggaol. Door de loodingen werden twee diepe smalle slenken gevonden. De zuidelijke bij Prapat heeft een diepte van 450—460 m en een lengte van ± 8 km, terwijl de noordelijke bij Haranggaol van 450 tot **529 m**, de grootste tot nu toe gevonden diepte van het Tobameer, daalt. De zuidelijke is door een drempel van 316 m diepte van het zuidelijke bekken gescheiden. Tusschen de Prapat- en de Haranggaolslenk werd langs slag XVII een opheffing van 407 m gelood.

Twee kleine bekkens liggen op de Westzijde van Samosir. Het door Ruttner zoo genoemde Pa-

3) Onder toepassing van een „index correctie", waar bij raken van den cilinder aan de oppervlakte het telwerk niet op 0 stond.

4) Op ozaliddrukken.

PLAAT I.
PLATE

DIEPTELOODINGEN IN HET TOBA-MEER

OPGENOMEN IN 1936.1938 EN 1939
DOOR H.S DROST EN G.E. BEKKERING

SOUNDINGS IN LAKE TOBA

TAKEN IN 1936.1938 AND 1939
BY H.S. DROST AND G.E. BEKKERING

0 1 2 3 4 5 10 km.

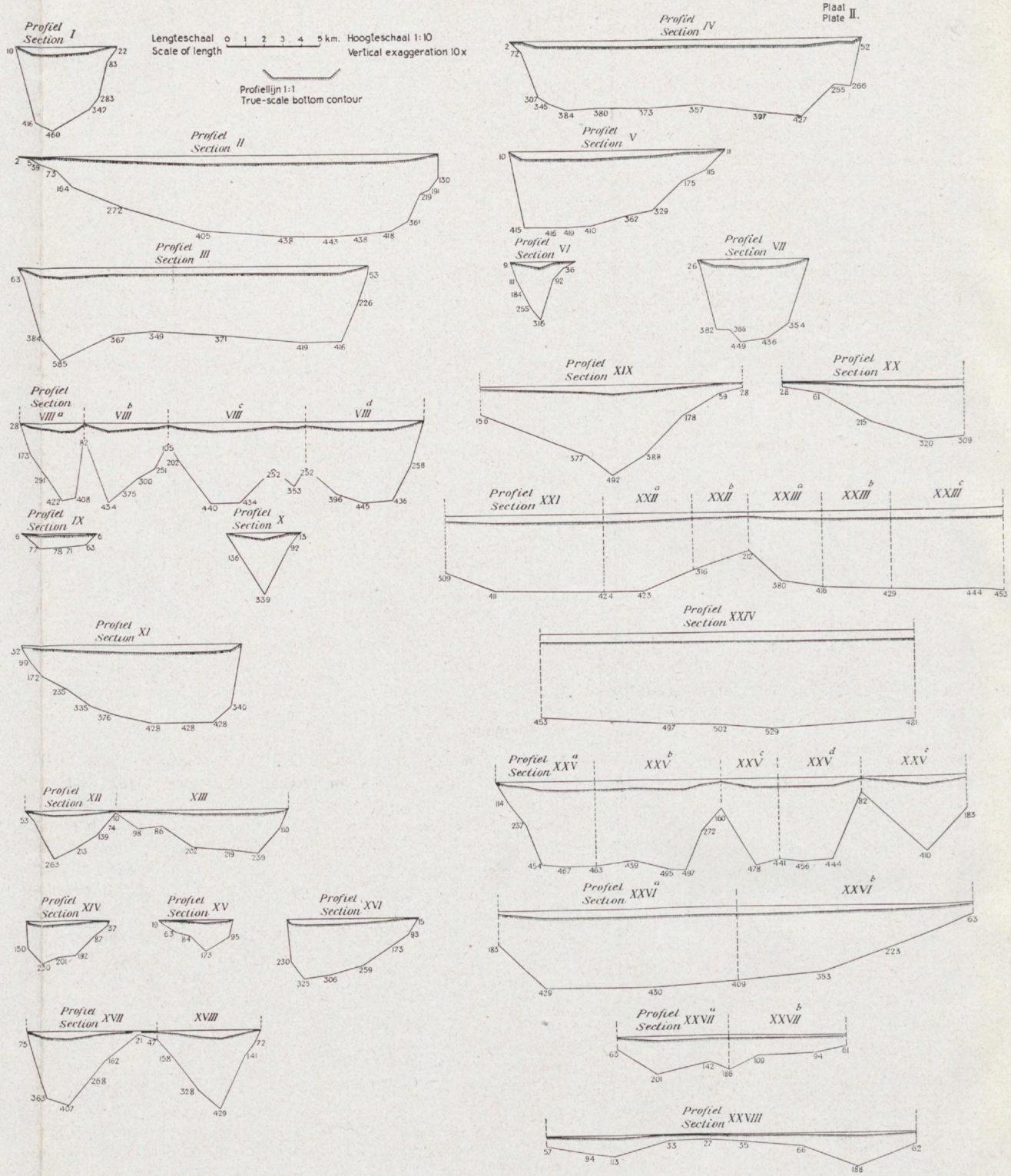
SERIBOEDOLOK
HARANGGAOL
SILALAHI
TIGARAS
AĚK NA OELI
RĚPA SI ANTAR
PRAPAT
PANGOEROERAN
G. POESOEK BOEKIT
P. SAMOSIR
SIGAOL
MONGA
PORSEA
BALIGE
P. PAROPO
P. SILALAHI
P. TAO
P. TOBA
P. TOLPING
P. SAEALA
P. PARDEPOER
P. DJANDJIMAOELI
P. SIMAMORA
P. SAINIHOETA

LEGENDA: KEY:

110 214 215 — *Plaatsen, waar loodingen zijn verricht, en de gevonden diepten in meters.*
Places where soundings were taken and the corrected depths, in metres.

XX III IV — *De romeinsche cijfers geven de gemaakte slagen en de profielen aan.*
The Roman numerals show the tracks and sections.

Dieptelijnen om de 100 m.
Depth contours for every 100 m.



Profielen door het Tobameer.

ngoeroeran-bekken heeft niet, zooals hij op zijn kaartje aangeeft een diepte van 95 m [5]), doch van 173 m. Deze diepte werd in het zuidelijke gedeelte gevonden. In verband met de aanwezigheid van den nog solfatarisch werkzamen Poesoek Boekit op de Noordwestzijde van dit bekken — deze vulkaan is de jongste in het Toba-gebied — en van een 2—3 km lang en 100—200 m breed solfatarenveld op de Zuidoostzijde — op Samosir tusschen Rianiate en Sigaol — is schrijver dezes van meening, dat het zuidelijke gedeelte van het Pangoeroeran-bekken een onder water liggend eruptiepunt is. Dikwijls liggen explosiekraters, „Maare", naast een eruptiekegel. Bekend zijn deze van den Lamongan, verder uit Japan en Italië.

Het tweede bekken ligt tusschen Sigaol en Monga. De gevonden diepte bedraagt 188 m. Helaas is dit het eenige loodingspunt in dit bekken, zoodat de vorm onzeker is. In het Zuidoosten is het bekken door een drempel van 62 m van het zuidelijke bekken gescheiden.

Op grond van de dieptekaart werden, met herhaling van de reeds hierboven genoemde, door Ruttner aangegeven oppervlakten, de volgende morphometrische data voor het Tobameer gevonden:

Oppervlakte.

N.-bekken	585,5	km²
Z.-bekken	437,8	„
Porsea-bekken	80,1	„
Pangoeroeran-bekken	26,3	„
Oppervlakte waterspiegel	1129,7	km²
Oppervlakte van de 100 m dieptelijn	804,6	km²
„ „ „ 200 „ „	644,3	„
„ „ „ 300 „ „	475,0	„
„ „ „ 400 „ „	269,3	„
„ „ „ 450 „ „	42,2	„
„ „ „ 500 „ „	9,1	„

Inhoud.

0 — 100 m diepte	101,21	km³
100 — 200 „ „	78,47	„
200 — 300 „ „	55,75	„
300 — 400 „ „	36,73	„
400 — 450 „ „	6,97	„
450 — 500 „ „	1,18	„
500 — 529 „ „	0,88	„
Totale waterinhoud	281,19	km³

Gemiddelde diepte	249	m
Grootste diepte	529	„
Grootste lengte	87	km
Grootste breedte	31	„
Omtrek	ca. 294	„

D. Temperatuurmetingen.

Er werden slechts twee temperatuurmetingen op den bodem verricht, en wel in Juni in slag V op de diepten 416 en 419 m. De temperatuur bleek 24° C te zijn.

Volgens Braak (1925 blz. 68 en 66) bedraagt het daggemiddelde aan het Toba-meer in Juni 20,5° C, het jaargemiddelde 20,4°.

Summary.

The largest lake of the whole of the Netherlands Indies is Lake Toba with a surface area of 1129,7 km².

Until 1929 only two soundings were known. In publications of N. Wing Easton (1896) and W. Volz (1909) soundings in the southern part taken by E. Modigliani were mentioned. According to Wing Easton the greatest depth was more than 500 m, according to Volz a depth of 450 m was found in the Bay of Tao Balige. The year of these soundings is unknown. W. C. Klein (1917) sounded a depth of 300 m in 1915 or 1916 in the eastern channel between Tt. Siasoe on the island of Samosir and the locality Prapat.

In 1929 some soundings were taken bij the German Limnological Expedition. Ruttner (1931) published a small map with the places of the soundings, other soundings are mentioned in the text only.

In the map, fig. 1, the results of all the former soundings are combined.

In 1936 H. S. Drost, a former officer of the Royal Netherlands Navy proposed to the Mining Department systematical soundings in Lake Toba. In the beginning 6 tracks were proposed by the geologists, 2 in the northern basin, 2 in the southern and 2 in the eastern isthmus. The required soundings were taken by H. S. Drost and G. E. Bekkering from June 16th — 22nd, 1936. The good results were reason for new ones from July 1st — 7th, 1938, on November 6th, 1938, on January 29th and April 23rd, 1939. Where possible crossing tracks or zigzag lines were followed (see plate I).

For the soundings from motor boat in the beginning a lead of 10 kg was used. After its loss all the subsequent soundings were taken with a lead of 5 kg and a steel wire of 1 mm thickness. The lead was hollow below to take bottom samples.

The soundings were corrected roughly. Errors are possible when the wire is wound up irregularly, further by stretching of the wire, by the temperature, by variations in the water level and when the wire does not hang vertically. Sometimes it was difficult to feel when the lead touched the bottom. Generally the following corrections were applied:

from 0 — 140 m	140 — 325 m	325 — 500 m
0 m	— 1 m	— 2 m

The place of the soundings was determined by bearings with a sextant on fixed triangulation points, strongly marked tops of mountains, on islands and capes.

In total 216 soundings were carried out on 28 tracks (see plate I). The sounding points are not close enough to construct a denser net of isobaths than of 100 m difference of depth. At some places the sounding points are more than 1000 m apart, so that the construction of the depth curves is often based on personal opinion.

The course of the isobaths in the southern basin, north of Balige, is uncertain. According to Ruttner (1931, p. 368) the depth will be gradually greater westwards from the shallow threshold of the Porsea basin.

5) In 1931 blz. 368, wordt 97 m aangegeven.

The steep walls of the coasts reach to the depth. The bottom of the lake is nearly flat with the exception of the eastern channel. North and south of the Island of Samosir the lake bottom forms a gradual continuation of this island. Lake sediments at a great height on Samosir (Ruttner 1935) show that the island was upheaved after the formation of the Toba depression.

In the northern basin 444 m was found to be the greatest depth, 445 m in the southern basin. In the channel of the East side, Haranggaol-fissure, named by R. W. van Bemmelen (1939) two long and narrow troughs are found. The southern one, separated from the southern basin by a threshold of 316 m, lies opposite to Prapat and has a depth of 450-460 m, the northern one opposite to Haranggaol, showed depths of 450-529 m, the greatest recorded depth of Lake Toba up to the present time. Between the two troughs there lies a shallower part of 407 m.

West of Samosir two small basins are found.

The northern one, Pangoeroeran basin, named by Ruttner (1931), has a depth of 173 m. Owing to the proximity of the active volcano Poesoek Boekit and a solfatara field of 2-3 km in length in the southeast the present author is of the opinion that this small and deep basin is probably a submerged explosion crater.

In the southern basin = Monga basin only one sounding was taken. The depth is 188 m. The configuration of the bottom is still uncertain.

The temperature of the bottom water was taken in the southern basin on a depth of 416 and 419 m, track V. The temperature was 24° C, whereas the daily average temperature of the air is 20,4° C.

For conclusions as to the origin of Lake Toba the reader is referred to the publication of R. W. van Bemmelen (1939).

Literatuur.

1896 Easton, N. Wing. Der Toba-See, ein Beitrag zur Geologie von Nord-Sumatra. *Z. d. Deutsch. Geol. Ges.* 48, Berlin 1896, pp. 435-467.

1909 Volz, W. Nord-Sumatra, Band I: Die Batakländer. Berlin 1909.

1917 Klein, W. C. De Oostoever van het Tobameer in Noord-Sumatra. *Jaarb. Mijnw. in Ned.-Indië.* 46, Batavia 1918. Verh. I, pp. 136-187.

1925 Braak, C. Het klimaat van Nederlandsch-Indië, Deel II, afl. 1. Sumatra. *Kon. Magn. & Meteor. Observ.* Batavia. Verh. No. 8 1925.

1929 Bemmelen, R. W. van. The origin of the Lake Toba (North Sumatra). *4th Pac. Sci. Congr.* Bandoeng 1929, Proc. 2 A, pp. 115-124.

1931 Ruttner, F. Hydrographische und hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und Bali. *Arch. f. Hydrobiol.* 1931. Suppl. Bd. VII: „Tropische Binnengewässer", Bd. I.

1935 Ruttner, F. Kieselgur und andere lakustrische Sedimente im Tobagebiet. Ein Beitrag zur Geschichte des Tobasees in Nordsumatra. *Arch. f. Hydrobiol.* 1935. Suppl. Bd. XIII: „Tropische Binnengewässer", Bd. V.

1939 Bemmelen, R. W. van. The volcano-tectonic origin of Lake Toba (North Sumatra). *Ing. Ned.-Indië*, 6, 1939, No. 9.

The volcano-tectonic origin of Lake Toba (North Sumatra)

by

Dr. R. W. VAN BEMMELEN.

(Geologist of the Geological Survey of the Netherlands Indies).

(With 4 figures in text and 1 table of 12 chemical analyses).

Contents:

		page.
	Summary	126
I.	Introduction	127
II.	General morphological situation	127
III.	Volcanic and volcano-tectonic processes	129
	a) Pre-Toba volcanism	129
	b) Toba volcanism	129
	c) Post-Toba volcanism	132
IV.	The age of the Toba eruptions	132
V.	Petrology of the volcanic products of the Toba region	132
VI.	Speculations on the origin of the pacific magma's	134
VII.	The volcano-tectonic conception of the origin of Lake Toba	137
VIII.	Literature references	139

Summary.

In connection with the new bathymetrical map of Lake Toba, made by Drost & Bekkering and published by Stehn in the current number of this Journal, the present author gives a general review of the volcano-tectonic origin of Lake Toba.

The history of Toba is one of the most impressive and convincing examples of the genetical connection between tectonic and volcanic forces. The geological and volcanic evolution of the Toba region proves that the geanticlinal or undatory arching up of a mountain range can be the result of the rise of magma and migma. This rise of the magma- and migma-front in the lower part of the crust causes an undatory swelling and arching up of the overlying upper part. The Toba cauldron is situated on the crest of a tumor-like culmination of the Barisan mountain range, called the Batak-tumor. This trough has an area of about 2000 km² and a volume of 1000-2000 km³; it forms part of a median rift zone along the axis of the Barisan Range.

On the top of the Batak-tumor fissure eruptions occurred, possibly starting with a fore-phase of acid lava flows, thereafter a main phase of paroxysmal outburst of acid tuffs and finally an after-phase of acid domes and lava outflows.

The main Toba outburst produced huge amounts of acid tuffs, covering an area of 20 000 — 30 000 km² in Sumatra. Remnants of a cover of the same ashes have been found at a distance of 300 — 400 km in Malaya, where the cover still has a thickness of 5-20 feet.

Under these rhyolitic ashes of Malaya river-gravels with hand-axes of middle-Pleistocene age have been found by Collings, thus dating the Main Toba-paroxysm as younger Pleistocene.

The volume of the erupted tuffs is more than 2000 km³ and of the same order of magnitude as that of the Toba trough, which came into existence during or directly after the main outburst. The Toba cauldron can, therefore, be considered as a „super-caldera" according the „blowingout-breakingdown" theory of caldera formation. The island of Samosir and the Prapat-Porsea peninsula form tilted blocks of the collapsed roof of the emptied magma chamber. These blocks have been pressed up again during the after-phase (at least 210 m).

In the case of Lake Toba probably a migmatitic batholith rose till quite near to the surface, arching up the upper crust (the Batak-Tumor), and finally blowing out the gass-laden contents of its upper part through fissures in the roof.

I. Introduction.

The new bathymetrical map of Lake Toba, made by Drost and Bekkering and published by Stehn in this number of the „Ingenieur in Nederlandsch-Indië", is an occasion to give a short sketch of the origin of this remarkable lake according to older and recent information on this subject.

The origin of Lake Toba is one of the most convincing examples of the connection between tectonic forces (orogenesis) and volcanic activity. The water of this lake occupies part of a trough-like depression (called Toba-cauldron), which is situated upon the crest of the Barisan Mountain range. There is a clear genetic connection between the arching up of the Barisan-geanticline and the volcano-tectonic formation of the depression in its top part.

In the following pages an analysis of this genetic connection will be given.

II. General morphological situation.

The Barisan Mountain range, which has a total length of 1650 km, forms the backbone of the Island of Sumatra. Its highest summits are the Kerintji or Indrapoera volcano (3800 m) in central- and the non-volcanic Mt. Leuser (3466 m) in northern Sumatra. The definite arching up of this undatory uplift or geanticline occurred in plio-pleistocene times and was accompanied by the formation of a median rift zone, which might be called the Semangka-zone, after its best known southern section (van Bemmelen, 1932a).

In southern Sumatra this Semangka-rift was accompanied by dacito-liparitic fissure eruptions and paroxysmal production of huge amounts of acid tuffs (Ranau-caldera for instance, see van Bemmelen 1933, 1934, 1935). The same occurred on an even more impressive scale in the northern part of the Semangka-riftzone, occupied by the Toba region.

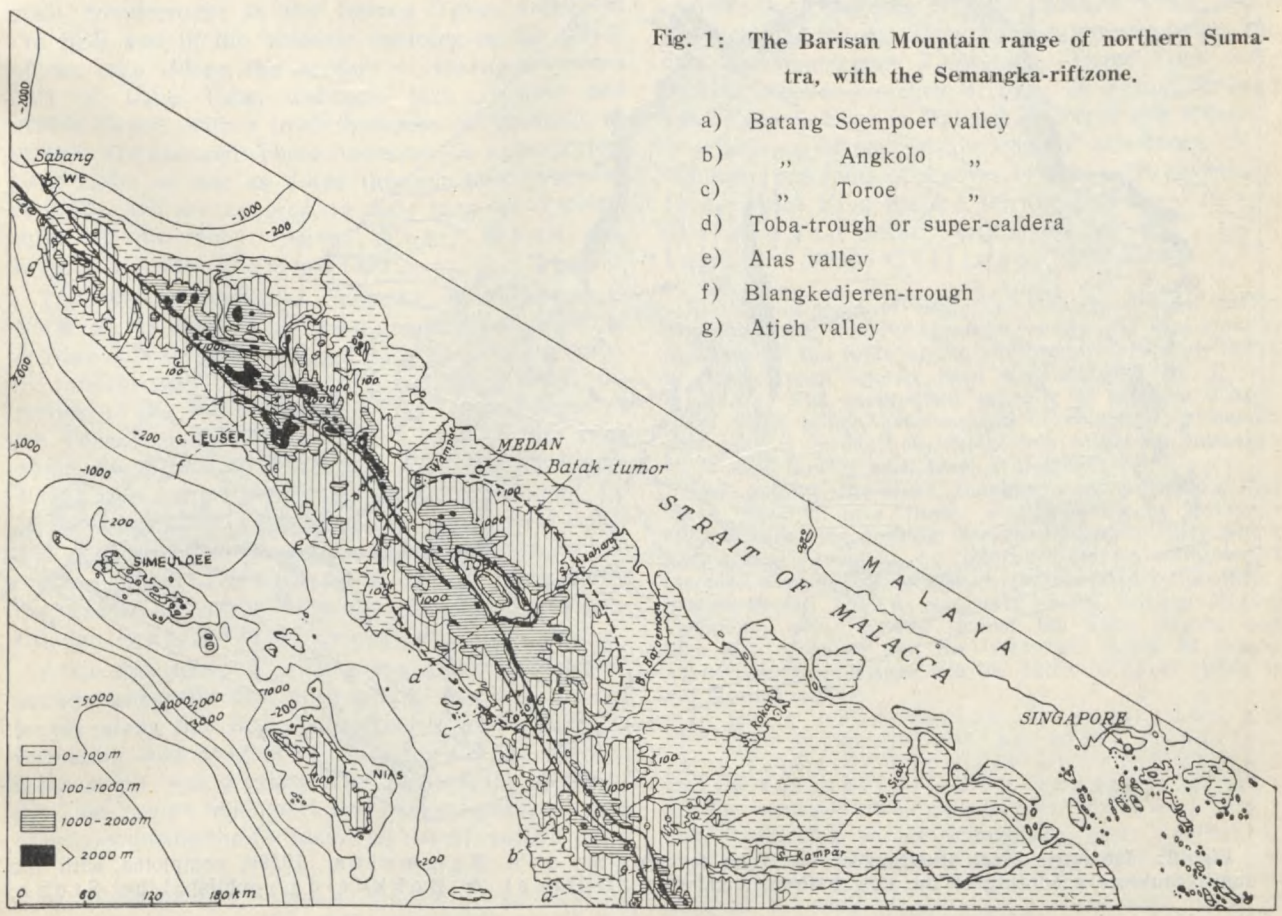


Fig. 1: The Barisan Mountain range of northern Sumatra, with the Semangka-riftzone.

a) Batang Soempoer valley
b) „ Angkolo „
c) „ Toroe „
d) Toba-trough or super-caldera
e) Alas valley
f) Blangkedjeren-trough
g) Atjeh valley

Fig. 1. The Batak-tumor forms a culmination of the Barisangeanticline. On the top of this tumor the Toba-batholith broke through (along tension fissures). This paroxysmal outburst, producing about 2 000 km³ of acid tuffs, was followed by the collapse of the crustal roof (formation of the Toba-trough or super-caldera). The island of Samosir in Lake Toba is a tilted block of the former roof which, after the collapse, was pressed up again (at least 210 m). See fig. 2.

The northern part of the Semangka-riftzone, appearing on fig. 1, is morphologically indicated by the course of the broad, trough shaped valleys of a) Batang Soempoer, b) Batang Angkolo, c) Batang Toroe, d) the Toba-depression, e) Alas valley, f) Blangkedjeren-depression, g) Atjeh valley.

The section of the Barisan Range with the Toba cauldron in its centre forms an oblong, elliptical culmination, marked by the contours of 100, 1000 and 2000 meters. This culmination has a NW-SE diameter of 275 km (between the rivers Wampoe and Baroeman) and its NW-SW axis is about 150 km. The highest summits of this vault are situated just around the Toba-depression, e.g. Mt. Siboeatan (2457 m) at its northwestern end, Mt. Pangoeloebaoe (2151 m) at its eastern side, Mt. Siharpeharpe (2110 m) at its southeastern end and Mt. Oeloedarat (2157 m) at its western side. These mountains around the depression consist of pretertiary and some older tertiary rocks. This means that the crust in this region attained maximum heights of more than 2000 m. In the following pages the elliptical culmination of the Barisan mountains around Lake Toba, as indicated on fig. 1, will be called B a t a k - t u m o r [1]).

The top part of the Batak-tumor is occupied by the Toba-cauldron (fig. 2), which has a NW-SE elongated form (NW-SE diameter is 100 km and the maximum NW-SW diameter is 31 km). The lake itself does not reach quite to the southern border of the depression and has a NW-SW length of 87 km. In circumference the Lake measures about 294 km. The central part of Lake Toba is occupied by the island of Samosir (640 km²), which has a steep northeastern escarpment and SW slanting slopes. The island is connected by a small isthmus with the southwestern border of the lake, where the small Poesoekboekit volcano (1981 m) is situated. Opposite the Samosir escarpment lies the escarpment of the peninsula which extends be-

1) According to the name of the native population, the Bataks, living in the Toba region.

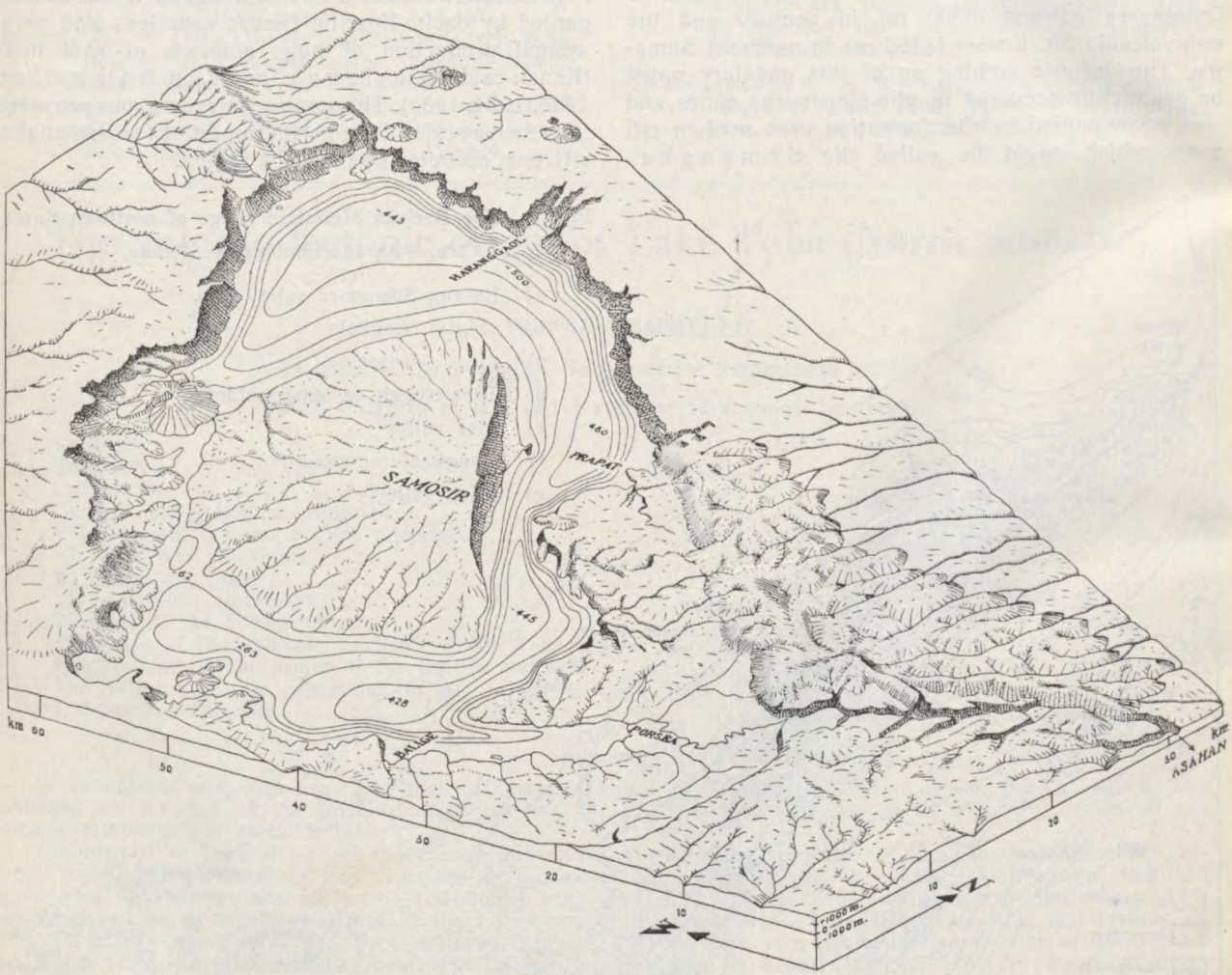


Fig. 2: Isometric block diagram of the Toba trough after v a n B e m m e l e n, 1929a, completed with the depth contours according to the new bathymetrical map of D r o s t & B e k k e r i n g, published by S t e h n, 1939.

tween Prapat and Porsea at the Asahan river. The surface of this peninsula slants NE towards the north-eastern rim of the Toba-depression.

The surface of the Toba-depression as a whole is 2269 km^2, the surface of Lake Toba together with Samosir is 1776,5 km^2, and the lake surface, without the islands Samosir (640 km^2) and Pardepur (7 km^2) is only 1130 km^2. Though the surface of Lake Toba covers not more than half of the Toba-depression, its extent is still considerable, as can be demonstrated by comparing it with the Lake of Geneva in Switzerland (582 km^2) and the Dead Sea in Palestine (915 km^2).

As follows from the new bathymetrical map by Drost and Bėkkering, Lake Toba has a typical trough-like cross section, with very steep walls and a rather flat bottom. From this bottom the island of Samosir arises like a tilted block and the same can be said of the peninsula between Prapat and Porsea.

The lake level lies at 906 m above sea and its maximum depth amounts to 529 m, so that its bottom lies at only a few hundreds of meters (ca. 400 m) above sea level. The surrounding mountains, however, attain heights of more than 2000 m (max. 2457 m) and the surrounding plateaux have a height of 1200 m and more. Consequently the subsidence of the bottom of this cauldron varies in extent between 800 — 2000 m; the minimum may be estimated as still greater if account be taken of the deposits of the younger lake sediments and the pressing up of Samosir after the formation of the depression (see further on in this paper), because both processes diminished the original depth of the trough. The original volume of the Toba trough, immediately after the collapse, might have been about 2000 km^3; the actual volume is about 1000 km^3.

III. Volcanic and volcano-tectonic processes.

Three periods of neogenic-quarternary volcanic activity can be distinguished in the Toba region:

a) An older (chiefly plio-pleistocene) period of andesitic volcanism.

b) A paroxysmal phase, characterized by the production of huge amounts of acid tuffs.

c) An upper-pleistocene and holocene period of andesitic volcanism.

a) The older (chiefly plio-pleistocene) andesitic activity of the Toba region had its main development in the Batang Toroe valley to the SSE and in the volcanic complex to the NNW of the lake. Along the borders of the northwestern part of Lake Toba, andesitic lava streams and breccia layers with a total thickness of hundreds of meters, are exposed. These andesites lie upon pretertiary rocks or cut as dikes through this basement complex, and are covered, in their turn, by the acid tuffs of the Toba region (Volz, Bücking, Klein, van Bemmelen).

The above mentioned andesitic complexes, e.g. NNW of the lake, in its northern part and SSW of it, form a NNW-SSE directed zone of volcanic activity, which cuts obliquely the general NW-SE direction of the Barisan Range. This volcanic zone of the Toba region forms a part of the volcanic zone which was formed upon the crest of the Barisan Range during the contemporaneous phase of arching up of this geanticline. Subsequent to this general uplift and as a consequence of the stretching of the arched crust, a median rift zone came into existence along the crest of the geanticline, the so-called Semangka-riftzone (van Bemmelen 1932a).

After this phase of rifting the andesitic volcanic activity generally continued up to the present, but locally along this Semangka-riftzone, and during its formation, acid magma of granodioritic and granitic composition was erupted. The paroxysmal phase of the Toba region belongs to this general phase of acid eruptions during the formation of the rift zone.

b) The acid Toba eruptions. During (or in sequence to) the general arching up of the Barisan geanticline a dome-like culmination developed in the Toba region, the so-called Batak-tumor. During this updoming acid magma was erupted. The eruptions possibly started by the outflow of *dacito-liparitic lavas*, which are exposed, (near Taroetoeng and Pangaloan) and in the Toba-depression (along its southern border and the escarpments of Samosir and the Prapat-Porsea peninsula). These lava flows may have been produced through tension fissures, as has also been the case in the southern part of the Semangka zone, described by the author (1932a, 1933) [2].

After this foregoing effusive phase, however, more gas rich acid magma came to eruption, producing the acid and pumiceous *Toba tuffs*. These Toba tuffs nowadays cover a surface of 20 — 30 000 km^2 around Lake Toba [3]. Even in Malacca (in Perak and Pahang), at a distance of several hundreds of kilometers (3 — 400 km), remnants of a cover of acid tuffs have been found which have there a thickness of 5 — 20 feet (Scrivenor, 1930; Willbourn, 1937, 1938; Ingham, 1938; Collings, 1938).

2) In his paper of 1929a (p. 118) the present author communicated, that he observed no liparitic lava flow at the base of the tuffs of the southern escarpment, South of Balige, such as had been distinguished by Wing Easton. The escarpment consists of massive unstratified tuffs, which have a kind of columnar, prismatic cleavage on account of which they might be mistaken for a lava flow if seen from a distance.

The author, therefore, thought it quite possible that other liparitic lava flows, distinguished by previous authors, are also nothing else than liparitic tuffs which have been cemented by later percolating solutions of meteoric water. This opinion is corroborated by an information of Dr. Adam, geologist of the Billiton Mining Company, who recently visited the Toba Region and who also observed that the "liparites" South of Prapat near Harangan-na-doea are the same rocks as those of the Asahan valley.

If this observation is valid for all the occurrences of so-called liparitic lava flows at the base of the liparitic tuffs this effusive "forephase" of the Toba eruptions does not exist.

3) According to an information, given by Prof. A. Heim to Dr. Musper and the author jointly, the extension of the acid tuffs is much greater than indicated on the map of Zwierzycki (1919). West of Lake Toba they reach to the coast.

The main mass of the tuffs lies directly around the Toba-depression, where they form large plateaux and fill up the great valleys. Along the steep borders of the Toba-cauldron it can be seen that these tuffs form nearly unstratified masses, sometimes of hundreds of meters thickness (up to 600 m!). It is only in the upper parts of these tuff masses and farther away from the Toba-depression that stratification by posthumous water transport is a general feature. This means that these acid tuffs were produced during one paroxysmal phase of volcanic activity. The chief eruption centre of these tuffs must have been the Toba-cauldron, where they were blown out, most probably along tension fissures on the top of the Batak-tumor.

The total volume of the acid tuffs, which were produced during this paroxysmal phase of activity, can be estimated at an order of magnitude of 2000 km^3. This volume of erupted clastic material is ten to a hundred times greater than the volume of the products of the greatest volcanic eruptions Man has witnessed in historical times. The eruption of the Tambora volcano on Soembawa in 1814-15 produced according to Junghuhn 100-150 km^3, the eruption of the Cosequina in Mexico in 1835 produced about 50 km^3 of clastic material, Katmai in 1912 after Griggs "only" 20 km^3, and Krakatau in 1883 after Verbeek not more than 18 km^3.

After this paroxysmal phase of tuff eruptions the Toba-trough originated. Its formation took place during or immediately after the blowing out of the acid magma.

There are *two possible explanations for the origin of this cauldron:*

Either the crustal material was blown out together with the tuffs, or the roof of the magma chamber collapsed as a consequence of the emptying of this chamber by the blowing out of its content.

The exposed sections of crustal rocks along the borders of the depression prove that the top of the magma chamber had not yet reached so high that its roof was only a thin cover. This roof must have had a thickness of at least more than one kilometer. The total surface of the Toba-trough is more than 2000 km^2 so that, on the basis of the first supposition, more than 2000 km^3 of crustal rocks should have been blown out. The amount of erupted clastic material has been estimated at about the same total volume. The eruption products do not, however, consist of scattered crustal rocks, but of acid magmatic material; foreign inclusions form only a very minor part of the acid tuffs.

We must, therefore, conclude, that the first supposition is an impossibility, and that the depression was not formed by the explosion of the crustal roof. Only the second possibility, that the magma content of this chamber was blown out together with the escaping gases, accompanied by or followed by the collapse of the roof which was deprived of its support, can explain the facts.

Reduction of the roof by a general stretching of the crust in the top of the Batak-tumor and/or retreat of the magmatic level by contraction of the intrusion (due to cooling and more gradual escape of the volatiles) may have acted as additional factors in the formation of the Toba-depression. The chief cause, however, was the comminution of magma in the chamber and its blowing out as tuffs by the tempestuous escape of volatiles.

Thus the Toba-cauldron may be called a super-caldera, formed according to the "emptying out – breaking down" theory of caldera formation as proposed by the author (1929b).

Because this Toba-trough originated on the top of the Batak-tumor (as a consequence of the doming up of this tumor and the formation of tension fissures and normal faults on the top of this Barisan culmination) this depression is the result of both tectonic and volcanic forces: it may, therefore, be called a volcano-tectonic depression (van Bemmelen, 1932a, 1933, 1934, 1935).

The Toba-depression was filled with water, Lake Toba. The water of this lake found an outlet over the lowest point of the surrounding mountains and tuff-plateaux, namely at its southeastern side through the Assahan valley, which had been filled up by Toba tuffs to a height of 1150 m. This is the highest level the water of Lake Toba ever reached. After that the Asahan river started cutting down in the tuff masses which filled its former valley and thus gradually lowered the lake level to its present position at 906 m above sea. Klein (1917) describes terraces of former lake levels at 1150 m from Balige to Prapat, at 1100 m between Mt. Pengoeloebaoe and Prapat and at 1050 m near Repa (NW of Prapat).

The formation of the depression was not, however, the ultimate volcano-tectonic phenomenon of this phase of acid eruptions in the Toba region.

After the formation of the Toba-depression (filled with a lake, at the bottom of which stratified tuffs and diatom layers were deposited) the acid magma again started pressing up.

In his publication of 1929 (1929a) the author suggested that this renewed activity formed a volcano within the Toba-cauldron, followed by a second collapse, which caused the narrow depression between Samosir and the Prapat-Porsea peninsula.

On account of the stratified character and probably subaqueous origin of the tuffs of Samosir, Klein (1917, p. 179) already supposed that after its formation the bottom of the Toba-depression was again pressed up. This supposition is strengthened by the fact that the 1150 m terrace, which can be followed all along the southern and southeastern border of the lake from Balige to Prapat, does not appear on Samosir. This might indicate that Samosir, now having a maximum height of 1689 m, was originally below the 1150 m level of Lake Toba in its early days. This upheaval of Samosir was probably accompanied by the formation of the narrow strait between Samosir and the Prapat-Porsea peninsula. Since then no relative movements have occurred, as follows from the fact that the 30 m terrace on either side of the strait has the same height (Klein, 1917, p. 179).

In his paper 1932a, p. 210 the present author also came to the conclusion that Samosir is not a part

of a new volcano, built up in the Toba-depression, but that this island has the character of a tilted crustal block belonging to the original crustal vault overstretching the magma chamber, and comparable with similar tilted blocks in the Blangkedjeren-depression (Mt. Api, northern Sumatra) and in the Gedongsoerian-depression (Mt. Rigis, southern Sumatra). The same can be said of the Prapat-Porsea peninsula on account of the appearance of granitic and contact metamorphic rocks at its northwestern end which make it improbable that this peninsula forms part of a younger volcanic cone (van Bemmelen, 1935).

The suggestion that Samosir originally lay below the lake level, and was afterwards pressed up to its present position, has been proved to be correct by Ruttner (1935), who reports lake deposits on Samosir (diatom layers) even at a height of 1360 m [4]). The diatom layers, which must have been deposited at the lake bottom after the paroxysmal tuff eruptions, are situated nowadays 210 m above the highest possible level of the lake (1150 m), fixed by the lowest point of the surrounding borders (Asahan terrace at its southeastern side).

These diatom layers at a height of 1360 m on Samosir prove, therefore, that the Samosir block after the formation of the Toba-cauldron must have been pressed up again at least 210 m.

Ruttner also observed analogous diatom layers on the tuff plateau South of Lake Toba, e.g. on the southern border of the lake near Balige at 1150 m, 15 km SW of Balige, and South of Siborongborong at 1270 m above sea level. The latter occurrence (at 1270 m), does not imply that in the Toba-depression a great lake once existed, which extended across the borders of this depression and covered also part of the surrounding plateaux up to a height of 1270 m. This would be impossible on account of the general morphological situation. These diatom deposits may have been formed in isolated, much smaller and shallower lakes and pools which came into existence by accumulation of temporarily deadlocked water upon the plateaux and in the valleys. In this connection we may point to the fact that the rhyolitic ashes from Malacca sometimes also contain diatoms (Scrivenor, 1930). This explanation is, however, not applicable to the diatom occurrences of Samosir, which are found within the stratified deposits formed at the bottom of the original Lake Toba.

The stratified tuff layers of Samosir have a SW and WNW inclination and those of the Prapat-Porsea peninsula generally dip 10-15 degrees to the NE and E.

When these layers were originally deposited they were in a horizontal position on the bottom of the lake. Afterwards they were tilted by the upheaval of this bottom, and we must conclude that the maximum amount of rising of the lake bottom took place in the narrow NW-SE zone between Samosir and the Prapat-Porsea peninsula. Along this zone a gaping fissure opened, extending over a distance of about 65 km from Haranggaol in the NW to the southern point of the Prapat-Porsea peninsula in the SE. In this deep rift, which might be called „Haranggaol-fissure", the deepest points of the Toba-depression have been sounded (for instance the maximum depth of the lake of 529 m near Haranggaol). The shape of this Haranggaol-fissure has probably been remodelled by collapses of the bordering escarpments, which are indicated by the parallel faults Klein (1917) found on both sides of the rift. By these collapses of the walls it has been widened, so that this rift is now 2-8 km broad. Moreover, along the western side of this rift several domes of acid lava have been sqeezed up, such as Toektoek Siasoe with 71.5% Silica (Wing Easton, 1894, p. 159). These domes are the youngest manifestations of the acid magma along this fissure. The so-called liparitic lavas, which are exposed in the escarpments on both sides of it, however, are covered by the Toba tuffs and (if they are really lava flows, see Note 2) they might belong to the first, effusive eruption phase at the beginning of the Toba paroxysm.

Besides these acid domes at the western side of the Haranggaol-fissure Klein (1917, p. 153-154) reports andesitic dikes cutting in a N-S direction through the Toba tuffs near Tigaras at the eastern side of the Haranggaol-rift.

At the southwestern fault rim of the Toba-depression, too, volcanic activity occurred. Here the small Poesoekboekit volcano (1981 m) came into existence. The lavas of the Poesoekboekit, which have been called glassy hornblende-hypersthene andesites by Retgers (1895) on account of the absence of quartz phenocrists, contain 67.28% of silica (Wing Easton 1894, p. 159), so that this volcano has an acid composition, just like the domes along the western side of the Haranggaol-trough. The Poesoekboekit still shows solfataric activity and has silicifous hot springs. The southwestern border of the island of Samosir too, (opposite to and parallel with the southwestern bordering fault of the Toba-depression) shows some solfataric action (At the western foot of the Pintoe Batoe (1075 m) between Sigaol and Rianiate, see Ruttner 1931, pp. 384-388).

Along the southern fault rim of the Toba-trough some acid domes have also been formed, for instance the small island of Pardapoer and the peninsula of Robean Sikai opposite to it.

Summarizing we can say that the phase of acid eruptions in the Toba region can be divided into three sub-phases; first a (still problematical) fore-phase with the eruption of the acid lavas, second the main phase with the paroxysmal production of acid tuffs, and third an after-phase forming small acid domes and the Poesoekboekit volcano.

The andesitic dikes cutting through the Toba tuffs in the northeastern escarpment of the Toba-depression near Tigaras (reported by Klein, loc. cit.) form

4) Higher localities were not found, because Prof. Feuerborn, who collected these specimens, did not reach a greater height of Samosir during his tour. It is, therefore, quite possible that diatom layers occur at even greater heights on the island of Samosir (see Ruttner, 1935 p. 426).

a transition to the third period (c) of the young volcanism of the Batak-tumor.

c) The youngest andesitic eruptions. After the acid volcanic phase of the Toba region the andesitic activity of the Batak-tumor continued. The products of the Sinaboen volcano (2451 m) north of Lake Toba cover the Toba tuffs at its southwestern side [5]). The dark coloured ashes of the Sibajak-Pintau complex cover the light coloured Toba tuffs in the cultivated area near Medan [6]). Bombs of the Singalang lie upon the surrounding acid tuffs of the Timorbatak-plateau. Moreover, Mt. Sinaboen and Mt. Sibajak are both still in their solfataric stage of activity.

IV. The age of the Toba eruptions.

Important information about the exact age of the Toba eruptions is obtained from the Federated Malay States. In 1930 Scrivenor reported the occurrence of recent rhyolitic ashes sometimes overlying river gravels in Perak and Pahang. These ashes, most probably, belong to the Toba eruptions, because Toba is the nearest eruption centre of acid tuffs, though it lies at a distance of 300-400 km from the localities where these ashes were found.

These ashes, however, were supposed to be of marine facies on account of the occurrence in them of marine sponge spicules.

If these ashes were really deposited in the sea this would imply that afterwards they had been lifted to their present position of 250-500 feet above sea level. There are, however, no other traces of such important uplifts of Malaya in the form of coral banks and marine shells, so that this assumption of important arising of Malaya in the youngest geological past seems quite open to doubt (see Willbourn, 1938).

Some samples of these ashes were sent in 1938 to the Geological Survey in Bandoeng (Java) by Messrs. Willbourn and Collings. Here Tan Sin Hok, Neumann van Padang and van Bemmelen could not find any sponge spicules in them, so that we suppose that the small, tube-like, glassy fragments in these ashes, which are a kind of filiform ash or "Pelée's hair", have been mistaken for sponge spicules.

In a gravel, underlying an ash layer of $1\frac{1}{2}$ m (5 feet) thickness in Kotah Tampan (Perak), hand axes were found by H. D. Colling of the Raffles Museum (see Ingham, 1938, p. 7). According to Collings (1938) these hand axes are of middle Pleistocene age. They show a marked relation to the paleolithic (Chelléen ?) culture von Koenigswald found near Patjitan in Java.

This first discovery of the existence of man in Malaya, contemporaneous with the European Ice-age, lying below Toba-ashes, provides us with decisive evidence to date the Toba-paroxysm as younger pleistocene.

V. Petrology of the volcanic products of the Toba region.

Petrographic descriptions of the young volcanic rocks of the Toba region have been given by Wing Easton (1894), Retgers (1895), Milch (1899), Stegmann (1909) and Bücking (1912). Moreover, Stegmann publishes 12 complete chemical analyses made by Prof. Dr. Dittrich.

The field observations generally agree as to the fact that andesitic volcanic activity prevailed in the Batak-tumor before and after the Toba eruptions and that the products of the latter were much more acid.

a) The pre-Toba andesites are augite andesites with varying amounts of hypersthene, hornblende, biotite and quartz.

Olivine is rare; real basaltic specimens are not known from the Toba region. We possess, however, insufficient samples from the young volcanic rocks in this region to conclude that basaltic types fail. They might also occur in the deeper cores of the strato-volcanoes, which cores are not yet exposed by erosion.

The most acid species of the pre-Toba eruption products have been called dacites by Stegmann (1909, p. 413 and 426).

Part of the pre-Toba volcanic rocks have been hydrothermally altered, but this phenomenon has only a local character, because fresh and altered rocks have been gathered from the same locality. According to Stegmann (1909, p. 454) the most important alterations are the formation of chlorite, epidote, carbonate and iron ore from hornblende, the uralitisation or serpentinisation of augite, alteration of felspar into sericitic and caolinic substances, and pyritisation.

Chemical analyses of fresh pre-Toba rocks are those numbered I and II of table I. Stegmann (1909, p. 421) reckons also a hypersthene andesite of Mt. Singalang to the older group, but Volz, on p. 406 of the same paper, is of the opinion that this volcano is younger than the Toba tuffs (at least part of it), so that it is not certain whether analysis No. III of this rock belongs to the older or to the younger group of andesites. According to these chemical analyses these andesites have a normal dioritic or quartz dioritic composition.

Analyses of slightly propylitisized rocks (Nos. IV, V and VI) point to a tonalitic composition.

b) The acid products of the Toba eruptions are always glassy and they generally contain quartz phenocrists. Even when quartz phenocrists fail, as is the case with the Poesoekboekit products, their silica content is high (67.28% in the case of the Poesoekboekit). The proportion of the

5) Volz in the publication of Stegmann, 1909, p. 406.

6) Communication of Dr. C. H. Oostingh to the author.

Table I: Twelve chemical analyses of young volcanic rocks from the Toba region, made by Prof. Dittrich and published by Stegmann (1909), with corresponding Niggli values.
For the names, localities and probable age of these rocks see key to fig. 3.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
SiO_2	55.18	60.78	53.94	54.33	62.23	59.47	67.75	68.81	56.40	50.84	57.70	55.99
Al_2O_3	18.02	17.63	18.93	16.96	16.96	16.97	15.51	14.61	17.66	19.81	16.36	18.19
Fe_2O_3	3.29	3.82	4.06	3.86	1.27	2.80	2.26	1.36	5.60	6.68	4.20	4.10
FeO	4.94	2.18	5.08	3.72	2.92	3.69	1.22	1.26	1.83	3.21	3.47	3.55
MnO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MgO	3.81	2.25	3.23	3.11	2.02	2.82	0.91	0.74	3.76	4.01	3.41	3.02
CaO	7.51	5.75	7.85	5.81	6.56	5.83	2.79	2.21	7.24	8.90	7.32	8.27
Na_2O	2.60	2.86	2.56	2.05	3.07	2.40	3.22	3.31	2.96	3.53	3.22	3.28
K_2O	1.89	2.56	1.68	1.67	1.07	2.36	3.15	4.61	2.10	1.01	2.11	1.53
H_2O +	1.09	1.38	0.92	4.27	2.47	2.27	2.29	2.60	1.31	1.02	1.14	0.99
H_2O —	0.58	0.24	0.42	0.87	0.81	0.65	0.45	0.32	0.32	0.12	0.16	0.20
CO_2	0.10	—	—	2.31	0.10	—	—	—	—	—	—	—
TiO_2	0.96	0.62	1.06	0.72	0.63	0.77	0.32	0.36	0.66	0.81	0.71	0.70
P_2O_5	tr.	0.06	tr.	0.23	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	0.31	0.14	0.13
S	—	—	—	0.07	—	—	—	—	tr.	—	—	tr.
SO_3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cl	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	99.97	100.13	99.73	99.98	100.11	100.03	99.87	100.19	99.84	100.25	99.94	100.25
Niggli values												
si	159.17	209.64	153.09	181.53	229.82	201.83	317.81	339.19	167.31	130.53	174.40	162.15
al	30.58	35.76	31.61	33.34	36.85	33.88	42.81	42.35	30.81	29.92	29.09	30.98
fm	35.48	27.81	34.43	35.65	23.71	31.93	19.14	15.68	33.71	35.19	33.73	31.33
c	23.21	21.25	23.87	20.81	25.95	21.20	14.02	11.68	23.01	24.48	23.70	25.66
alk	10.73	15.17	10.08	10.20	13.49	12.99	24.04	30.29	12.46	10.41	13.47	12.02
k	0.32	0.37	0.30	0.35	0.19	0.39	0.39	0.48	0.32	0.16	0.30	0.24
mg	0.46	0.42	0.40	0.44	0.47	0.45	0.34	0.35	0.50	0.44	0.46	0.42
c/fm	0.65	0.76	0.69	0.58	1.09	0.66	0.73	0.74	0.68	0.70	0.70	0.82
ti	2.1	1.6	0.23	1.8	1.8	2.0	1.1	1.3	1.5	1.6	1.6	1.5
p	—	0.1	—	0.3	—	—	—	—	—	0.3	0.2	0.2
qz	+ 16.25	+ 48.96	+ 12.77	+ 40.73	+ 75.86	+ 49.87	+121.65	+118.03	+ 17.47	— 11.11	+ 20.52	+ 14.07
Magma type :	normal dioritic	quartz dioritic	normal dioritic	tonalitic	quartz dioritic	tonalitic	yose-mite granitic	yose-mite granitic	normal dioritic	gabbro dioritic	normal dioritic	normal dioritic

alkali felspar and plagioclase crystals varies; generally the latter are more abundant. The dark components are biotite and, less often, green hornblende. Rhombic and monoclynic pyroxene are not often observed and only as small individuals. The ground mass is always glassy. Zircon and iron ore occur as small accessory minerals. The escape of volatiles has caused the formation of pumice, tuffs and ashes.

Two chemical analyses of rocks belonging to this group are given in Table I (Nos. VII and VIII); they appear to have a yosemite granitic composition. Therefore, the name liparites, first used by Retgers (1895) is right, though perhaps the name dacito-liparites is better.

c) The post-Toba eruptions produced andesites of the same type as the pre-Toba andesites. To these youngest eruption products the analyses Nos. IX, XI and XII of Table I belong. They all have a normal dioritic composition. In the biotite bearing hornblende andesites of Mt. Sibajak inclusions of a somewhat more basic composition occur, consisting of basic plagioclase, hornblende, biotite and pyroxene (Stegmann, 1909, p. 442). An analysis of such an inclusion is given in Table I, No. X. It appears to have a gabbrodioritic composition. Hornblende and biotite are the oldest crystal segregations in the andesites, where as the greater part of the pyroxene is formed by the resorption of these crystals in the later stages of the evolution of these rocks.

The basic-intermediary magmas belong to the calc-alkaline or pacific group. When we compare the curves of the Niggli values of these andesitic products (fig. 3) with those of the normal curves of the Niggli values of this pacific magma group as composed by

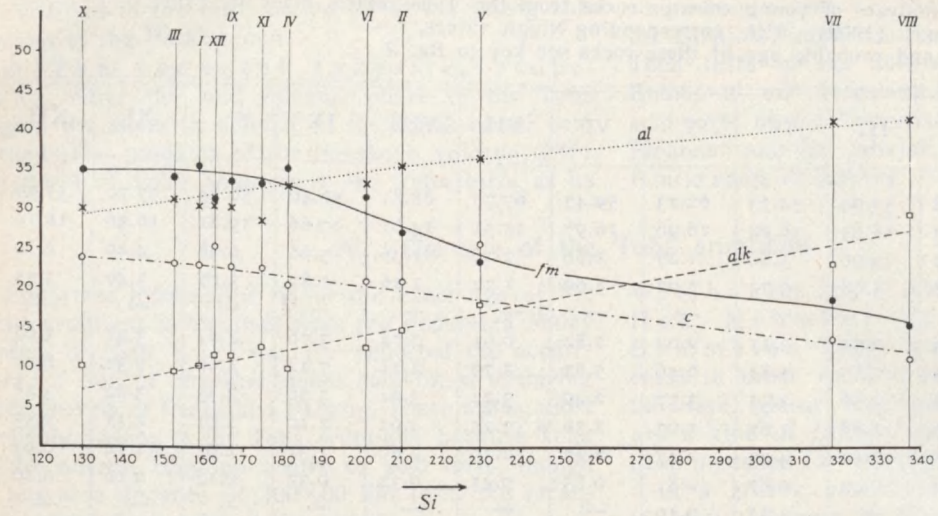


Fig. 3: Variation diagram of Niggli values computed from twelve analyses of young volcanic rocks from the Toba region, made by Prof. Dittrich and published by Stegmann (1909).

Pre-Toba andesites:

I) Pyroxene-andesite. Climb from Parsambilan to the rim of the Toba plateau.
II) Quartz-trachyteandesite from Mt. Bulu Nipis.
III) Hypersthene-andesite from eastern foot of Mt. Singalang (Toba plateau).
IV) Propylitised andesite. Climb from Parsambilan to the rim of the Toba plateau.
V) Slightly propylitised biotite-hornblende-dacite from Mt. Palpalan, South foot.
VI) Propylitised hornblende-andesite from Kuta Baju pass.

Toba dacito-liparitic eruptions:

VII) Biotite-hornblende-liparite from Lai Hrnun, West of Lake Toba.
VIII) Biotite - (hornblende) - liparitic pumice from the Toba tuffs in Lau Matap, North of Lake Toba.

Post-Toba andesites:

IX) Biotite-hornblende-andesite from Mt. Sibajak.
X) Inclusion of holocristalline gabbrodiorite in No. IX.
XI) Pyroxene - hornblende - andesite from Mt. Sinabun.
XII) Pyroxene-andesite, lava stream of Mt. Sinabun near Sukanala.

Niggli (1923), it appears that the fm- (and alk-) values are too low and the al- and c-values too high for the corresponding si-values. This is a general feature of the pacific magma types in the Soenda province, which has been called by Willems (1939) the "ossipitic tendency" of the pacific magmas in this province, according to the ossipitegabbroidic — anorthositic branch of the pacific magma tribe distinguished by Niggli (1923).

The silica content of the pre-Toba andesites (and dacites) varies between 55 and 62%. The Toba eruption products have a silica content of 67-69% (with a maximum of 78% according to the analyses of silica content made by Vermaes and published by Wing Easton, 1894, p. 159). The silica content of the post-Toba andesites varies from 54-58%.

The pre- and post-Toba andesites belong to the same magmatic group with gradual variation between the members. There is, however, a marked hiatus between the composition of this group and the Toba eruption products. This hiatus is clearly demonstrated by the variation curves of the Niggli values in fig. 3. There is a difference of not less than 90 si-units between the andesites and the dacitoliparites.

VI. Speculations on the origin of the pacific magmas.

The above mentioned hiatus between the group of basic-intermediary and that of acid composition raises the question whether the latter may be considered as the differentiation product of the more basic magmas according to the theory of fractionated crystallisation differentiation, or whether the modern conception of granitisation (Malcolm Macgregor and Gilbert Wilson, 1939) must be considered as the most probable interpretation.

According to the theory of crystallisation differentiation the acid magma should accumulate as a rest-melt *above*, the more basic differentiates. The general volcano-tectonic situation of the Batak-tumor, however, is more favourable to the supposition that the andesitic lavas are produced by superficial chambers in the highest crustal levels, whereas the acid magmas of the Toba eruptions were produced through fissures that extended to somewhat greater depths. In his paper on the origin of the pacific magma types (1938) the present author also called attention to the fact that the miocene granodioritic and granitic batholiths in the Barisan Range and the Southern Mountains of Java show an increasing acidity the more deeply they are exposed; this is in harmony with the supposed situation in the Toba region, but in contradiction to the consequence presumed by the theory of crystallisation differentiation, mentioned above. The author, therefore, is in-

clined to accept the modern views of rising emanations from the depth as an important factor in the formation of the pacific magmas of orogenetic zones.

Rittmann (1939b, p. 145) comes to the conclusion that there are probably two genetically different melts in orogenetic zones, viz.

1) Melts of basaltic magma and its differentiates, more or less contaminated by sial-assimilation, which produce the pacific volcanites, and

2) Melts of palingenetic origin or migmas which represent extreme types of migmatitisation. These melts nearly always consolidate intracrustally as plutonic masses.

In the case of Toba such a migmatic melt probably ascended to near the surface of the sialic crust and, finally, burst out, producing the acid Toba tuffs.

Rittmann (1939a, p. 125) is of the same opinion, saying that the Toba eruption presumably is the result of the breaking through of a migmatic batholith and not of a magmatic restmelt. According to this author, such eruptions might be closely related to Daly's areal eruptions (for instance Yellowstone Park).

The acid eruption products of the Toba region, therefore, might belong to the second group of melts distinguished by Rittmann namely to the migmatic melts.

The basic-intermediary volcanites, on the other hand, might belong to the first group, namely to the contaminated basaltic magma and its differentiates.

Such a difference of origin between the basic-intermediary magmas on the one hand and the acid magmas on the other might explain the hiatus in the si-values of the differentiation diagram (fig. 3). There are, however, some aspects of the problem which make this conclusion premature.

Namely, does such a difference of origin imply that the basic-intermediary magmas of the orogenetic zones cannot be palingenetic; in other words, is it not possible that the basaltic magma and its differentiates during their rise to the surface have solidified and, later on, were aroused to new activity (recooked or transfused) by a new influx of emanations from the depth?

The present author is inclined to answer this question in the affirmative, on account of the following considerations.

The eruption centres of the basic-intermediary volcanoes lie in high crustal levels, as has been pointed out by Neumann van Padang for several volcanoes of the orogenetic Soenda region, for instance for Paloeweh (Vulkanologische Mededeelingen No. 11, 1930). Exposures of the feeding channels of stratovolcanoes in the Soenda province show that they have generally the shape of pipes, stocks, and bosses containing porphyric, hypabyssal dioritic and gabbrodioritic rocks. The diameters of these intrusions have the tendency to enlarge towards the depth.

Moreover, with increasing depth the composition of the igneous rocks becomes more acid and their texture becomes more coarsely crystalline (e.g. vide the G. Gedeh example in van Bemmelen, 1938, p. 7, section No. 1).

This situation suggests that the feeding channels of the basic-intermediary bedded volcanoes are formed by funnel shaped intrusions on the top of batholiths, the latter having a more acid (granodioritic and granitic) composition.

Thus, in orogenic zones, the strato-volcanoes and their feeding channels could be interpreted as the normal outlets for the escaping gases of plutonic masses in the depth (batholiths, abyssoliths, asthenoliths).

Whereas the extensive plutonic masses in an orogenetic zone are probably, for the greater part, of metasomatic-migmatic origin (see Rittmann, 1939b, p. 145), it is conceivable that the magma chambers or feeding channels of the strato-volcanoes *above* them are not directly derived from the basaltic substratum, which is situated *below* these acid plutonic masses.

Because it is difficult to imagine how the magma of the basaltic substratum could, during the orogenetic uplift of a mountain range, pass the semi-molten, plastic, migmatised lower part of the sialic crust. But if such a rise of the basaltic magma from the substratum towards the surface is impossible during the orogenetic uplift, where then do the contemporaneous pacific magmas of the volcanic zone on the top of this belt come from? Let us try to go somewhat further into this side of the problem.

The primary basaltic magma, according to Rittmann (1939b), belongs to the soda rich, atlantic province. This type of magma can pass through the sialic crust only during the geosyclinal stage of subsidence at the beginning of an orogenetic cycle, or during the rigid, continental stage of the crust after an orogenetic cycle. Moreover, this magma prevails in oceanic regions such as the inner Pacific. During the orogenetic stage of evolution, however, this primary magma seems to be unable to pass the sialic crust.

During the orogenetic stage of evolution in the deeper part of a crustal zone plutonic associations prevail (Kennedy & Anderson, Bull. Volc., V, Series II, Tome III, p. 26, 1938).

These plutonic associations of granitic composition are for the greater part probably of metasomatic-migmatic origin and during their formation they will form a barrier between the basaltic substratum and the surface. The volcanic eruption products of an orogenetic belt are of pronouncedly pacific, calc-alkaline character and they have mostly a basic-intermediary composition. As has been pointed out above, these volcanites are derived from chambers or pockets in the highest crustal levels, which are situated *above* the migmatised lower part of the crust with its acid plutonic associations. What can be the origin of these pacific basic-intermediary volcanites of an active orogenetic belt?

There are three possible explanations:

1) The migmatisation of the lower part of the sialic crust by rising emanations may produce palin-

genetic calc-alkaline magma-types. In cases where lime rich sediments are transfused basic-intermediary types may be formed. The least viscous parts (which will be the more basic varieties) can be injected as "migma", that cannot be distinguished from true magma, into higher crustal levels (diapyrites in the sense of Wigmann) and they can form there the magma chambers of bedded volcanoes.

2) During the geosynclinal stage of subsidence at the beginning of an orogenetic cycle the crust was invaded by basaltic magma, which solidified as sills and laccoliths (ophiolitic rocks). Thereafter, during the stage of orogenetic uplift of the geosynclinal series, rising emanations might have been able to "recook" these ophiolitic rocks and arouse them to new activity. Such palingenetic basic magmas could also be injected in higher crustal levels and produce pacific volcanism at the surface of an orogenetic belt.

3) Parent magma from the (alkaline) basaltic substratum might be able to pass through the migmatised lower part of the sialic crust. On its way upward it will be contaminated by assimilation of sialic material and obtain a calc-alkaline composition. This third possibility seems, however, to be the least probable because it is difficult to imagine how the parent magma from the substratum could pass the molten or semimolten plutonic associations of the migmatised lower part of the sialic crust, where no gaping fissures can be formed. The fact that atlantic soda rich magmas fail completely in orogenetic belts strengthens the supposition that the alkaline parent magma cannot pass this plastic migmatitic barrier in the orogenetic stage of evolution of a crustal belt without getting a hybridic or syntectic composition.

This leads us to the important conclusion that during the orogenetic phase of uplift no true magmas can reach the surface, and that the pacific volcanic activity on the top of orogenetic uplifts is caused by palingenetic, hybridic or syntectic magmas.

These magmas are saturated with emanations and this explains the high explosiveness of the pacific volcanism in orogenic zones.

The hiatus in the si-values between the basic-intermediary and the acid eruption products of the Toba region does not imply that the basic-intermediary volcanites are true magmas, derived by differentiation and assimilation from ascending parent basaltic magma and that the acid types are of migmatic origin: it is also possible that both groups are formed by palingenetic magmas of migmatic origin. The hiatus between both might be the result of differences in the bulk composition of the rocks that where transfused and of the composition of the invading emanations, of their different eruptive ability, or other physico-chemical factors.

The above considerations concern the general problem of the origin of the pacific magmas in an orogenetic belt during the rise of the migmatite front and the simultaneous arching up of a mountain range. In this stage of evolution the energy level of the sialic crust (especially of its lower part) rises by the influx of energy (as a consequence of invading emanations). Thereafter, when the "mise en place" of the plutonic masses and the intracrustal magma pockets has taken place (by chemical metasomatism or by diapyrical injection), the energy level sinks back again and cooling starts. In this *late* stage of the physico-chemical evolution, with falling temperature, the magmatic or migmatic melts begin to crystallise and the volatiles are given off, producing pneumatolytic and hydrothermal alterations in the surrounding rocks. The influence of these late migrant solutions has been studied by many authors, especially by Niggli [7]).

In these late stages of evolution fractionated crystallisation differentiation in the sense of Bowen and Niggli might become an important factor for the generation of various types of igneous rocks.

It is a well known fact that, in the course of time the eruption cycles of the pacific strato-volcanoes show an increasing acidity of the subsequent eruptions (Paloeweh, Tanggamoes, Krakatau, Diëng, etc.). Neumann van Padang will describe the cycle of the Slamat volcano as another example of this rule (one of the forthcoming numbers of this Journal, 1939). The most acid stages of activity, producing dacito-liparitic magmas, often ended with paroxysmal tuff eruptions and the collapse of a caldera, whereas the new cycle started again with more basic magmas. An excellent example of such repeated cycles is presented by the Krakatau group.

In the light of the foregoing considerations three possible explanations for these changes in the composition of the erupted magma must be considered (see also van Bemmelen, 1938, p. 2):

1) Fractionated crystallisation differentiation of a cooling magma chamber.

2) Hybridisation and contamination of the magma by assimilation of foreign (sialic) material.

3) Transfusion of the magmatic rocks in the chamber by incoming emanations from the depth (Holmes, 1937).

If the molten magma in the chamber of a strato-volcano forms a kind of intracrustal pocket, wherein the heat and other energy supply from the depth does not compensate the loss of heat by conduction and radiation at the top, it is quite possible that the resulting cooling and crystallisation of such a magma pocket causes fractionated crystallisation differentiation in the sense of Bowen's theory. In such a case the increasing acidity of the eruption products could be explained by this theory, and the more acid magmas would then be formed on the top of the more basic segregations.

If, however, the magma chamber of a strato-volcano does not form such a more or less "closed" physico-

7) Mac Gregor & Wilson stress the point that, "if then, on a falling temperature gradient, long after the energy-peak had been passed, late solutions of magmatic origin are able to produce widespread metasomatic changes in the neighbouring rocks, it seems reasonable to expect that at an earlier stage, when the magma mass was still advancing, and when conditions of higher temperature and pressure prevailed, the "cortège d'émanations" preceding the magma would have even greater reactive potency and so would cause still more extensive metasomatism" (Geol. Mag. 1939, p. 206). p. 206).

chemical system of a cooling silicate melt in an isolated intracrustal pocket, the second and especially the third possibility would assume an increasing importance. When for instance, these magma chambers of the strato-volcanoes are funnel shaped intrusions on the top of batholithic masses, such as has been supposed above, these chambers would form "open" physico-chemical systems. Such systems have incoming emanations, laden with energy, from the depth and outgoing emanations, also laden with energy, at their top. In such cases the temperature of the magma in the chamber does not need to decrease, if only the influx of energy counterbalances the outflow. The temperature might even be raised, thus causing the formation of palingenetic magmas. Bowen's theory of crystallisation differentiation of cooling silicate melts would be of much less, if any, importance; but on the other hand, transfusion of the rocks in the chamber or funnel would be the main process for the generation of the various magma types. This theory of "flux of emanations" has been put forward by Holmes in his stimulating and interesting memoir on the petrology of the volcanic area of Bufumbira (Geol. Survey of Uganda, III, Part II, 1937), which memoir has been called by A. Brammall (in "Nature", April 15, 1939, Vol. 143 p. 650) "the most outstanding contribution to modern petrology yet published".

The author is of the opinion that this "flux of emanation" theory might prove to be of great importance also for the generation of the various types of pacific magmas in orogenetic zones. According to this theory the increasing acidity of the magmas belonging to a certain volcanic cycle might be the result of increasing silification of the content of the chamber by incoming emanations from the depth. In such a case the composition of the magma in the chamber might show an inverse development, namely the composition of the rocks or melts in the feeding channel will become more acid with increasing depth. This situation is more in harmony with the situation met with in exposed feeding channels, as studied in the field, than the situation which must be expected according to Bowen's theory.

The more basic composition of the eruption products at the beginning of a new cycle might be the results of a new injection of magma from the basaltic substratum. Such an intrusion would, however, have to pass the migmatitised lower crust, which seems to be mechanically rather improbable during the mobile and plastic stage of the migmatite zone. But we might also suppose that in some cases the more basic-intermediary portions of the migmatic undercrust, which are the least viscous, were injected as palingenetic or hybridic magmas into the chamber which has been emptied by the outburst of its acid, gass rich but viscous contents.

A third possibility is, that in the intracrustal magma chamber first a crystallisation differentiation according to Bowen's theory might occur, and that afterwards the more basic segregations (which were segregated in the deeper parts of this chamber) were aroused to new activity, followed by a new cycle of eruptions. This awakening of the deeper, more basic parts of such a "closed" physico-chemical system, might be the result of a new influx of energy by rising emanations from the depth ("recooking"). Thus "closed" and "open" physico-chemical stages might alternate during the long life story of the magma chamber of a strato-volcano with repeated cycles of increasing acidity of the eruption products.

We cannot go further into the problems connected with the question of the origin of the basic-intermediary and acid magmas of the pacific group, because this would lead us too far away from the problem treated in this paper, the origin of Lake Toba. The above speculative considerations, however, were necessary as an introduction to the author's conception of the origin of this lake, which was laid down in the sections across the Batak-tumor (see next chapter).

VII. The volcano-tectonic conception of the origin of Lake Toba.

(Illustrated by three schematic cross-sections).

Though a systematic and detailed geological survey of the Toba region has not yet been made, the observations of WingEaston, Volz, Bücking, Klein, Zwierzycki, van Bemmelen, Ruttner, and others provide us with a fairly good picture of the geology of this interesting region, so that it is possible to sketch the successive events. In the accompanying three schematic sections (fig. 4) the author illustrates his conception of the evolution of this region. These sections are based on the known facts and on the general petrological considerations given in the preceeding chapter.

Section A: In plio-pleistocene time the Barisan Mountain range was arched up. This orogenetic phase was accompanied by andesitic volcanic activity along the crest of this so-called Semangka-riftzone (see fig. 1). In the Semangka valley itself (in Southern Sumatra), this rifting was accompanied by fissure eruptions and explosions, producing acid products of granodioritic or granitic composition.

In sequence to this general arching up of the Barisan geanticline, some tumor-like culminations developed, for instance the Ranau-tumor in southern and the Batak-tumor in northern Sumatra.

This arching up of mountain ranges has been ascribed by the author to the formation of asthenolithic roots. By "asthenolith" is meant the migmatised lower part of the sialic crust, which consists of more or less mobilized (or reomorphic) crustal rocks with pockets of primary, hybridic, and (or) palingenetic magmas. The formation of an asthenolith is ascribed to the differentiation of the magmatic (basaltic) substrate in the grand style and by the upward diffusion of emanations from this substratum into the sialic crust.

The influx of emanations into the lower part of the sialic crust causes a general swelling up, as a consequence of the rise of temperature (heat supply, exothermal reactions) and of the mass supply by these incoming emanations.

Consequently the overlying upper part of the sialic crust is arched up and intruded by diapyric offshoots from the asthenolithic root, which form batholithic

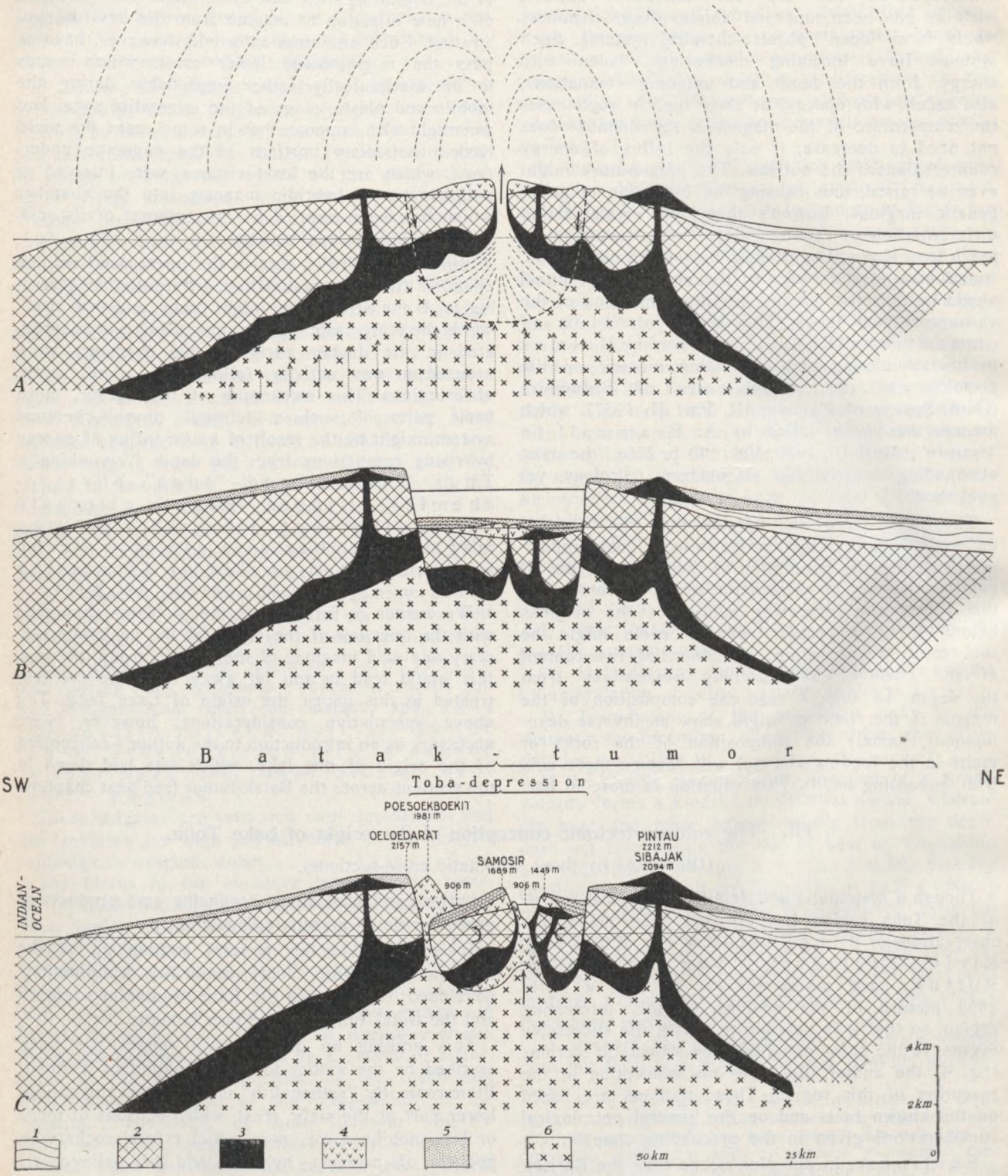


Fig. 4: Three schematic sections across the Batak-tumor, showing consecutive stages of formation of Lake Toba.

(For explanation see text).

Key: 1 Tertiary sediments of the oil-bearing geosyncline to the NE of the Barisan-geanticline.

2) Pretertiary sialic crust (upper-crust)
3) Basic-intermediary magmas and volcanic rocks
4) Acid lavas
5) Acid tuffs (Toba-tuffs)
6) Granitic Toba batholith (migmatic-batholith)

masses of abyssal- and stocks or dikes of hypabyssal character. When, finally, these intrusions reach the surface they cause phenomena of external volcanism.

In his paper on the origin of the pacific magma suites of the volcanic Soenda arc (1938) the author drew attention to the fact that the miocene batholithic intrusions in the Barisan Range and in the Southern Mountains of Java show a basic-intermediary border facies, whilst they become more acid the deeper they are exposed. This might be explained by the supposition that these deeper parts show a more advanced stage of alteration by rising emanations than the higher levels.

The magmatic pockets in higher crustal levels have a more basic or intermediary calc-alkaline composition, building up basaltic-andesitic strato-volcanoes. To this type of volcanism the andesitic pre-Toba eruptions belong.

In some sections of the Barisan geanticline, however, batholithic masses of granodioritic and granitic composition rose up to very near to the surface (to a depth of only a few kilometers). The space for these batholithic masses might be obtained a) by stoping (piece-meal, ring-dyke, or major stoping), b) by diapyric injection, or c) by granitisation of the crustal rocks and of more basic magma pockets by protuberances of the migmatite front.

Finally these batholitic masses of acid magma, laden with volatiles, became connected with the surface by means of tension fissures, which cut through their roofs (formed by the arched up and stretched upper part of the crust).

This sudden decrease of pressure by the formation of tension fissures in the roof, combined with accelerated cooling, caused a retrograde "boiling" of the upper part of the batholithic intrusion, where the volatiles were concentrated. The tempestuous escape of these volatiles was attended by the comminution of the acid magma and its blowing out through the roof fissures in the form of pumiceous ashes.

In this way more than 2000 km³ of acid ashes were blown out from the top of the Toba-batholith.

The age of this paroxysmal outburst has been fixed as younger pleistocene (see chapter IV).

Section B. This paroxysmal outburst emptied the upper part of the Toba-batholith, and deprived the overlying roof of its support. Consequently the eruption was accompanied or followed by the collapse of this roof.

Thus the Toba-trough originated, with a length of 100 km, a maximum width of 31 km and a depth of 800-2000 m. The volume of this depression was of the order of magnitude of 1000-2000 km³ and agrees with the volume of the erupted material. This Toba-Cauldron may, therefore, be considered as a "super caldera" formed according the "blowing out – breaking down" theory of caldera formation, as proposed by the author (1929 a and b).

Section C. After this main Toba-paroxysm volcanic activity continued. Below the Toba-depression the blowing out of the top part of the batholith caused a considerable relief of pressure in the lower parts of the batholith (which were less saturated with volatiles and, therefore, they were not blown out). This relief of pressure, which may be estimated at 200-500 kg cm², caused a tendency to press up these deeper parts of the batholith in order to restore hydrostatic equilibrium in the plastic, though highly viscous, plutonic mass.

Consequently the blocks of the former roof, e.g. Samosir and the Prapat-Porsea peninsula, were heaved and tilted. The extent of this posthumous upheaval of Samosir has been determined as at least 210 m. Between these two blocks a rift was formed, the "Haranggaol-fissure", and along this rift acid domes were squeezed up. At the western side of Samosir, exactly on the southwestern fault rim of the Toba-trough, the acid Poesoekboekit volcano, which still shows solfataric action, was built up.

Outside the Toba-cauldron the andesitic volcanic activity went on, building up for instance the younger cone of the Sibajak-Pintau volcano.

Postcript.

During the printing of this paper the interesting memoir of H. Cloos on the connection between uplift, fissuring and volcanism appeared („Hebung — Spaltung — Vulkanismus", *Geol. Rdsch.*, XXX, No. 4A, pp. 405 — 527, 1939).

In this memoir Cloos advocates ideas on the relation between uplift and volcanism similar to those put forward in this paper on the genetical relation between the doming up of the Batak-tumor and the formation of the Toba-cauldron.

The chief difference between the examples treated by Cloos in his memoir (East African and Arabian rifts, Rhine-graben and volcanism) and the Toba example lies in the fact that the former belong to continental regions with a thick crust and continental volcanism, producing mediterranean and atlantic alkaline magma-types whereas the latter (Toba) forms part of an orogenetic zone, where the crust is relatively thin (the lower part has probably been mobilized by migmatitisation) and where the pacific type of calc-alkaline volcanism prevails.

Cloos denies the necessity of accepting autonomous lateral shift of the crustal blocks in such continental regions. The stretching of the arched shield is probably sufficient to explain the formation of the "Graben" on its top.

In orogenetic zones, however, the thickness of the rigid crust has been considerably diminished by the cover of geosynclinal sediments on its top and the migmatitisation and intrusion of magmatic material from below.

Moreover, the inclinations between the arched-up ranges and the adjacent deeps are much steeper and more abrupt. Such situations favour the autonomous movements by gravity of parts of the crust, thus joining the general secondary tectogenetic processes in orogenetic zones.

VIII. Literature references:

Bemmelen, R. W. van, — **(1929a)**. The origin of Lake Toba (North Sumatra). *4th. Pac. Sci. Congr.* Bandoeng 1929, Proc. 2A, pp. 115-124.

————, — **(1929b)**. Het caldera probleem (with Engl. summary). *De Mijningenieur*, **10**, No. 4, Bandoeng 1929, pp. 101-112.

————, — **(1931)** Positieve en negatieve vulkaanvormen (with Engl. summary). *Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Genootschap* (2), **48**, Leiden 1931, pp. 1-9.

————, — **(1932a)**. De Undatietheorie (with Engl. summary). *Natuurk. Tijdschr. Ned.-Indië*, **92**, Batavia, den Haag 1932, pp. 85-242.

————, — **(1932b)**. Geologische waarnemingen in de Gajolanden (N. Sumatra). *Jaarb. Mijnwezen* **59** (1930), Verh. III, Batavia 1932, pp. 71-94.

————, — **(1933)**. Toelichting bij de geologische kaart van Sumatra, schaal 1 : 200 000, blad 6 (Kroeï). Dienst v. d. Mijnbouw in Ned.-Indië. Bandoeng 1933.

————, — **(1934)**. De tektonische structuur van Zuid-Sumatra. *Natuurk. Tijdschr. Ned.-Indië*, **94**, Batavia -den Haag 1934, pp. 7-14.

————, — **(1935)**. Vulkanotektonische depressies op Sumatra (with English summary). *Handel. 25e Ned. Natuur & Geneesk. Congr.*, Leiden, April 1935.

————, — **(1938)**. On the origin of the pacific magma types in the Soenda Mountain System. *De Ing. Ned.-Indië* **5**, section IV, Bandoeng 1938, pp. 1-14.

Bücking, H. — **(1912)**. Zur Geologie von Nord- und Ost-Sumatra. *Samml. Geol. Reichs-Museum Leiden*, 1e serie, 8, Leiden 1912, pp. 1-101 (M. S. finished in May 1904).

Collings, H. D. — **(1938)**. Pleistocene site in the Malay Peninsula. *Nature*, **142**, London 1938, pp. 575-576.

Easton, N. Wing — **(1894)**. Een geologische verkenning in de Tobalanden. *Jaarb. Mijnw. Ned.-Indië*, **23**, Amsterdam 1894, pp. 99-163.

Easton, N. Wing — **(1896)**. Der Toba See, ein Beitrag zur Geologie von Nord-Sumatra. *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, **48**, Berlin 1896, pp. 435-467.

Ingham, F. T. — **(1938)**. Report of the Geological Survey Department for the year 1938. Federated Malay States, Kuala Lumpur 1939, pp. 7-8.

Klein, W. C. — **(1917)**. De Oostoever van het Tobameer in Noord Sumatra. *Jaarb. Mijnw. in Ned.-Indië*, **46**, Batavia 1918, Verh. I, pp. 136-187.

Mac Gregor, M. & Wilson, G. **(1939)**: On granitisation and associated processes. *Geol. Mag.* **76**, No. 900, pp. 193-215, June 1939.

Milch, L. — **(1899)**: Ueber Gesteine von der Batak-Hochfläche (Central-Sumatra). *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, **51**, Berlin 1899, pp. 62-74.

Niggli, P. — **(1923)**: Gesteins- und Mineralprovinzen, Bd. I, Niggli-Beger, Berlin 1923.

Retgers, J. W. — **(1895)**: Liparieten van Toba. *Jaarb. Mijnw. Ned.-Indië*, **24**, Amsterdam 1895, pp. 99-107.

Rittmann, A. — **(1939a)**: Mechanismus und Systematik der vulkanischen Tätigkeit. *Geologie & Mijnbouw*, **1**, No. 5, den Haag, May 1939, pp. 122-127.

————, — **(1939b)**: Die Entstehung des Sials und die Herkunft der vulk. Energie. *Geologie & Mijnbouw* **1**, No. 6, den Haag, June 1939, pp. 137-146.

Ruttner, F. — **(1931)**: Hydrographische und hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und Bali. *Arch. f. Hydrobiol.* 1931. Suppl. Bd. VIII. „Tropische Binnengewässer", pp. 365 — 390, Stuttgart 1931.

————, — **(1932)**: Seenstudien in Niederländisch-Indien. Mitteil. Geogr. Ges. in Wien, **75**, 1932, pp. 114-146.

————, — **(1935)**: Kieselgur und andere lakustrische Sedimente im Tobagebiet. *Arch. f. Hydrobiol.* 1935, Suppl. Bd. XIII, „Tropische Binnengewässer", Bd. V, pp. 399-461.

Scrivenor, J. B. — **(1930)**: A recent rhyolithe-ash with sponge-spicules and diatoms in Malaya. *Geol. Mag.*, **47**, 795, 1930, pp. 385-393.

Stegmann, H. — **(1909)**: Die jungen Ergussgesteine der Batakländer (Sumatra). *Neues Jahrb. f. Min. etc.*, **27**, Beilage Bd., Stuttgart 1909, pp. 401-459.

Stehn, Ch. E. — **(1939)**: De nieuwe dieptekaart van het Toba Meer van Drost & Bekkering (The new bathymetrical map of Lake Toba by Drost & Bekkering). *This Journal* **6**, No. 9, 1939.

Volz, W. — **(1899)**: Beitrage zur geologischen Kentniss von Nord-Sumatra. *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, **51**, Berlin 1899, pp. 1-61.

————, — **(1907a)**: Die Batakländer in Zentral-Sumatra. *Z. Ges. f. Erdkunde in Berlin*, 1907, spec. pp. 662-679.

————, — **(1907b)**: Vorläufiger Bericht über eine Forschungsreise zur Untersuchung des Gebirgbaues und der Vulkane von Sumatra in den Jahren 1904-1906. *Sitz.-Ber. d. k. preusz. Akad. d. Wiss.* Berlin, Phys.-math. Kl. 1907, pp. 127-140.

————, — **(1909)**: Nord Sumatra (Bd. I: Die Batakländer) 1909.

Willbourn, E. S. — **(1937)**: Report of the Geological Survey Department for the year 1937. Federated Malay States, Kuala Lumpur 1938, pp. 8-10.

————, — **(1938)**: The Creation of Malaya (reprint 8 pages).

Willems, H. W. V. — **(1939)**: Over de magmatische provinciën in Nederlandsch Oost-Indië. *Geologie & Mijnbouw*, **1**, No. 3, den Haag, March 1939, pp. 47-55.

Zwierzycki, J. — **(1919)**: Geologische overzichtskaart van den Nederlandsch Oost-Indischen Archipel, 1 : 1 000 000. Toelichting bij blad I (Noord Sumatra). *Jaarb. Mijnwezen Nederl.-Indië*, 48, Batavia 1922, Verh. I, pp. 1-71.

Note on the stratigraphical relations between some Pliocene deposits in Java

by

Dr. C. H. OOSTINGH,

Paleontologist of the Geological Survey of the Netherlands Indies, Bandoeng.

In his recently published "Remarks on the "letter classification" of the East Indian Tertiary" [1]) Tan Sin Hok accidentally mentions some Pliocene deposits in Java, which have yielded well-known molluscan faunas, viz. those of Sondé, Kali Glagah and Kali Bioek, considering them all to be of Upper Pliocene age. This conception is mainly based on Ter Haar's discussion of the stratigraphy in the Explanation of the Boemiajoe-sheet of the Geological Map of Java [2]). From paleontological data now available, however, we must come to a different conclusion. Therefore I take this opportunity to try to prevent this view, which is apparently not correct, spreading in literature. I am the more inclined to do so, as from a just published paper by Von Koenigswald [3]) one might get the impression

1) See this periodical, 1939, pp. IV 98-101 (compare p. 99).

2) Toelichting bij blad 58 (Boemiajoe), Geol. kaart v. Java 1 : 100 000, 1935, p. 39.

3) Das Pleistocän Javas (Quartär, Ann. f. research on Quarternary, 1939, II, pp. 28-53), p. 31.

that he also shares T e r H a a r's opinion. As a matter of fact, however, V o n K o e n i g s w a l d did not mean to declare the Kali Bioek beds to be of Upper Pliocene age.

In the Boemiajoe district the Tapak beds are covered by the Kali Bioek beds, which in their turn are covered by the Kali Glagah beds. This sequence, on account of the vertebrates contained in it, which have been studied by V o n K o e n i g s w a l d, embraces almost the whole of the Post-Pontian Neogene, that is to say the Lower Pliocene [4]) and the Upper Pliocene. The Tapak beds correspond with a vertebrate fauna (V o n K o e n i g s w a l d's "Tjidjoelang fauna"), which is different from that contained in the Kali Glagah beds (the "Kali Glagah fauna"). Thus, obviously, the Tapak beds represent the Lower Pliocene (or, more accurately speaking, the Lower Post-Pontian), the Kali Glagah beds representing the Upper Pliocene. Only the position of the Kali Bioek beds, which do not contain any vertebrates, remained questionable until recently. They were placed by me in the Lower Pliocene [5]). T e r H a a r, on the other hand, considered them to be probably of Upper Pliocene age [6]).

Fortunately the Cheribon region offered more favourable conditions for the solution of the problem than Boemiajoe. On account of the molluscan faunas I was able to identify the fossiliferous deposits on the Tjidjoerej in Cheribon as the stratigraphical equivalent of the Kali Bioek beds, classing them with other deposits in a regional stage. This, the "Cheribonian" (type-locality Tjidjoerej), is well characterized by its molluscan fauna. Apart from the molluscs, the deposits on the Tjidjoerej yielded some vertebrate remains. These were presumed by V o n K o e n i g s w a l d [7]) to belong to the Tjidjoelang fauna. As my colleague informs me, the presence of the Tjidjoelang fauna on the Tjidjoerej has now been proved beyond question. From this we can conclude that the Cheribonian certainly represents the lower part of the Pliocene. Consequently the Kali Bioek beds belong to the lower stage of the Pliocene in the Boemiajoe district, approximately the Lower Pliocene (or more exactly to the Lower Post-Pontian), and the limit between the Lower and the Upper Pliocene is approximately at the base of the Kali Glagah beds. The limit between the Kali Bioek beds and the Tapak beds, on the other hand, proves to be of little importance.

The well-known fossil locality of Sondé, according to its position in the section, belongs to the Upper Pliocene. Some molluscan species occurring at Sondé point to the same stage.

The results of the foregoing discussion are summarised in the following table.

	Cheribon region	Boemiajoe district		Kendeng region
± Upper Pliocene (= Upper Post-Pontian)		Kali Glagah beds,	non marine	Sondé beds, marine
± Lower Pliocene (= Lower Post-Pontian) = „Cheribonian"	Tjidjoerej beds, marine	Kali Bioek beds	marine	
		Tapak beds		

INGEZONDEN MEDEDEELINGEN.

De mijnwagen-reinigingsmachine

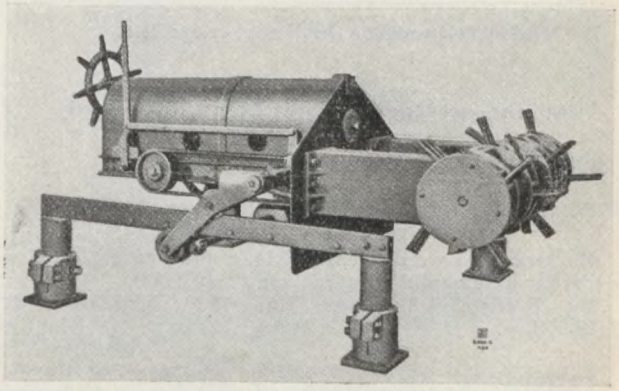
door

H. P i c a r d, Heerlen (Nederl.).

In de mijnwagens der steenkolen-, bruinkolen-, kali- en ertsmijnen zetten zich tijdens het gebruik aanzienlijke resten vast, waardoor de nuttige inhoud verminderd en de doode last (eigengewicht) verhoogd wordt.

Ter verwijdering dezer resten is het aan te bevelen, van een reinigingsmachine gebruik te maken. Een vereischte is, dat de machine stevig gebouwd, eenvoudig te bedienen en handig in het gebruik is.

De reinigingsmachine der Gewerkschaft Eisenhütte Westfalia te Lünen (Duitschland) bezit al deze kenmerken. Zooals uit de bijgaande afbeelding blijkt, bestaat zij in hoofdzaak uit het frame, het drijfwerk en de borstels. De machine is om een horizontale as draaibaar en in dwarsrichting verschuifbaar. Het in- en uitrijden der machine in de te reinigen wagens gebeurt mechanisch, enkel door bediening van den hefboom, terwijl de dwarsverschuiving op de as met behulp van het handwiel plaats heeft. Men kan dus met de roteerende borstels iedere plaats binnen den mijnwagen bereiken en den wagen vlug en degelijk reinigen. De machine wordt door een electromotor of persluchtmotor van ca. 4 pk vermogen aangedreven, die volkomen met het drijfwerk onder een geheel



4) For those who consider the Pontian as Pliocene, "Lower Pliocene" should be replaced by „Middle Pliocene".

5) C. H. O o s t i n g h, Die Mollusken des Pliozäns von Boemiajoe (Java) (Wet. Meded. Dienst v. d. Mijnbouw Ned.-Indië, 26, 1935), p. 225.

6) L. c., p. 40.

7) Die fossilen Säugetierfaunen Javas (K. Akad. v. Wet. Amsterdam, Proc., XXXVIII, 2, pp. 188-198, 1935), p. 195.

gesloten beschermingskap ligt. Als borstels kunnen gebruikte staaldraadkabels benut worden. Wanneer zeer harde bestanddeelen moeten worden losgemaakt, kan men tusschen de borstels nog slaghamers aanbrengen. Op deze manier werd bijv. op een zwavelkiesmijn een wagenpark gereinigd, waar wagens voorkwamen, die wel tot 500 kg restbestanddeelen tot 10 cm dikte bevatten. De borstels en slaghamers zijn dusdanig bevestigd, dat een beschadiging der wagens vermeden wordt. De borstelarmen en -koppen worden zoo uitgevoerd, dat zij aangepast zijn aan den vorm der wagens.

Het is doelmatig om gelijktijdig met het reinigen der wagens de wielstellen te smeren door middel van een persluchtsmeertoestel.

Bij het projecteeren van nieuwe losvloeren is het aan te bevelen, deze reinigingsmachine direct mee in het project op te nemen. De reinigingsmachine kan boven- en ondergronds geplaatst worden. Daar de aanschaffingskosten niet hoog zijn, spreekt het vanzelf, dat de machine zeer rendabel is en vlug kan worden afgeschreven.

De machine wordt vervaardigd door de Gewerkschaft Eisenhütte Westfalia te Lünen (Duitschland), welke door haar uitvindingen in Nederland zeer goed bekend staat. Tot nu toe werden meer dan 300 van deze reinigingsmachines in bedrijf gesteld.

ECONOMISCHE MEDEDEELINGEN.

Productie-cijfers van Aardolie in kgtonnen.

	1939		1938	
	Juli	t/m Juli	Juli	t/m Juli
ava en Madoera.....	72 356,9	481 185,8	78 534,8	587 924,9
Noord-Sumatra.....	84 206,9	568 837,7	65 288,5	518 835,6
Palembang ..	269 726,8	1 787 859,3	234 697,–	1 569 334,8
Djambi	101 453,3	696 597,2	77 764,6	553 094,–
Oost-Borneo..	87 280,8	576 823,5	82 107,4	576 424,6
Tarakan.....	60 834,9	442 505,1	60 441,3	422 793,9
Ceram	9 468,9	64 150,–	7 253,–	48 466,6
Nederlandsch-Indië	685 328,5	4 617 658,6	606 086,6	4 276 874,4

Productie-cijfers van Steenkolen in kgtonnen.

	1939		1938	
	Juli	t/m Juli	Juli	t/m Juli
Gouvernementsbedrijven ...	104 916	656 634	88 163	566 571
Steenkolen Mij. „Parapattan"	25 000	169 210	21 400	166 300
Oost-Borneo Maatschappij	11 461	82 160	11 205	70 857
Loa-Boekit kolenmijnen.	5 149	29 636	3 110	16 753
Loa-Teboe kolenmijnen.	2 044	11 767	1 821	5 672
Toeajan.....	1 033	4 890[1])	490	2 344

[1]) Werkelijke productie Juni 1939 1 071 kgt.

Mijnbouw Maatschappij Moeara Sipongi.

Gedurende de maand Juli 1939 werden:

2 850 tons erts vermalen van { 4,9 g goud per ton. gemiddeld { 4,— g zilver „ „

Geëxtraheerd werden ca. 11 714 g goud en ca. 6 138 g zilver ter gezamenlijke waarde van ± *f* 23 000,—.

De bedrijfskosten over Juli 1939 bedroegen ± *f* 27 000,—.

Mijnbouw Maatschappij Redjang Lebong.

Gedurende de maand Juli 1939 werden:

7 600 metr. tons erts vermalen van { 4,35 g goud per ton. gemiddeld { 25,7 g zilver „ „

2 390 metr. „ sands,
5 220 metr. „ slimes.

Geëxtraheerd werden ca. 26 482 g goud en ca. 157 828 g zilver ter gezamenlijke waarde van ± *f* 55 700,—.

De bedrijfskosten over Juli 1939 bedroegen ± *f* 51 500,—.

Mijnbouw Maatschappij Simau.

Gedurende de maand Juli 1939 werden:

7 613 tons erts vermalen van { 9,5 dwts goud per ton. gemiddeld { 104,— dwts zilver „ „

2 875 „ sands,
4 381 „ slimes en
278 „ concentraten behandeld.

Geëxtraheerd werden ca. 3 551 ozs. goud en ca. 37 855 ozs. zilver ter gezamenlijke waarde van ± *f* 248 000,—.

De bedrijfskosten over Juli 1939 bedroegen ± *f* 113 000,—, terwijl voor montage werd uitgegeven ± *f* 2 000,— en voor prospecteeren der nieuwe vergunningsterreinen ± *f* 2 000,—.

N.V. Exploratie Maatschappij Nederlandsch Indië.

Verschenen is het „Verslag over het negende boekjaar loopende van 1 Januari t/m 31 December 1938."

PERSONALIA.

Ir. G. J. Geursen, hoofding. b. d. Bankatinwinning, is wegens zevenjarigen dienst negen maanden verlof naar Europa verleend, ingaande 6 Juli 1940.

Ir. J. de Koning, particulier, is tijdelijk belast met de waarneming der betrekking van ingenieur 2de kl. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw en gesteld ter beschikking v. h. Hoofd der Bankatinwinning.

Mr. C. A. Thomas, administrateur, is wegens zevenjarigen dienst negen maanden verlof naar Europa verleend, ingaande 1 Mei 1940.

Ir. J. G. H. Ubaghs, ing. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw, is wegens zesjarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend, ingaande 16 October 1939.

Dr. Ir. C. P. A. Zeijlmans van Emmichoven, ing. b. d. Dienst v. d. Mijnbouw, is wegens zesjarigen dienst acht maanden verlof verleend naar Europa, ingaande 2 Juli 1940.

6e JAARGANG
NUMMER 9

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

SEPTEMBER
1939

VI. TECHNISCHE HYGIËNE EN ASSAINEERING.

INHOUD: Het waarborgen van den aanvoer van water in voldoende hoeveelheid en onder bekwamen druk in plaatsen met zeer slechten bouwgrond, door ir. S. Snuijf.

Het waarborgen van den aanvoer van water in voldoende hoeveelheid en onder bekwamen druk in plaatsen met zeer slechten bouwgrond

door

ir. S. SNUIJF,

Civiel-Ingenieur, Architect.

Inleiding.

Bij de voorbereiding van de plannen voor de drinkwatervoorziening van Bandjermasin en Pontianak werd men voor de beantwoording gesteld van de vraag, of ook in deze plaatsen voor de verzekering eener goede waterlevering — aanvoer met voldoende snelheid en met behoud van een geëigenden overdruk — gebruik kon worden gemaakt van de normale oplossing, dat is het oprichten van watertorens of algemeener uitgedrukt van hoog geplaatste reservoirs.

De eigenschappen van den bodem in en om deze steden zijn namelijk bijzonder ongunstig voor de oprichting van objecten, die aan een klein grondvlak een groot gewicht paren. De grond is slap tot op zeer groote diepte, hetgeen tevens inhoudt, dat plaatselijke verheffingen niet voorkomen, m.a.w. dat voor hoogreservoirs gerekend moet worden op een onderbouw, waardoor het eigengewicht der constructie de te dragen maximale nuttige belasting verre overtreft.

Hoezeer de omstandigheden i.c. belemmerend en beperkend werken moge uit het volgende blijken.

De slappe lagen reiken zoo diep, dat er geen sprake van kan zijn den vasten ondergrond met behulp van palen, caissons en dergelijke middelen te bereiken. Het gaat om diepten van honderd en meer meters. Daardoor wordt — afgezien van zeer uitzonderlijke oplossingen, waarop ook zal worden teruggekomen — de keuze beperkt tot kleefpalen en zeer ruim bemeten grondplaten.

Op grond van door hem zelf en van door anderen te Bandjermasin genomen proeven komt prof. ir. J. J. I. Sprenger tot de conclusie, dat tengevolge van de bovenbelasting de kleefbelasting van een paalconstructie de grens van $\frac{1}{3}$ ton/m² niet mag overschrijden en dat bij toepassing van plaatfundaties de belasting van den bodem zich mag bewegen tusschen de grenzen van 4 ton/m² voor vierkante platen van 5 × 5 m en van 1,65 ton bij plaatafmetingen van 20 × 20 m, evenwel met die restrictie, dat men bij platen van 5 × 5 m moet bedacht zijn op een zakking in den loop der tijden van de orde van 0,35 m en voor grootere platen van 0,50 m.

Slechte bouwgrond en zijn invloed op inhoud en hoogte van hoogreservoirs.

Indien men voor de hier bedoelde plaatsen genoegen zou kunnen nemen met reservoirs van een nuttigen inhoud van 300 m³, dan zou op grond van empirische cijfers gerekend moeten worden met een eigengewicht van den geheelen bovenbouw van ten minste 300 × 1,5 ton indien bak en draagstelling in ijzer worden uitgevoerd en dit samenstel door tusschenkomst van een constructie van gewapend beton draagt op ondergrond of paalcomplex. In het laatste geval zal dat gewicht iets afwijken van dat bij fundeering op staal, doch dit verschil is zoo weinig, dat het niet van beteekenis is voor de orde der afmetingen, die hier worden nagegaan. Wordt ook de tank en het overige in gewapend beton tot stand gebracht, dan stijgt het eigen gewicht van den bovenbouw tot rond 300 × 2,25 ton à 300 × 2,75 ton, mede bij fundeering op staal.

Indien vorenstaande gewichten zouden kunnen worden aangehouden, zou bij een nuttige paallengte van 20 m en een toe te laten kleefbelasting van $\frac{1}{3}$ t/m² de omhullende cylinder van den geheelen palenbundel een diameter vereischen van niet minder dan 40 m bij een opbouw van ijzer en zelfs van 52 m bij volledigen gewapend beton-bouw, afmetingen, die zich zouden laten reduceeren tot 24 respectievelijk 30 m bij toepassing van palen met 25 m nuttige kleeflengte en bij berusten in een kleefbelasting van 0,4 t/m². In het laatste geval zou dan de zekerheidsfactor met ± 15% verminderen, terwijl Sprenger ten aanzien van zijn eigen aanname op grond van de waarnemingen verklaart, dat die zekerheidsfactor „zeker niet te hoog was".

De uitkomsten voor fundeering op staal zijn weinig afwijkend, want als men berust in een belasting van 2 t/m², — dat is dus ruim 20% hooger dan

Sprenger aangeeft — dan vindt men middellijnen van 22 en 25 m. Hierbij past de opmerking, dat het alsdan onwaarschijnlijk is, dat volstaan kan worden met het aangenomen eigen gewicht. Immers vereischt een dergelijke diameter een zoodanige sterkte van de plaat, dat het betonvolume in sterkere mate zal toenemen dan in rechte evenredigheid met het grondvlak. Deze opmerking ten aanzien van het gewicht van den onderbouw, die de belasting moet overbrengen op het fundeeringsvlak, geldt a fortiori voor een fundeering op palen, waarbij zooals boven bleek, het fundeeringsvlak nog zooveel grooter wordt, en zelfs in die mate, dat al spoedig de grens bereikt is van een practisch uitvoerbare paalfundeering.

Terloops zij hierbij aangeteekend, dat bij de onderhavige beschouwingen de invloed van den wind verwaarloosd mag worden. Bij een windkracht van zelfs 100 kg/m², een reservoirhoogte van 4 en een middellijn van 10 m met het aangrijpingspunt rond 20 m boven maaiveld en een open onderbouw is de uiterste extra-belasting (+ en —) van de orde van 75 kg per m² bij een plaat van 22 m en van 50 kg bij een plaat van 25 m middellijn.

Dit neemt niet weg, dat de even omschreven afmetingen niet aanvaardbaar zijn, te minder omdat men toch bedacht moet blijven op belangrijke zakkingen in den loop der tijden, en met stelligheid kan worden verklaard, dat de voor den onderbouw aangenomen eenheidsgewichten belangrijk te laag zullen blijken, zijnde deze ontleend aan constructies met normale en aanvaardbare afmetingen van het grondvlak.

Hoe dan ook, de omstandigheden nopen om te berusten in de hoogere onderhoudskosten van een ijzeren bovenbouw en reservoir — in vergelijking tot gewapend beton —, omdat men dan het tweeledige voordeel krijgt van besparing op het eigengewicht en van de mogelijkheid tot nastellen en/of opvijzelen, indien dit wenschelijk mocht blijken. Nochtans blijken de afmetingen voor een bak van 300 m³ nog van zoodanigen aard, dat men er de voorkeur aan moet geven te berusten in een kleiner volume water op het gewenschte niveau, dan wel besluiten tot het verdeelen van het vereischte kwantum over meerdere torens. Een overeenkomstig het voorafgaande opgezette berekening leert, dat bij een bakinhoud van 200 m³ volstaan kan worden met een grondplaat van 15 m middellijn, waarbij de door Sprenger aangegeven maximum belasting toch nog eenigermate wordt overschreden en waarbij de plaat als stijve doos zal moeten worden uitgevoerd om zonder bovenmatig materiaalverbruik toch een voldoende sterkte te bereiken.

Beperking van de bodembelasting met behulp van holle, in het grondwater ondergedompelde lichamen.

Tot de hiervoor bedoelde „uitzonderlijke" oplossingen, dit in overeenkomstige omstandigheden, als waarvan hierbij sprake is, wellicht eenige bouwtechnische voordeelen kunnen bieden, moet worden gerekend het gebruik maken van het opdrijvend vermogen van het grondwater, waarbij dus de opstand komt te dragen op een drijver. Dat moet bij de voor Bandjermasin en Pontianak geldende verhoudingen zijn een geheel gesloten lichaam, dat wordt geprojecteerd beneden den laagst bekenden grondwaterstand. Alsdan heeft men te maken met een van dien waterstand onafhankelijke en dus constante, opwaartsche, dus den bodem ontlastende kracht [1]). Op het „constante" komt het in het bijzonder aan. Zou men toch den drijver construeeren als een kelder, waarvan de wanden tot boven het hoogste grondwater reiken, dan zou een marge van slechts 0,5 m tusschen de uiterste niveau's reeds een verschil in grondbelasting veroorzaken van 0,5 t/m² en dat is te veel in verhouding tot den maximaal toelaatbaren gronddruk, die voor objecten van den omvang als hier in beschouwing genomen met toenemende grondoppervlakte afneemt van 3,3 tot 1,65 t/m². De niveauverschillen bedragen intusschen op de genoemde plaatsen belangrijk meer.

Ook is er rekening mede te houden, dat de veiligheid gebiedt, dat bij leeggevallen reservoir er steeds een positieve bodembelasting, een initiaal-belasting valt te constateeren en daarvoor 0,5 t/m² = 0,05 kg/cm² aan te nemen is geenszins overdreven, nochtans een aanmerkelijk percentage van de hoogst toelaatbare belasting op den ondergrond.

Al heeft men geen bedenking tegen het betrekkelijk ver uiteenliggen der grondbelastingsgrenzen bij gevuld en leeg reservoir, dan legt de windbelasting een aanzienlijke beperking op bij het partij trekken van den hoogeren toelaatbaren bodemdruk bij kleinere grondvlakken. De invloed van den wind is bij de hier bedoelde fundeeringswijze grooter dan bij een nagenoeg op het maaiveld gelegen grondplaat, omdat het kantelend moment bij gelijke hoogteligging van het reservoir toeneemt wegens den grooteren afstand van het aangrijpingspunt van den wind tot onderkant fundeering. Die invloed zij toegelicht door het navolgend voorbeeld. Bij een gelijk windbelastinggeval als reeds hiervoor genoemd en bij de bescheiden aanname van onderkant drijver slechts 2,5 m beneden maaiveld, is de randbelasting tengevolge van den winddruk bij een vierkant grondvlak van 10 × 10 m reeds 760 kg/m² en bij een cirkelvormig grondvlak van 10 m diameter zelfs 920 kg/m². Bij dimensies van 15 m vindt men respectievelijk 230 en 280 kg/m², belastingen die afnemen tot 95 en 115 kg bij zijden, respectievelijk een middellijn van 20 m. Bij vierkant grondvlak is hier gerekend met het meer ongunstige geval, dat de wind diagonaalsgewijs gericht is. Deze waarden gelden voor het maatgevende geval van volbelaste tanks, waarbij de resultante van eigen gewicht, waterlast, opdrijvende kracht en wind binnen de kern van het grondvlak blijft (bij leege tank valt n.l. bij zijden resp. een middellijn van 10 m deze resultante buiten de kern).

Laat men bij deze afmetingen belastingen toe van maximum 3,5, 2,5 en 1,75 t/m² (dat is iets hooger dan Sprenger aangeeft, maar met het oog op

---

1) Het beginsel der geheel ondergedompelde holle lichamen, die een constante opwaartsche kracht leveren, werd het eerst voorgesteld in een in 1927 door prof. ir. P. P. Bijlaard opgemaakt voorontwerp voor een brug over de Moesi bij Palembang; zie *De Ingenieur*, No. 42 (1931).

het betrekkelijk weinig voorkomen van heftige winden en het meer plaatselijk optreden van de hoogere gronddrukken zeker geoorloofd), dan kan de nuttige tankinhoud reeds bedragen 225, 400 en 460 m^3 bij vierkanten en 160, 300 en 360 m^3 bij ronden plattegrond van den torenvoet.

Uit een en ander blijkt dus wel, dat het systeem van fundeeren op een drijvend lichaam grootere reservoirinhouden veroorlooft, dan paal- of plaatfundaties, waarbij sommige constructeurs wellicht nog verder willen gaan op grond van de overweging, dat op diepere grondlagen een hoogere belasting zou mogen worden toegelaten, daar deze reeds voorbelast zijn geweest door de te ontgraven lagen, terwijl de reactie van den grond tegen de zijwanden van den drijver het windmoment ten deele opheft.

Ongetwijfeld zou een toelaatbare verhooging van den druk op den bodem van groote beteekenis zijn wegens de groote afmetingen, die de bodemplaten al spoedig verkrijgen. Een extra 250 kg/m^2 zou reeds een inhoudsvermeerdering der reservoirs veroorloven van 25, 55 en 100 m^3 bij vierkanten en van 20, 45 en 80 m^3 bij ronden grondslag. Doch evenzeer zou een dergelijke winst benut kunnen worden voor het aanbrengen van een plaatbelasting binnen de caissons om aldus het zwaartepunt van de geheele constructie zooveel mogelijk naar beneden te brengen. Een dergelijke voorziening zal niet alleen geruststellend werken op hen, die in deze bouwwijze te zeer het kapseizende schip aanvoelen, doch metterdaad het voordeel bieden, dat de nadeelige invloed van de excentriciteit van den bovenlast bij scheefzakken zooveel mogelijk wordt beperkt.

Deze laatste opmerking geldt uiteraard voor alle plaatconstructies. Zij vestigt tevens de aandacht op de mogelijkheid van correctie door het aanbrengen van een eenzijdige belasting op de platen, een maatregel, die bij doosconstructies inwendig kan worden getroffen, aan het gezicht onttrokken blijft en dus noch het aanzien van het bouwwerk behoeft te schaden, noch een gevoel van angst op te wekken bij het leekenpubliek.

Intusschen is zulk een drijver-constructie niet onbelangrijk duurder dan andere oplossingen. Zij vereischt een hoogeren opbouw, uitvoering van de doos in waterdicht materiaal en wat het zwaarste weegt, aanzienlijke ontgravingen en kosten van drooghouden, voorzieningen tegen het gevaar van het zich begeven van de taluds van den bouwput.

De omvang van de ontgraving wordt beheerscht eenerzijds door de diepte van den laagsten grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld, anderzijds door de hoogte van den drijver. A priori kan worden gezegd, dat bij lengte- en breedtematen van 20 m de vereischte stijfheid een constructiehoogte van 2,5 m vordert en een eenvoudige berekening toont aan, dat men tot dezelfde maat komt bij drijvers van 10 m om voldoende water te kunnen verdringen voor het opwekken van de opwaartsche kracht, die evenwicht kan maken met het eigengewicht van het geheel na aftrek van de toe te laten initiaalbelasting op den grond. Hieruit volgt voor de toestanden op de plaatsen hier bedoeld een maatgevende diepte van rond 4 m doch alléén, indien men er in berust, dat het kunstwerk blijft staan in een vijver, m.a.w. dat de fundeeringsdoos niet wordt afgedekt met grond. Dit zou een aanzienlijke extra belasting beteekenen, die in de eerste plaats vergrooting vraagt van de caissonhoogte.

Alhoewel ten overvloede zij er op gewezen, dat hier dus uitsluitend in beschouwing zijn genomen gevallen voor de bodemgesteldheid, de waterstanden en de eischen der drinkwatervoorziening voor de beide hoofdplaatsen op Borneo en dat dus de daaruit te trekken conclusies alleen daarvoor van kracht zijn. Deze luiden, dat als men voor die steden om bepaalde redenen de voorkeur wenscht te geven aan stadsvoorziening door tusschenkomst van watertorens op de gebruikelijke wijze, men zich dan het best beperkt tot eenheden van ten hoogste 200 m^3 nuttig bergend vermogen, met een bodemhoogte der reservoirs van ten hoogste 18 m boven maaiveld en fundeering op een in doosvorm uitgevoerde gewapendbetonplaat, waaronder een laag van zand of andere goede ophoogingsspecie ter dikte van 1 à 1,5 m.

Verband tusschen reservoirinhoud en -hoogte en de werken tot aanvoer van het water naar de stad.

Is men, zooals in dit geval niet vrij in de dimensioneering van reservoir-inhoud en -hoogte en gaat de belemmering zoover, dat men moet blijven beneden de grenzen, die een regelmatig waterafgeven waarborgen bij een wijze van aanvoer, die het meest gewenscht en dus in den regel het meest economisch zou zijn, bij overigens geheel overeenkomstige eischen der distributie, dan blijft er uiteraard niets anders over dan ook in de methode van aanvoer wijziging te brengen.

Vooraf kan niet worden verklaard of dat extra geldelijke lasten met zich zal brengen of dat het zich alleen zal weerspiegelen in de mate van het bedrijfsrisico, bijvoorbeeld door de noodzakelijkheid van het inschakelen van pompwerktuigen, die bij normalen reservoirbouw achterwege hadden kunnen blijven. Daarvoor is het aantal mogelijkheden te groot. Maar wel komt het gepast voor er op te wijzen, dat deze algemeene beschouwingen gelden onafhankelijk van den aard van het water. Immers is men al spoedig geneigd aan pompbedrijf te denken bij waterzuiveringsbedrijven en aan toevoer door natuurlijk verval bij gebruik van water, dat steriel uit den bodem komt. Toevallig hebben wij h.t.l. voorbeelden, die afwijken van het overigens inderdaad meest voorkomende.

Pangkalpinang heeft een installatie tot zuivering van het water uit een bergriviertje zoo hoog gelegen, dat het water onder werking der zwaartekracht naar de stad stroomt, terwijl de omstandigheden op het bereidingsetablissement toestaan het geheele zuiveringsproces onder natuurlijk verval te doen plaats vinden.

Djember daarentegen heeft binnen de plaats zelve uitnemende artesische putten, waarvan de stijghoogte evenwel zoo gering is, dat dit water in een laagreservoir moet worden opgevangen en vandaar

opgepompt naar een watertoren. Probolinggo en Samarinda vertoonen tusschenvormen. De eerstgenoemde plaats heeft prima bronwater, dat afhankelijk van de stadsbehoefte onder eigen verval dan wel voortgestuwd door pompen in den stadstoren vloeit. Samarinda zuivert rivierwater dat slechts naar een heuvel moet worden geperst met pompen terwijl voor het overige van de terreinsomstandigheden kan worden partij getrokken.

Hoe het ook zij, reservoirinhoud, reservoirhoogte en wateraanvoer moeten met elkander in staat zijn voldoend water in het distributienet te brengen onder voldoenden druk om in de behoefte te voorzien op de oogenblikken van grootste afname. Hiervan worden omvang en tijdstip beheerscht door de levensgewoonten, de behoefte van groote afnemers, de temperatuur en het jaargetijde.

Een grensgeval ontstaat, als besloten wordt het hoogreservoir in de stad geheel prijs te geven. Bij aanvoer onder natuurlijk verhang zal dan de waterbron voldoende debiet moeten hebben en de aanvoerbuis ruim genoeg bemeten zijn om aan de eischen der stad te kunnen voldoen. Men vervalt dan vanzelfsprekend in een wijdere buis dan vereischt zou zijn voor het transport van de dagbehoefte gelijkmatig verdeeld over het etmaal, zooals gebruikelijk bij de meeste hoogdruk-bronwaterleidingen. Het is een eenvoudig rekensommetje om uit te maken wat in een gegeven geval goedkooper uitkomt: de bouw van een stadsreservoir of verzwaring van de aanvoerleiding, waarbij de levensduur der beide objecten met het oog op afschrijvingspercentage en de uiteenloopende onderhoudskosten in beschouwing moeten worden genomen.

Gaat het om gezuiverd water — zooals het geval van Pangkalpinang — dan moet men ook de afmeting der zuiveringsinstallatie in aanmerking brengen, en de voor- en nadeelen overwegen van den bouw op het emplacement van een verzamelreservoir, dat als accumulator kan dienen. De practijk eischt echter in ieder geval, met het oog op de noodzakelijkheid om af en toe eens een filterelement buiten werking te kunnen stellen of andere voorzieningen te kunnen treffen, nabij de filters een reinwaterkelder van een minimum afmeting, afhankelijk van de verhoudingen der zuiveringsinstallatie. En daar de omstandigheden al zeer uitzonderlijk moeten zijn als de meerdere kosten noodig voor den bouw van een grooteren reinwaterkelder hooger dan of zelfs gelijk zouden zijn aan de extrakosten noodig voor verruiming van het filtercomplex c.a. tot een capaciteit berekend op het, zonder tusschenschakelen van een accumulator, opvangen van alle schommelingen in de afname door de stad, kan in het algemeen worden gezegd, dat de geheele kostenvergelijking beperkt blijft tusschen die van een grooteren kelder boven met een ruime aanvoerleiding of een kleiner reservoir nabij de waterwinplaats, een nauwe leiding en een kostbaar hoogreservoir in de stad.

Het vraagstuk blijft in wezen hetzelfde als het gaat om een bron, waarvan het kleinste debiet minder is dan de spitsafname in het verzorgingsgebied. Terloops zij opgemerkt, dat het maximum uurverbruik doorgaans overeenkomt met twee en een half maal het gemiddelde uurverbruik, terwijl de oogenblikkelijke verbruikstoppen daar nog ver boven liggen, speciaal bij kleinere bedrijven. Daarbij toch is de invloed van het aftappen door grootverbruikers van groote beteekenis in verhouding tot de verstrekking via de huisaansluitingen.

De vorige alinea stelt in het licht tot welke abnormale bouwkosten de filterverruiming zou leiden, die dergelijke schommelingen zou kunnen opvangen, maar ook hoe omzichtig de buisdiameter moet worden bepaald, om zeker te zijn dat de topbelastingen geen onaangename verschijnselen veroorzaken, zooals waterslag, onderdruk, e.d.

De eischen gesteld aan reservoirs en aanvoerwerken door de geaardheid van het water.

De zorgen, die het gemis aan een stads-hoogreservoir ons kan baren zijn blijkbaar vele. Werd in het voorafgaande de aandacht gewijd aan de moeilijkheden ten aanzien van de kwantiteit van aanvoer, ook de kwaliteit van het water kan nopen tot het treffen van bijzondere voorzieningen als het hoogreservoir in de stad ontbreekt.

Met die mogelijkheid moet men o.a. rekening houdan als het betreft gezuiverd oppervlaktewater en de inhoud van de aanvoerleiding tezamen met dien van het reservoir nabij de waterwinplaats komt de dagbehoefte der stad nabij c.q. overtreft die. Dan wordt het verblijf van het water in kelders en buizen van het oogenblik af, dat het werd gesteriliseerd totdat het bij de verbruikers wordt afgeleverd zoo lang, dat men voorbereid moet zijn op het verschijnsel van nagroei, dat zich in den regel doet kennen door een verhoogd kiemgetal.

Een hooger kiemgetal dan datgene wat het betroffen water als zuiver in den zin van „hygiënisch betrouwbaar" kenmerkt en dat — om de gedachten te bepalen — kan varieeren tusschen 0 en 100, wijst op een ingetreden bederf van het water of op de mogelijkheid eener in het leidingnet opgetreden infectie door voor de gezondheid schadelijke bacteriën. En daar men in de bedrijven het water niet zóó grondig kan onderzoeken, dat de al dan niet toelaatbaarheid van het geconstateerde bacteriënvoorkomen kan worden vastgesteld, doch zich voor een dagelijksche contrôle moet verlaten op de uitkomsten van een eenvoudige routine-onderzoek, dat door middelbaar technisch personeel (analysten) kan worden uitgevoerd, is het noodig om nagroei tijdens de distributie te voorkomen.

Hebben het reservoir boven en de aanvoerleiding samen een inhoud gelijk aan het dagverbruik of meer, dan is het water op weg van het filter tot aan den consument steeds méér dan een etmaal onderweg. Immers moet een en ander alsdan berekend zijn op het hoogste etmaalverbruik en dat komt slechts korten tijd in het jaar voor. Wijders heeft men rekening te houden met het verblijf van het water in het stadsnet, dat men nimmer zoo kan dimensioneeren, dat alle deelen met gelijke snelheid worden door-

loopen. Integendeel zal in menig deel de snelheid zeer beperkt blijven en het is dus voor de kwaliteit van het water een eisch den inhoud van het stadsnet zoo klein mogelijk te houden.

Doch tevens heeft men te bedenken — en dat is een factor van groote beteekenis — dat men een waterleiding niet ontwerpt voor vandaag of morgen, maar dat men althans voor reservoirs en buizen aan zijn ontwerp ten grondslag legt de vermoedelijke waterbehoefte op een tijdstip, dat liefst nog later valt dan tien jaren na de ingebruikstelling van het werk. Bij een verstrekking overeenkomende met twee derde van de evenbedoelde capaciteit — en dat is zeker niet laag genomen — is het water van het filter af tot aan de stad alsdan reeds zes en dertig uur onderweg en menig aangeslotene krijgt dan in den regel water dat reeds twee etmalen oud is.

Dit laatste beteekent op zich zelf nog niets. Het water kan dan nog zeer wel in uitstekende conditie zijn. De vraag of nagroei zal optreden en zoo ja, na hoeveel tijd, is in het algemeen niet te voren te beantwoorden. Maar te Palembang, waar de dagelijksche waterproductie thans in volume den gezamenlijken inhoud van reinwaterkelders en aanvoerleiding naar het stadsreservoir reeds overtreft, moet aan het onderwerpelijke verschijnsel nog alle aandacht worden besteed.

In bepaalde gevallen zal men kunnen volstaan met ruim te spuien, doch daarbij is de grens bepaald door de transportcapaciteit van de aanvoerleiding. In andere gevallen zal een verhooging van de dosis van het steriliseer-middel den nagroei kunnen voorkomen, mits hiermede geen smaakbezwaren gepaard gaan, doch dat heeft men meestal wel in zijn macht.

Zijn de omstandigheden nu zoo, dat eenvoudige middelen zooals chloramine en het spuien geen uitkomst kunnen geven, dan veroorzaakt het gemis aan een voldoend bemeten hoogreservoir voor de stadsdistributie moeilijkheden, in ieder geval extra onkosten.

Betrekkelijk gunstig zou het dan nog zijn, indien de oplossing kon worden gevonden door overchloreeren op het zuiveringsemplacement en het voeren van het water door een onmiddellijk vóór de stad in te schakelen gesloten filter met actieve kool. Daar voor het gunstige effect evenwel een minimum contacttijd noodig is, moet dit filter dan toereikend zijn voor de maximum aanvoersnelheid, die rond $2\frac{1}{2}$ maal de snelheid beloopt van den bij aanwezigheid van een stadsreservoir toelaatbaren eenparigen aanvoer.

Doet zich — zooals ook te Palembang — de noodzakelijkheid gevoelen om met het oog op de smaak, dan wel in het belang van het stadsnet of wat ook, aan het water vóór het inloopen in het stadsnet nog chemische preparaten toe te voegen, dan zijn maatregelen noodig ter ondervanging van het navolgende drieledige bezwaar alsdan veroorzaakt door het gemis van het hoogreservoir. In de eerste plaats loopt de doseering dan in de war, doordien de daarvoor bestemde toestellen hun inhoud gelijkmatig afgeven, terwijl het water met zeer uiteenloopende snelheden wordt aangevoerd, snelheden die in den nacht tot nul dalen. In de tweede plaats ontbreekt de gelegenheid om de chemicaliën den noodigen tijd tot inwerking en gelijkmatige verdeeling te geven, terwijl ten slotte in de derde plaats een middel moet worden gevonden om den toeslag tegen den leidingdruk in aan het water toe te voegen.

In zulke omstandigheden blijft slechts één oplossing over, t.w. het opvangen van het aangevoerde water in een laagreservoir dicht vóór de stad en het van daaruit pompen in het distributienet. De aanvoer naar dat laagreservoir kan dan in eenparige snelheid geschieden, waaraan als voordeel is verbonden het kleiner worden van den buisdiamater, niet alleen wegens minder drukverlies, doch ook doordien het beschikbare verval dan toeneemt met den bedrijfsdruk, dien men anders ten behoeve van de distributie bij het begin van het verzorgingsgebied zou moeten overhouden.

Is in dit geval — waarbij dus de combinatie van laagreservoir en pompen de functie vervult van een hoogreservoir — ook een koolfilter noodig, dan behoort dat geplaatst te worden *vóór* dit reservoir, ten einde de zoo juist omschreven bezwaren te ondervangen. Ter voorkoming van misverstand zij opgemerkt, dat derhalve bij een waterzuiveringsbedrijf het laagreservoir, waarin het filtereffluent wordt opgevangen, niet gelijktijdig het hoogreservoir kan vervangen, indien nabehandeling van het water noodig is. Een dergelijke accumulator moet dienst doen als reactie-reservoir voor de chloreering, hetgeen inhoudt, dat het koolfilter *achter* dien verzamelkelder moet worden geplaatst. In het hier veronderstelde geval — dat zich voordoet voor Bandjermasin — zijn dus twee laagreservoirs noodig, *waartusschen* het koolfilter dan als open filter moet worden opgesteld.

Bijzondere aandacht vereischt de pompinstallatie, die geschikt moet zijn alle bedrijfsschommelingen op te vangen. Hierover later.

Intusschen meene men niet, dat de aanwezigheid van een watertoren in de stad ons zonder meer bevrijdt van de noodzakelijkheid aan de eischen der technologie volle aandacht te besteden. Is de plaatsing van dat reservoir zoo, dat het van buiten aankomende water eerst daarin wordt opgevangen en dan uit den toren aan de stad wordt toegevoerd, dan kunnen alle hiervoor omschreven maatregelen boven op het reservoir worden getroffen. Het koolfilter kan desgewenscht als gesloten filter beneden in de aanvoerleiding worden ingebouwd. Het hoogreservoir vervult dan geheel dezelfde functie als te voren omschreven voor den laaggelegen verzamelbak vóór de stad.

Is de watertoren evenwel als contra-reservoir geprojecteerd, dan worden de verhoudingen geheel anders. Dan wordt gedurende de uren van kleiner verbruik dan den gemiddelden aanvoer den verbruikers het water uitsluitend rechtstreeks van buiten verstrekt, terwijl in de uren van grooter afname gemengde verstrekking van versch en van in het reservoir opgezameld water in wisselende verhouding plaats heeft. Met een installatie tot het corrigeeren van het water boven op den toren zou men dan het doel missen, omdat men de regelmaat in de doseering van de toeslagmiddelen dan niet meer in de hand heeft en tijdens het grootste gedeelte van

het etmaal water wordt afgeleverd, dat in het geheel niet werd nabehandeld. Contra-reservoirs zijn derhalve alleen toelaatbaar ingeval nabehandeling kan worden ontbeerd.

Volledigheidshalve dient ook een woord gewijd aan de veelvuldig voorkomende noodzakelijkheid tot aëreeren van het water. Dit intensief in contact brengen met de lucht is dan weer eens noodig voor het ontzuren, dan weer ter voorkoming van corrosie in het buizennet; een andermaal ter verbetering van de smaak van gezuiverd water. Voorts kan de luchtbehandeling dienen ten behoeve van ontijzeren, ontmanganen, enz. van overigens hygiënisch volkomen betrouwbaar water. Kan dat onder voldoenden overdruk — 6 tot 10 m — uitvloeien in laag- of hoogreservoir, dan veroorzaakt dat geen moeite. Maar wel is zulks het geval als het laagreservoir ontbreekt, dan wel zonder overdruk het water ontvangt en afgezien is van een stadswatertoren of dat deze als contra-reservoir dienst doet.

Hydroforen.

Een middel om te ontkomen aan eventueele moeilijkheden verbonden aan de oprichting van hoogreservoirs — waarin het water vrij uitvloeit, zonder anderen weerstand dan dien van den dampkringsdruk — bestaat in het opvangen en verzamelen van het water in gesloten reservoirs. Bij het vullen met water wordt dan de aanwezige lucht samengeperst en de daardoor opgewekte druk wordt benut voor het wegpersen van de vloeistof in het leidingnet.

Vloeit het water onder invloed van de zwaartekracht vrij toe, dan komt de hoogst bereikbare druk overeen met het hoogteverschil tusschen het niveau in de gesloten ruimte en het peil van instrooming in de aanvoerleiding. Die druk is derhalve gelimiteerd.

Dit laatste is mede het geval bij aanvoer met behulp van pompen van het centrifugaal-type. Daarbij is de omtreksnelheid van den waaier maatgevend.

In beide gevallen loopt met toenemenden druk de aanvoersnelheid af overeenkomstig de karakteristieken van leiding en/of pomp.

Bij plunjerpompen ontbreekt die zelfbeveiliging en behooren voorzorgen te worden getroffen tegen een te hoog oploopen van den druk. Zij kunnen bestaan uit het inbouwen van veiligheidsventielen in de persleiding, al dan niet gecombineerd met een retourleiding naar het reservoir of de leiding waaruit het water wordt aangezogen. Doch ook in het aanbrengen van een installatie, die automatisch de pompen uitschakelt bij te hoogen weerstand in den ketel. Veiligheidsventielen zal men daarbij ter meerdere zekerheid ongetwijfeld mede inbouwen.

Aangezien bij hoogeren druk — en vanzelfsprekend bij gelijkblijvende temperatuur — de oplosbaarheid van lucht in water toeneemt, wordt de opgesloten luchtmassa geleidelijk opgelost en weggevoerd en behoeft dus regelmatige aanvulling. De eenvoudigste methode bestaat in het tijdelijk afsluiten van aan- en afvoer van water, het toelaten van lucht onder gelijktijdig afspuien van het reservoir. Is dit eenmaal met lucht — van dampkringsspanning — gevuld, dan wordt de luchtkraan wederom gesloten en de waterleiding weer ingeschakeld. Deze werkwijze is alleen toelaatbaar als het bedrijf toestaat een wijle genoegen te nemen met den rechtstreekschen, dat is dus den gemiddelden aanvoer.

Handiger is daartoe gebruik te maken van een luchtcompressor. Zonder de noodige voorzorgsmaatregelen bestaat daarbij het gevaar, dat de luchtdruk bij een toevalligen stand van het water in den ketel zoo hoog oploopt, dat bij groote afname al het water uit het reservoir wordt geperst en lucht in het waterleidingnet zou komen. Dit is niet alleen met het oog op schokken ongewenscht, doch ook omdat hierdoor warrelingen ontstaan die het in de buizen steeds aanwezige bezinksel in beroering brengen. Men wapent zich tegen dat gevaar door het aanbrengen van een automatisch werkenden afsluiter, die gecommandeerd wordt door het waterniveau in den ketel. Dit houdt de noodzakelijkheid in om aan- en afvoer van het reservoir door één leiding te laten loopen, omdat anders bij gescheiden constructie op het oogenblik van afsluiten de watertoevoer naar het leidingnet gestopt zou worden met alle daaraan verbonden onaangename gevolgen. Bij gecombineerde bestemming van de verbindingsbuis van reservoir en leiding blijft de toevoer naar de consumenten gehandhaafd, zij het dan ook beperkt tot den gemiddelden aanvoer. Bij het verminderen van het aftappen loopt de druk in het net wederom op en wordt de automatische afsluiting vanzelf weer geopend. Het reservoir werkt derhalve als contra-reservoir.

De gevolgen met het oog op den aard en de kwaliteit van het water zijn dus geheel dezelfde als hiervoor omschreven.

Echter is de mogelijkheid van toepassing van deze onder druk staande gesloten reservoirs (*hydroforen*) beperkt. De ketels krijgen al spoedig een te groote afmeting. De waterreserve, die men er in kan opzamelen, komt overeen met het verschil in volume tusschen de op de maximaal toegelaten spanning samengeperste en de tot den minimaal toelaatbaren druk geëxpandeerde lucht. Hoe verder die drukgrenzen uiteen liggen, des te meer water kan worden opgeschuurd. Men kan hierbij verder gaan dan bij toepassing van open reservoirs, waarbij de druk in het net uiteenloopt tusschen de uiterste niveau's en het is voor onze bescheiden Indische steden al veel, als dat verschil vijf meter bedraagt. Maar men is aan grenzen gebonden, gesteld door eischen van comfort. De laagste druk moet zoo zijn, dat ook op de verdiepingen der aangesloten gebouwen steeds voldoende water in redelijke snelheid kan worden afgetapt. De hoogste druk zoo, dat bijvoorbeeld een glas niet uit de hand wordt geslagen als men op uren van gering verbruik — dat is normaal in den nacht — een kraan op het parterre opent. Aan die eischen wordt voor de gemiddelde behoeften h.t.l. redelijk voldaan indien de overdruk in het net nabij de voedingspunten schommelt tusschen 2,5 en 3,5 atmosfeer, dat wil zeggen, dat de absolute ketelspanning wisselt tusschen 3,5 en 4,5 atmosfeer.

Bij deze spannings-uitersten verkrijgt men een

volumeverschil van 1 m^3 bij comprimeeren van 4,5 m^3 lucht van den laagsten druk tot 3,5 m^3 van 4,5 atmosfeer, m.a.w. voor het opschuren van 1 m^3 water moet de reservoirinhoud 4,5 maal zooveel bedragen, een coëfficiënt die zelfs oploopt tot 6, daar met het oog op het gevaar van indringen van lucht in de stadsleiding nog een veilige waakhoogte in acht moet worden genomen op het oogenblik, dat de automatische afsluiter in werking komt.

Stelt men zich tevreden met een verhouding van 1 : 5, dan vereischt een waterberging van 50 m^3 een enkelen ketel van 5 m middellijn en 12,5 m lengte, of wel een tweetal ketels van gelijke lengte met een diameter van 3,5 m. De materiaaldikte, die beheerscht wordt door veiligheidsvoorschriften van de overheid, bedraagt al spoedig $\frac{1}{2}''$, het ledig gewicht 20 resp. 26 ton.

Wat beteekent een voorraad van 50 m^3 voor stadsvoorziening? Een bedrijf met een etmaalaanvoer van 500 m^3, overeenkomende met een geregistreerde aflevering van 400 m^3 aan de abonné's, dus een onderneming van bescheiden omvang, behoeft in de topuren juist 10% of wel 50 m^3. Stagneert toevallig op dat uur de aanvoer, dan komt men juist door de moeilijkheden heen als bij het begin het reservoir ook inderdaad zijn grootste watervulling heeft. Regel zal dat allerminst zijn. Een bedrijf van dien omvang zal h.t.l. in de speruren van het plaatselijk electriciteitsbedrijf — dat is van 6 uur in den vooravond tot 11 uur in den avond — rond 15% van het etmaalverbruik moeten afleveren. Is men voor de bediening van pompen aangewezen op energievoorziening door de electrische centrale, dan vervalt men bij een waterreserve van ten hoogste 50 m^3 in de noodzaak tijdens de speruren kracht te betrekken. Dat is duur. Bij gelijkmatigen aanvoer gedurende 24 uur geeft men het stadsreservoir zelden een inhoud van minder dan 25% van het etmaalverbruik. Hier is sprake van slechts 10%. Een extra-afname van 25 m^3 in een uur tijds door een bedrijf of schip zal slechts op enkele uren toelaatbaar zijn.

De conclusie ligt voor de hand. Het echte hydrofoorsysteem, waarbij de gesloten ketel in de plaats treedt van een open hoogreservoir is slechts van nut voor bescheiden bedrijven en in de practijk komt het er ook op neer, dat het alleen wordt toegepast voor de watervoorziening van op zichzelf staande gebouwen of kleinere woninggroepen.

Pompbedrijf.

Hiervoren is er reeds op gewezen — bij de bespreking van de factoren, die zich doen gelden bij het ontbreken van een stadsverdeelreservoir — dat aan de alsdan onvermijdelijke pompinstallatie bijzondere aandacht moet worden besteed, wil zij geschikt zijn om alle bedrijfsschommelingen op te vangen.

De ideale oplossing zou zijn een zoodanige inrichting, die automatisch een debiet geeft gelijkblijvend aan de aftapping en verder onder constanten overdruk bij de afnemers. A priori kan worden verklaard, dat dit slechts binnen zekere grenzen is te benaderen, omdat het drukverlies in de leidingen niet alleen afhankelijk is van de hoeveelheid doorstroomend water per tijdseenheid, doch mede van de plaats van aftappen. Hoe dichter die zich bij de pompen bevindt, hoe minder drukverlies. Dat zou dus bij de pompen een regelinrichting vorderen, die automatisch instelt op de verlangde hoeveelheid water en tevens op den varieerenden druk. Meer algemeen uitgedrukt behoeft men een complex, waarbij het aandrijfwerktuig automatisch niet meer energie opwekt dan oogenblikkelijk vereischt is (watergewicht × manometrische opvoerhoogte × nuttigheidscoëfficiënt), terwijl de pompen er op berekend moeten zijn de variabele verhouding van opvoerhoogte en debiet op te vangen.

Om dit desideratum te bereiken staat een onbegrensd aantal wegen open en kan men zich aan de stoutste fantasieën overgeven, maar het blijft steeds benaderen, terwijl de kansen groot zijn, dat men in zijn streven te groote nauwkeurigheid wil bereiken en daarvoor te groote offers gaat brengen aan de kosten der installatie, deze noodeloos gecompliceerd maakt. Men streeft het doel voorbij. Het doel moet niet zijn een hoogste technische nauwkeurigheid te bereiken, doch die mate van nauwkeurigheid of onnauwkeurigheid, welke voor het practische gebruik van de waterleiding aanvaardbaar is.

Bij dit laatste gaat de gedachte in de eerste plaats naar de toelaatbare schommelingen in den druk bij de aftappunten in verband met de snelheid van aanvoer, die zelf binnen schappelijke grenzen moet blijven t.o.v. een redelijke hoogste oogenblikkelijke verstrekking in verband met de behoeften van den aangeslotene. Zoo is er geen bedenking tegen, dat de hoogste druk ter plaatse van afname rond 50% hooger ligt dan de laagste, omdat daarmede een afwijking in de snelheid gepaard gaat van ten hoogste 20%. En daar de hoogste druk in normale omstandigheden gebonden is aan de tevoren reeds gestelde voorwaarde, dat men rustig bijvoorbeeld een glas water moet kunnen vullen, volgen hieruit de grenzen van de na te streven nauwkeurigheid.

Het voorgaande betreft de normen gesteld door den individueelen gebruiker, doch ten aanzien van het verzorgingsgebied in zijn geheel liggen de grenzen anders. Daarbij moet men rekening houden met het normale verloop van de afname tijdens het etmaal door de regelmatige verbruikers en verder met de extra, incidenteele belasting van het bedrijf door grootverbruikers, verstrekking aan schepen, voor brandblussching, het vullen van zwembassins, enz. Het spreekt vanzelf, dat dit laatste zich minder scherp afteekent naarmate het gaat om grootere bedrijven. In onze bescheiden Indische steden, w.o. die waarvan de drinkwatervoorziening nog ter hand moet worden genomen, overtreft die oogenblikkelijke behoefte veelal het hoogste uurverbruik der regelmatige, gewone afnemers. Dit impliceert, dat dan ook met het oog op het grooter drukverlies in het leidingnet het

water onder hooger spanning in het net moet worden geperst *).

Maar ook de uitersten van verbruik tijdens de verschillende uren van het etmaal door de gewone huisaansluitingen liggen zoover uiteen, dat zij op zich zelf van beteekenis zijn voor de aan de pompinstallatie te stellen eischen. Voor dit deel der waterverstrekking moet men bedacht zijn op toppen van 10% van het etmaalverbruik per uur des morgens omstreeks zeven à acht uur en des namiddags tegen vijf à zes uur, een percentage, dat in den nacht daalt tot 1% en lager. Er is hier uitsluitend sprake van steden h.t.l.

Een en ander stelt in de eerste plaats de vraag aan de orde of het in een bepaald geval raadzaam moet worden geoordeeld te volstaan met één enkel pompaggregaat, dan wel daarvoor meerdere eenheden te kiezen. Het antwoord wordt beheerscht door de verhouding der uiterste belastinggrenzen en de regelbaarheid van de pomp en ook van het aandrijvende werktuig. In dit opzicht laten centrifugaalpompen ons al spoedig in den steek. De maximumdruk dien zij kunnen overwinnen is voor ieder type volkomen begrensd — een grens, waarbij dan echter geen water wordt verplaatst, slechts het drukevenwicht onderhouden — terwijl de belastingsgrenzen, waarbinnen zij nog een dragelijk rendement geven, dicht bijeenliggen. Daardoor heeft groote regelbaarheid van het aandrijvend werktuig i.c. ook maar geringe beteekenis en kan in het algemeen geen bezwaar worden geacht dat de electromotor — die zich door toerental en daarbij mogelijke directe koppeling bij uitstek leent voor aandrijving van dit pomptype — zelf ook maar weinig elastisch is.

De plunjerpomp daarentegen kan practisch iederen druk overwinnen en het debiet wordt daarbij beheerscht door het aantal slagen en het slagvolume. Maar al zijn de bij plunjerpompen passende stoommachines en ruwoliemotoren soepeler in de regelbaarheid van het toerental dan electromotoren, en ook al is de slaglengte van de plunjerpomp desgewenscht tijdens het loopen te veranderen, dat neemt niet weg, dat zelfs bij middelmatige bedrijven het zeer oneconomisch moet zijn tijdens den geheelen arbeidsduur met hetzelfde aggregaat te willen werken. In een bescheiden plaats als Bandjermasin zal men n.m.g. alleen reeds *des daags* voorbereid moeten zijn op gemiddelde uurverstrekkingen schommelend tusschen 25 en 100 m^3, terwijl in de nacht de waterbehoefte zelfs tot 5 m^3 zal dalen. Een combinatie van pomp en aandrijfwerktuig, die in staat is 100 m^3 per uur op normalen druk te leveren, kán niet voordeelig werken bij een belasting van slechts 25%, aangenomen dat een dergelijke elasticiteit bereikbaar is. En bij dergelijke verhoudingen wordt bij een middelmatig bedrijf het verlies tengevolge van het vele uren onderbelast loopen — c.q. vele uren lang het verpompte surplus terug te laten vloeien naar de zuigzijde der pompen — in absoluten zin zoo groot, dat men hierin niet zal berusten.

Uit het vorenstaande vloeit voort, dat de rationeele oplossing moet worden gezocht in opstelling van meerdere eenheden van kleinere capaciteit, die al naar de oogenblikkelijke behoefte worden in- of uitgeschakeld. Of die eenheden van gelijk vermogen moeten zijn, dan wel dat ook die wederom kunnen uiteenloopen, hangt af van de karakteristiek van het verbruik. Er zijn omstandigheden, die het wenschelijk maken speciale pompen op te stellen, die alleen voor bepaalde doeleinden in werking worden gesteld. Bijvoorbeeld in geval van brand, waarbij men een druk verlangt, die onder normalen toestand voor het bedrijf ongewenscht wordt geacht. Of wel ten behoeve van het terugspoelen van filters, waarvoor per eenheid van tijd waterhoeveelheden worden vereischt, die het vijf- tot vijftienvoud kunnen beloopen van het normale debiet van het betrokken element. Bij snelfiltratie is een gebruikelijke filtersnelheid 4 à 5 m/h en eenheden van 5 m^2 filteroppervlak zijn aangewezen voor middelmatige bedrijven, m.a.w. voor het terugspoelen van zulke apparaten wordt een hoeveelheid water verlangd overeenkomende met 100 tot 300 m^3/h. Inderdaad duurt dat spoelen slechts een 10 tot 20 minuten en kan worden volstaan met een overdruk voor het filter van slechts een atmosfeer, maar deze belasting is van zoodanige orde voor middelmatige steden, dat de stad zonder water zou komen te zitten, als men ook voor dit doel de installatie zou benutten, die voor de plaatselijke behoefte passend zou zijn.

Het op gang brengen en stopzetten der pompen móet altijd uit de hand kúnnen geschieden, ook als een automatische bedieningsinrichting voorhanden is. Voor het regelmatige bedrijf is evenwel de zelfwerkende oplossing aangewezen, omdat handbediening te constante en ingespannen bewaking zou vorderen, tenzij men wil berusten in eenheden van onnoodig groote capaciteit met terugvloei-inrichting, veiligheidsventielen of een of andere gelegenheid tot opschuring van het surplus, zooals de hydroforen bieden. Naarmate de inhoud van dergelijke reservoirs grooter wordt, vermindert het gevaar van achteloosheid der bewakers, vooral als men automatische alarmsignalen kan benutten, hetzij optische, hetzij acoustische of wel beide. Maar grootere pompen en voldoend

*) Terloops zij opgemerkt, dat die extra-belasting voor het pompstation ten behoeve van de grootverbruikers in het licht stelt het groote belang van de terreinkeuze voor nieuwe industrieën bij bestaande waterleidingbedrijven, c.q. van het pompstation ten opzichte van industriewijken. Hoe dichter deze bijeenliggen, hoe minder het stadsnet staat blootgesteld aan drukschommelingen, een bezwaar dat ook kan worden ondervangen door toepassing van voor de normale stadsbehoefte te wijde buizen. Het antwoord op de vraag of de voorkeur moet worden gegeven aan extra uitgaven voor het buizennet, dan wel aan de pompinstallatie, wordt niet steeds alleen beheerscht door de uitkomst van vergelijkende kostenramingen, waarbij nevens rentelast, uiteenloopend afschrijvingspercentage voor buizen en machines, verschillen in bedieningskosten, afwijkend energieverbruik a.a. in beschouwing moeten worden genomen. Indien het betreft gezuiverd rivierwater of water van overeenkomstige geaardheid, zal men er zich ook rekenschap van moeten geven of bij een ruim bemeten stadsnet het water niet te vaak daar zoolang in zal worden opgehouden, dat de kwaliteit te veel achteruitgaat. Dat behoeft dan nog niet het geval te zijn door het geheele net, doch kan voorkomen in bepaalde leidingdeelen, zooals o.a. te Palembang werd geconstateerd. Het eventueel berekende geldelijke voordeel gaat dan wederom geheel of ten deele verloren aan extra spuien.

ruim bemeten ketels vorderen extra uitgaven, die de kosten van een automatische bediening weldra te boven gaan, niet alleen aan kapitaalsuitgaven doch ook bewakingskosten.

In de practijk komt het er op neer, dat men bij automatische bediening gebruik maakt van electromotoren tot aandrijving der pompen. Inrichtingen om stoommachines of verbrandingsmotoren te commandeeren worden aldra te ingewikkeld en te kostbaar. Brandbluschaggregaten, terugspoelpompen en dergelijke houde men buiten het automatische systeem.

Welk type pompen men ook kiest, of men automatische dan wel handbediening toepast, nogmaals zij er op gewezen, dat men nimmer beveiligingsmaatregelen achterwege mag laten met het oog op het gevaar van te hoog oploopen van den druk in het leidingnet en verder dat men ervan verzekerd moet zijn, dat nimmer de stadsbehoefte de reserve mag te boven gaan, die op het betrokken oogenblik voorhanden is in het vermogen der alsdan loopende pompen en/of de geaccumuleerde voorraden in tanks. Naarmate dit laatste geringer is zal het aantal schakelingen toenemen. Het blijkt dat daartegen geen bedenking bestaat, ook al loopt dat op tot de orde van 100 schakelingen per dag en per motor.

Voor het commandeeren van die schakelaars maakt men in den regel gebruik van den direct achter de pompen heerschenden druk. Er bestaat uiteraard geen principieele bedenking tegen daarvoor een meer afgelegen punt te nemen, hetgeen zelfs meerdere waarborg beteekent, voor een door het geheele stadsnet toereikende spanning, omdat — zooals reeds eerder opgemerkt — de drukverlaging in de stad veroorzaakt kan worden door intensief aftappen direct nabij het pompstation. De locale verhouding moeten ten deze beslissen, doch het eene behoeft het andere ook niet uit te sluiten. Opstelling bij het pompstation geeft uiteraard meerdere zekerheid ten aanzien van onderhoud en ten opzichte van storingen in de bij afstandsbediening noodige electrische geleidingen.

Voor het bedienen der schakelaars kan men gebruik maken van vlotters in een standpijp, dan wel van direct op het buizennet gemonteerde contactmanometers, waarvan verschillende typen in den handel zijn. Het meest gebruikelijk is echter de inleiding van de manipulatie te doen geschieden door den druk in een windketel, doch dit is practisch slechts bruikbaar bij plaatsing direct bij de pompen. Hiervoren bij de hydrofoor-installaties is er reeds op gewezen, dat het luchtkussen periodiek moet worden aangevuld en dat maakt plaatsing op een afstand ongewenscht.

In beginsel is dat alles hetzelfde, doch de windketels bieden als voordeel boven de andere oplossingen, dat men ze ook als accumulator kan benutten om — bovendien op zeer soepele wijze — de verschillen te vereffenen tusschen het pompdebiet en de afname. Heeft men bezwaren tegen een vaak in- en uitschakelen en is keuze der pompcapaciteiten zoodanig, dat de intervallen in het debiet vrij groot zijn, dan krijgen de windketels al spoedig belangrijke afmetingen. Om bijvoorbeeld 5 m^3 water te kunnen opschuren wordt de totaal benoodigde ketelinhoud reeds 25 m^3, uitgaande van dezelfde verhoudingen als hiervoor berekend voor hydroforen. Dat zijn ketels van 2 m middellijn bij een lengte van 7,5 m.

Veel lager zal men bij onze bescheiden Indische waterleidingen niet kunnen gaan, omdat men bij stadsvoorziening ook rekening moet houden met de momentane verbruiksmaxima en hoe kleiner het bedrijf, van hoe meer beteekenis die relatief worden. Tot nu toe werden alleen de uurgemiddelden in de beschouwingen betrokken. Hierbij zij aangeteekend, dat met het oog op regelmatige inspecties, onderhoud, reparaties aan armaturen, enz. ten minste 1 ketel in reserve aanwezig behoort te zijn.

Volledigheidshalve zij er de aandacht op gevestigd, dat bij dit door druk beheerscht pompbedrijf het aanzetten of afzetten der pompen niet steeds gepaard behoeft te gaan met toenemend of afnemend verbruik. Het omgekeerde kan zelfs het geval zijn, hetgeen afhangt van de verplaatsing van het middelpunt van oogenblikkelijke hoogste aftapping. Practische bezwaren levert dat niet op, mits het accumuleerend vermogen der ketels en/of de beveiligingsvoorzieningen der pompen en derzelver capaciteit daarop zijn ingesteld.

Het heeft voordeelen dergelijke windketels — die men ten onrechte ook wel hydroforen noemt — verticaal op te stellen om het contact-oppervlak tusschen water en lucht zoo klein mogelijk te houden en daarmede het in oplossing gaan van de lucht zooveel mogelijk te vertragen. Bij ketels van de afmetingen als zooeven aangegeven, is de verhouding van dat oppervlak bij staande opstelling slechts een vijfde gedeelte van dat bij liggende tanks.

Keuze van het stelsel.

Wat men zal kiezen voor de stadsverzorging: hoogreservoirs, hydroforen of zuiver pompbedrijf hangt af van den omvang van het bedrijf, van de grenzen gesteld door fundeeringsmogelijkheden, van het beschikbaar kapitaal en van de bedrijfskosten. De beide laatstgenoemde factoren zijn op hun beurt o.a. weder afhankelijk van het al dan niet voorhanden zijn van een locale electriciteitsvoorziening, die echter niet in alle plaatsen reeds is ingesteld op levering van dagstroom. Ook dat is van groote beteekenis.

Bij de beslissing speelt ten slotte ook een kwestie van smaak een rol, de uiteenloopende waardeering voor de aan de verschillende systemen verbonden risico's en voordeelen. Hierbij gaat het in beginsel eenerzijds om hoogreservoirs en hydroforen, anderzijds om het zuivere pompbedrijf.

Bij bodemtoestanden als die welke aanleiding gaven tot het schrijven van dit opstel is aan het oprichten van hoogreservoirs zeker het risico verbonden van belangrijke zettingen. Groote omzichtigheid ten aanzien van de keuze der fundeering en het vaststellen van bergend vermogen en hoogte is daarbij geboden. Een leerzaam voorbeeld h.t.l. biedt de watertoren van P a s o e r o e a n, waarbij onvoldoend bodemonderzoek tot zoodanige tegenslagen heeft geleid, dat dit werk slechts in evenwicht is te houden door het reservoir tot ten hoogste de halve capaciteit te benutten.

Dit gevaar behoeft bij hydroforen niet te worden gevreesd. Bij wijze van spreken mogen die ketels geheel in den bodem wegzinken en zij blijven nog hun functie vervullen. Zij hebben met de hoogreservoirs het groote voordeel gemeen, dat bij stagnatie in den aanvoer steeds een voldoend kwantum water onder druk beschikbaar is om ten minste eenige uren althans zonder storing met de verstrekking te kunnen voortgaan. Echter komen deze toestellen slechts in aanmerking voor bepaald bescheiden voorzieningen.

Dit groote voordeel mist het pompbedrijf. Zoodra de pompen uitvallen is de toevoer naar de stad gestremd, afgezien dan van het bij gebruik van windketels eventueel aanwezige water. Die reserve mag men echter niet te hoog aanslaan. Zij is juist toereikend voor 6 minuten als bij een bedrijfscapaciteit van 500 m^3 per etmaal — het voorbeeld aangehaald bij de hydroforen — de stagnatie plaats heeft op een oogenblik, dat de tijdelijke afname juist overeenkomt met een uurverbruik van 50 m^3, de beide ketels in gebruik zijn en de steeds varieerende reserve nog voor 50% voorhanden is. Een dergelijk geval is zeker niet bijzonder ongunstig.

De kansen op storing loopen uiteraard uiteen met den aard van de energievoorziening, maar zes minuten is zeer kort, ook om reserve-apparaten in bedrijf te stellen en de veronderstelde toestand op het oogenblik van stilstand was niet overdreven. De gevolgen van gestaakten aanvoer zijn echter hoogst onaangenaam, in ieder geval bedenkelijk zonder nog fataal te moeten zijn.

Het is aannemelijk, dat het leegvallen van de ketels sneller verloopen zal, dan in de aangegeven zes minuten. Deze toch gelden voor het normale bedrijfsverloop. Maar men kan er zeker van zijn, dat zoodra in de huizen bemerkt wordt, dat de aanvoer begint te stagneeren, dat dan allerwege kranen worden opengezet. Dat is steeds de intuïtieve reactie. Wat men er eigenlijk mee beoogt? Vermoedelijk neemt men zich voor dadelijk na herstel van den aanvoer het noodige water te vergaren met het oog op de mogelijkheid, dat de storing zich nog wel eens zal herhalen. Binnen een ommezien is de reserve afgetapt en loopen de perceelleidingen leeg, omdat de tegendruk is weggevallen. Men bedenke, dat de per woning geinstalleerde gemiddelde lengte buis in onze Indische steden ligt tusschen 10 en 15 m. Zelfs als men uitgaat van een gemiddelde van 25 m en van een gemiddelde buisafmeting van $\frac{3}{4}''$, dan nog is de inhoud van het net per woning niet meer dan 7,5 l waarvan echter slechts een gedeelte boven het niveau van den vloer op den beganen grond. Men mag er niet op rekenen, dat het hiermede ophoudt en het onder dat peil gelegen leidingdeel en het stadsnet gevuld zullen blijven. Er is nagenoeg geen waterleiding, die het zonder continu spuien op verschillende punten kan stellen en op die plaatsen wordt het leegloopen van het stadsnet ingeleid met inzuigend effect door alle openstaande kranen en lekken, hetgeen zich niet openbaarde zoolang alles onder inwendigen druk stond. En geen enkel net ligt volkomen waterpas, terwijl de gewoonte is om spuien juist op de allerlaagste punten te projecteeren. Hierin ligt een ernstige aanwijzing om in het bijzonder bij pompbedrijven de kansen op inzuigen van bodemwater zooveel mogelijk te beperken o.a. door de monden der spuien bovengronds te houden en af te zien van ondergrondsche brandkranen, die men trouwens ook op grond van allerlei practische bezwaren toch zooveel mogelijk moet vermijden.

Eerder werd er reeds op gewezen, dat lucht in de buizen oorzaak is van het in beweging komen van alle — overigens onschadelijk — bezinksel, dat nochtans het water ongeschikt maakt voor het gebruik; en het duurt lang eer een net volledig is doorgespoeld en de achterblijvende vaste deeltjes weer rustig op den buisbodem zijn bezonken.

Ook al wordt het net niet door bodemwater geïnfecteerd — een gevaar, dat in absoluten zin al betrekkelijk klein is, terwijl bij het na storing onvermijdelijk krachtig doorspoelen een dergelijke vervuiling wel zal worden uitgedreven — uit het vorenstaande blijkt, dat een stremming van *minuten* onaangenaamheden voor *uren*, in sommige stadsdeelen wellicht voor dagen, tengevolge kan hebben. De káns op infectie, die in een dood part kan blijven hangen, mag men echter niet geheel verwaarloozen.

Helaas is voor de meeste menschen een dergelijk algemeen, in groote lijnen aangeven van de consequenties van bepaalde voorvallen niet voldoende om hen het risico juist te doen aanvoelen. Overwegend is het verlangen om bij voorbaat alle gevolgen in details te kunnen overzien van een stilstand in de waterverstrekking, evenals van de mogelijke oorzaken van een bedrijfsstoring, kennelijk in de verwachting om tegen iedere voor hen sprekende mogelijkheid voorzorgsmaatregelen te treffen. Dit mag men bij voorbaat uitgesloten achten. Niet alleen is het een onbegonnen werk, niet alleen wordt men in den regel overvallen door onvoorziene en daarbij veelal op zich zelf hoogst bescheiden oorzaken, doch het is evenmin mogelijk zich tegen alles te wapenen. Er zijn zaken waarin men, hoe dan ook, zal moeten blijven berusten.

Wat begint men tegen het onmiddellijk ophouden van de vulling van closetreservoirs als de druk wegvalt; wat tegen het terugloopen der watermeters; hoe voorkomt men de gevolgen van het vastraken van vaste deeltjes in die meters na het wederom op gang brengen van den aanvoer; hoe het mede daardoor veroorzaakt verstoppen van eenheidskranen; hoe helpt men de wijken, die op leidingwater zijn aangewezen (en daar moet het heen en die toestand bestaat reeds daar waar het bodemwater brak is of door andere eigenschappen onbruikbaar) aan bad- en kookwater zoolang het water troebel is? Zoo kan men voortgaan.

Maar wáárom zal het bedrijf stoppen, wordt gevraagd met verwijzing naar het voorhanden zijn van reserve-aggregaten. Inderdaad, die zijn in den regel aanwezig, doch dienen ook om het werktuig geregeld in revisie te kunnen nemen en dan is het toch geenszins onmogelijk, dat als één motor uit elkaar ligt, de ander een warmlooper krijgt, of een zuigerveer springt, of er ontstaat een lek in de olie-

leiding, of de sproeier verstopt, of een ander klein mankement treedt op, dat in „een kwartiertje" verholpen is, net genoeg om de watervoorziening in de war te sturen.

Maar als men electriciteit betrekt van de plaatselijke centrale, dan behoeft men toch niets te vreezen? Zonder twijfel zijn die inrichtingen normaal van hoogen graad van bedrijfszekerheid en men behoeft nog niet te denken aan de mogelijkheid van brand in zoo'n centrale (zooals onlangs nog het geval was in Bandjermasin) noch aan ravage veroorzakend springen van vaten met aanzetlucht; evenmin aan het toeval, dat zulk een vat door een lekkage veel spanning heeft verloren juist op het oogenblik, dat op een reserve-motor moet worden overgeschakeld; en men kan wegens de zeldzaamheid de kans veronachtzamen, dat bij centrale krachtstations de hoogspanningsleiding wordt vernield, waardoor nog niet lang geleden Soerabaja zonder stroom kwam te zitten; men ziet over het hoofd de kans, dat bij het uitvoeren van werken een kabel slechts wordt beschadigd, waardoor reparatie noodig wordt (tijdens den aanleg der waterleiding te Palembang werd tot drie keer toe een telefoonkabel door gravende koelies getroffen); men behoeft op ieder dier zaken afzonderlijk niet bedacht te zijn, maar geve zich rekenschap van de groote verscheidenheid van dergelijke oorzaken, waardoor de mate van het risico bepaald wordt, terwijl daarnevens ook zeer normale manipulaties aanleiding kunnen zijn om een korte wijle den stroomtoevoer te staken, zooals het vervangen van een transformator, van een doorgeslagen zekering, enz.

De oorzaken der belemmering van den aanvoer van water naar het verzorgingsgebied doen zich uiteraard in sterker mate gevoelen als een distributiereservoir van bekwamen inhoud ontbreekt en dat geldt a fortiori in die gevallen, waarbij de druk bij het begin van het net zoo gering is, dat een pompstation niet kan worden ontbeerd.

Ieder geval moet daarvoor op zich zelf worden beschouwd. Niet overal zijn de bedreigingen van denzelfden aard. Bij flauwhellende leidingen zij men bedacht op het verzamelen van lucht in de toppen. Loemadjang was een jaar of wat geleden eenige etmalen van water verstoken tengevolge van onhandig bedienen van de ontluchtingsventielen. Manado onderging dat lot enkele jaren geleden, toen door bandjirs bruggen werden weggeslagen, die de aanvoerbuis droegen. Het aanvaringsgevaar van dergelijke kunstwerken is evenmin denkbeeldig; de gietijzeren hoofdaanvoerleiding van Soerabaja is wel eens gesprongen en die van Tegal wel eens uiteengerukt tengevolge van de werking van schuivende gronden, die niet waren te vermijden; de eenige zinker, die Palembang op den rechter rivieroever van water voorziet, is wel eens vernield door een stoomer, die zijn anker liet slepen, gelukkig nog vóór dat het bedrijf was geopend; de gevolgen van bandjirs heeft (na de groote uitbarsting van den Merapi) de stad Djokjakarta ondervonden, evenals Medan nog betrekkelijk kort geleden; beide plaatsen zagen er haar hoofdaanvoerleiding door vernield; aardbeving heeft parten gespeeld zoowel in Koetaradja als in Manado. Zoo zijn er ongetwijfeld wel meer voorbeelden aan te halen.

Het doel van dit betoog is allerminst om betrokkenen nu eens erg huiverig te maken voor het toepassen van zuiver pompbedrijf, evenmin om te doen uitkomen, dat ik zelf terug zou deinzen om het toe te passen als de omstandigheden daartoe noodzaken. Een ieder begrijpt, dat men daarop is aangewezen voor groote steden in de lage landen, als Amsterdam Rotterdam, e.a. Bedachtzaamheid is echter iets anders dan angst. Ik voerde dit alles slechts aan ter motiveering van het inzicht, *dat zoolang het nog maar eenigszins mogelijk is hoogreservoirs in het stadsnet op te nemen, men dat beslist niet mag nalaten.*

Het subtiele karakter van drinkwatervoorzieningen en haar gevoeligheid voor kortstondige storingen eenerzijds en de bijzondere moeilijkheden die zich h.t.l. doen gelden anderzijds manen tot extra voorzichtigheid. Onder die bijzondere omstandigheden reken ik in de eerste plaats de bescheiden capaciteit der werken, waarmede in den regel kan worden volstaan. Hoe grooter het vermogen der werktuigen, hoe grooter normaliter hun bedrijfszekerheid. Daarbij noopt de bouwtrant der steden tot kostbare leidingnetten en wat daartoe behoort, nopen de verhoudingen vaak tot lange aanvoerleidingen, kostbare zuiveringswerken, kortom tot een hoogen kapitaalslast per aansluiting. Dat dwingt tot aanvaarding van risico's die men anders gaarne zou vermijden, bijvoorbeeld van enkelvoudige aanvoerleidingen en zinkers. Dat leidt ook tot het beperken van de exploitatie-kosten en het derhalve genoegen nemen met personeel van bescheiden allure, hetgeen mede risico insluit, vooral daar waar ter plaatse niet kan worden gerekend op vakkundige hulp, werktuigkundige, electrotechnische en vooral technologische, waarbij tevens zij gewezen op de bepaald beperkte voorraden, die h.t.l. worden aangehouden, zelfs van de meest eenvoudige artikelen en materialen. En terwijl men genoodzaakt is zoo zuinig mogelijk te zijn met personeel voor den buitendienst, voor de bewaking der vaak tientallen kilometers lange aanvoerleidingen, ontbeert men den steun van andere overheidsdiensten, politie, waterstaat, gemeentewerken. Dat is alles in deze landen maar dun gezaaid. Steden en wat aanspraak maakt op dien naam, liggen dertig, vijftig, honderd kilometer uiteen en daartusschen treft men in hoofdzaak niet meer dan gehuchten aan en wat dorp zou mogen heeten, zal nog jaren moeten wachten eer er sprake zal zijn van „openbare diensten".

Deze laatste alinea schreef ik in hoofdzaak voor de eventueele lezers, die Indië niet kennen en voor wie het op het eerste gezicht onbegrijpelijk moet voorkomen, dat de drinkwatervoorziening van zulke bescheiden plaatsen ons voor zulke belangrijke vraagstukken kan zetten, belangrijk in bouwtechnisch, technologisch en financieel opzicht.

Ik moge dit tot besluit toelichten met een enkel voorbeeld van een werk, dat thans aan de orde is.

Voor Pontianak, gelegen aan den benedenloop van een machtige rivier, te midden van zich op

beide oevers wijd uitstrekkende moerassen, met een bodem van inderdaad nog slechtere geaardheid, dan blijken kan uit de enkele gegevens omtrent het draagvermogen vermeld in den aanhef van dit opstel, is men jaarlijks gedurende maanden genoodzaakt het zure veenachtige moeraswater te verwerken. De ligging vlak bij zee toch is oorzaak, dat zelfs die moerassen diep het land in gedurende maanden verzilten. Daarom moet in tijden van brak en zout worden van de rivier het ruwe moeraswater gewonnen worden op een punt gelegen op rond 6 km afstand van het zuiveringsetablissement, dat op zijn beurt rond 8 km van de overzijde van het stadscentrum verwijderd is. De verbinding met de verschillende stadswijken eischt drie zinkers van respectievelijk 500, 400 en 250 m lengte, wel is waar van bescheiden diameters. Voor dit derhalve geheel van pompen afhankelijk bedrijf is men zoo gelukkig geweest voor den bouw van de zuiveringsinrichting en den watertoren te elfder ure en zij het ook op grooten afstand een betrouwbaar stukje grond te vinden, een graniettop, die uitsteekt boven de veertig tot honderd en meer meter dikke en daarbij zeer slappe veenlagen. Dat aldus per te verwachten eenigszins draagkrachtige aangeslotene een som van rond *f* 600,— zal moeten worden geïnvesteerd behoeft dus zeker niet te verwonderen.

Ten slotte breng ik te dezer plaatse dank aan prof. ir. P. P. Bijlaard, prof. dr. ir. C. P. Mom en ir. N. D. R. Schaafsma voor de door hen gegeven en met erkentelijkheid aanvaarde waardevolle aanwijzingen.

Bandoeng, Juni 1939.