

DE INGENIEUR IN INDONESIË

OCTOBER 1957

Orgaan van de Groep Indonesië van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs.
Tijdschrift gewijd aan Techniek en Wetenschap in Indonesië,

waarin opgenomen

De Waterstaats-Ingenieur, opgericht in 1913

en

De Mijningenieur, opgericht in 1919.

Commissie van Toezicht :

ir G. H. Pesman
ir B. W. Colenbrander
ir W. van der Lee
ir A. C. Vreede

Commissie van Redactie :

Hoofdred. : Prof. ir V. R. v. Romondt
Leden : ir Rd. Agoes Prawiranata

Abonnementsprijs: Rp. 30.— per jaar.

Afzonderlijke nummers: Rp. 10.—

Redactie-adres (zonder vermelding van persoonsnamen): Djl. Ganeça 10, Bandung (Tel. Bd. 8251).

Adres voor Administratie en abonnementen: Djl. Braga 38, Bandung (Tel. Bd. 4220).

Adres voor advertentie: Reclamebureau Grafica. Djati Petamburan 1 no. 2, Djakarta (Tel. Kota 319).

Artikelen :

Pag. 49: Afscheid en Erratum — pag. 50 t/m 52: Notulen jaarvergadering te Djakarta op 7 Juli 1957 — pag. 53: Necrologie, Adreswijzigingen en Opinie-onderzoek — pag. 54 t/m 58 en 61: Basic approach to the vertical pulling of piles — pag. 59 t/m 61: De tewaterlating van de onderzeese olieafvoerleiding te Bunju — pag. 62 t/m 65: Verbetering der bandjir-afvoeren van het Meratus-gebergte in Z.O. Kalimantan — pag. 66 t/m 78: Afstandsmeting met de Geodimeter.

AFSCHEID

„The Mining Exploration- (or Geological-) Engineer and the possibilities of the Occurrences of Sulphur and Phosphates in Indonesia” luidde het onderwerp, dat Prof. ir P.G.H.A. Fermin had gekozen voor het college, waarmee hij op 25 Mei 1957 afscheid nam van de Technische Faculteit te Bandung, en daarmee van Indonesië, dat ruim dertig jaar op voortreffelijke wijze door hem werd gediend.

In het dankwoord, dat hem werd gebracht, klomk de grote waardering voor hetgeen Prof. Fermin in zijn afdeling tot stand bracht, en ontving hij als kroon op de arbeid: de uitreiking van het ingenieurs-diploma aan twee van zijn eerste discipelen.

Het Bestuur van de Groep Indonesië van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs voegt aan deze kroon toe het purper van grote erkentelijkheid voor hetgeen Prof. Fermin als Hoofdredacteur voor dit blad heeft verricht, voor de grote toewijding waarmee hij deze functie uitoefende en voor de kostbare tijd, die hij naast eigen drukke werkzaamheden aan deze taak heeft gegeven.

In grote toewijding heeft „gegeven”; niet: „ge-offerd”.

Immers, onze afgetreden hoofdredacteur gaf zijn energie ten volle aan „de Ingenieur in Indonesië” in

de overtuiging, dat het blad bijzonder waardevol is voor het onderhouden en verstevigen van de band tussen de in Indonesië werkende leden van het Instituut.

Het Groepsbestuur deelt deze overtuiging geheel.

De exploratie van fosfaten is gericht op de bereiding van fosforzuurmeststoffen; zij is deel, maar vóóral: middel tot bevordering van groei en rijkdom van het gewas.

Zo moet „de Ingenieur in Indonesië” in de eerste plaats worden gezien als de voor U, lezers, geploegde vruchtbare bodem die het zaad van Uw inspiratie en Uw toewijding welkom heet, opdat ook Uw artikelen getuigen van de bloeirijkdom van het blad.

Dit zijt ge aan onze afgetreden hoofdredacteur verplicht.

W. v. d. L.

Erratum.

In nummer 1/2-1957 van „De Ingenieur in Indonesië” staat op pag 4, 2e. regel „Contributies 1956”; verzoeken hiervoor te lezen „Contributies verslagjaar”.

KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS
Groep Indonesië

BESTUURSMEEDEDELINGEN.

Notulen van de Jaarvergadering van de Groep Indonesië, gehouden in de „Sportclub” te Djakarta op 7 Juli 1957

De agenda van deze vergadering, die tijdig aan alle leden was toegezonden, luidde als volgt:

1. Opening.
2. Goedkeuring van de Notulen van de Groepsvergadering d.d. 27 mei 1956 te Palembang (zie „De Ingenieur in Indonesië” 1956 — No. 3, blz. 72).
3. Samenstelling van het Groepsbestuur en van de Groepsvertegenwoordiging in de Raad van Bestuur.
4. Goedkeuring van het Jaarverslag van de Secretaris over 1956 (zie „De Ingenieur in Indonesië” 1957 — No. 1/2, blz. 2).
5. Goedkeuring van het Jaarverslag van de Penningmeester over 1956 alsmede het verslag der Verificatie-commissie (zie „De Ingenieur in Indonesië” 1957 — No. 1/2, blz. 3-5).
6. Benoeming van de Verificatie-commissie 1957.
7. „De Ingenieur in Indonesië”.
8. Activiteit van de Groep.
9. Positie van de Vereniging van Waterstaatsingenieurs in Indonesië en de Vereniging van Ingenieurs en Geologen bij de Dienst van de Mijnbouw in Indonesië.
10. Groepsvergadering 1958.
11. Rondvraag.
12. Sluiting.

Ter vergadering zijn aanwezig Groepsbestuursleden:

ir G. H. Pesman	— voorzitter
ir E. W. Vreedenberg	— secretaris
ir A. J. Ensink	— commissaris
mr ir Go Dhiam Ing	— „
ir Ph. H. Huisman	— „
ir W. van der Lee	— „

terwijl tevens aan de bestuurstafel waren genodigd de volgende vertegenwoordigers van Kringen en Werkcomité's:

ir H. v. d. Breggen	— Balikpapan
J. A. 't Hooft Dipl. Ing.	
E.T.H.	— Billiton
ir H. D. Huët	— Djakarta
ir N. M. W. Vermeulen	— Palembang
ir W. F. Küpper	— Surabaya

Ir. van der Lee vertegenwoordigde tevens de Kring Bandung. Van Medan en Semarang waren geen vertegenwoordigers aanwezig.

Verder waren ter vergadering aanwezig 38 gewone

leden en het junior-lid Sjafaril, zodat het totaal aantal der aanwezigen 50 bedroeg.

1. Opening.

Met een welkomstwoord aan alle aanwezigen, speciaal ook gericht tot hen, die van verre zijn gekomen, opent de Voorzitter om 10.20 uur de vergadering. Hij spreekt daarbij zijn voldoening uit over de belangstelling van de leden, die uit de goede opkomst blijkt.

Tot Bestuur en leden van de Kring Djakarta richt hij vervolgens een hartelijk woord van dank voor de wijze waarop deze jaarbijeenkomst door hen is georganiseerd.

Vervolgens vraagt de Voorzitter de aandacht van de vergadering voor een persoonlijk openingswoord (dit zal afzonderlijk worden verslagen).

2. Goedkeuring van de notulen van de Groepsvergadering d.d. 27 Mei 1956 te Palembang.

De vergadering keurt de notulen goed, zoals deze gepubliceerd zijn in „De Ingenieur in Indonesië” 1956 — No. 3, blz. 72.

3. Samenstelling van het Groepsbestuur en van de Groepsvertegenwoordiging in de Raad van Bestuur.

De Voorzitter vraagt aan de vergadering of met de huidige samenstelling van het Groepsbestuur en de vertegenwoordiging in de Raad van Bestuur, te weten:

ir G. H. Pesman	— voorzitter
ir A. C. Vreede	— vice-voorzitter
ir E. W. Vreedenberg	— secretaris
ir B. W. Colenbrander	— penningmeester
ir A. J. Ensink	— commissaris
mr ir Go Dhiam Ing	— „
ir Ph. H. Huisman	— „
ir W. van der Lee	— „
Prof ir C. O. Schaeffer	— „
ir P. C. Schell	— „
Prof ir A. M. Semawi	— „
ir G. S. Vrijburg	— „
ir W. D. P. Stenfert	— groepsvertegenwoordiger
ir K. H. R. Hoyer	— „

accoord gegaan kan worden. De vergadering brengt hiertegen geen bezwaren naar voren en daarmee is de huidige samenstelling van het Groepsbestuur en de Groepsvertegenwoordigers goedgekeurd.

De Voorzitter dankt de vergadering voor dit blijk van vertrouwen in het huidige Bestuur.

4. Goedkeuring van het Jaarverslag van de Secretaris over 1956.

De Voorzitter verzoekt de vergadering even op te staan ter herdenking van de leden van de Groep Indonesië waarvan sedert de vorige Jaarvergadering bekend werd dat zij ons ontvielen, te weten:

Dr. Ir. Jap Kie Ling (zie „De Ingenieur in Indonesië” No. 3 - 1956, blz. 77).

en

Ir. P. F. N. v.d. Graaff (van wijlen Ir. v.d. Graaff kon niet over een levensbeschrijving worden beschikt).

De Voorzitter vraagt vervolgens de vergadering om de goedkeuring van het door de Secretaris opgestelde Jaarverslag over 1956, gepubliceerd in „De Ingenieur in Indonesië” No. 1/2 van de Jaargang 1957. De vergadering brengt geen bezwaren naar voren en hiermede is het Jaarverslag goedgekeurd.

De Voorzitter zegt een woord van dank aan de vorige Secretaris, E. Fick, Dipl. Ing. E. T. H. voor de samenstelling van het verslag.

5. Goedkeuring van het Jaarverslag van de Penningmeester over 1956 Alsmede het Verslag der Verificatiecommissie.

De vergadering heeft geen aan- of opmerkingen met betrekking tot het door de Penningmeester over 1956 samengestelde Jaarverslag, noch ten aanzien van het Verslag van de Verificatiecommissie.

Op grond hiervan worden beide verslagen goedgekeurd, waarna de Voorzitter de Penningmeester dechargeert, terwijl hij aan hem zijn dank betuigt voor het door hem gevoerde beleid, alsmede aan de heren Ir. M. Th. Wiessner en Ir. M. Westerduin voor hun werkzaamheden als lid der Verificatiecommissie.

6. Benoeming van de Verificatiecommissie 1957.

Nadat er de voorkeur voor was uitgesproken, dat de leden van de Verificatiecommissie 1957 te Bandung woonachtig zouden zijn, verklaarden Ir. M. Th. Wiessner alsmede Prof. Ir. F. Kruger zich bereid om de genoemde commissie te vormen, waarmede de vergadering gaarne instemde.

7. „De Ingenieur in Indonesië”.

„Mij past”, aldus begint de Voorzitter, „in deze vergadering nogmaals een woord van dank aan de afgetreden Hoofdredacteur, Prof. Ir. P. G. H. A. Fermin, voor het vele en goede werk dat hij voor ons tijdschrift heeft willen verrichten”.

Vervolgens gaf spreker uiting aan zijn waardering voor Prof. Ir. V. R. van Romondt, die zich bereid heeft verklaard om voorlopig de taak van Hoofdredacteur op zich te nemen en hij wenste hem daarbij alle succes toe.

De Voorzitter deelt vervolgens mede, dat als nummer 4 van dit jaar een Djakarta-nummer zal verschijnen.

Overigens blijft hij aandringen op copie, daarbij, evenals verleden jaar er de nadruk op leggende, dat wij met ons tijdschrift niet moeten trachten te concurreren met de grote vakbladen van het Westen, doch als doel moeten zien om een beeld te geven van de technische ontwikkeling in Indonesië en van

het aandeel dat de ingenieur hierin heeft.

Vervolgens ontpint zich een gedachtenwisseling, welke als volgt kan worden geresumeerd:

Het enthousiasme voor het tijdschrift is evenredig aan het aantal nummers; dit laatste is afhankelijk van de hoeveelheid copie, waarbij, volledigheidshalve, dient te worden toegevoegd, dat de kosten, dank zij de bijzonder gewaardeerde hulp van de adverteerders, in deze slechts van minder groot belang behoeven te worden geacht.

Het vervangen van „De Ingenieur in Indonesië” door gedrukte of zelfs gestencilde „mededelingen” naast meer regelmatige publicaties van de Groep in de Nederlandse „De Ingenieur” wordt unaniem zowel uit een oogpunt van „standing” als wegens de financiële consequenties niet aanbevelenswaardig geacht zolang de Hoofdredacteur nog van mening is, dat ons tijdschrift kan blijven voortbestaan.

Op voorstel van het lid Huët zal door het Groepsbestuur onder de leden een enquête worden gehouden over de vraag, aan welk soort artikelen de voorkeur wordt gegeven. Is dit eenmaal bekend, dan mag wellicht ook vertrouwd worden, dat het aantal aangeboden artikelen zal stijgen. Namens de Commissie van Toezicht, alsmede namens de Hoofdredacteur vraagt Ir. van der Lee wel de speciale aandacht van de leden voor dit opinie-onderzoek, zodat Redactie en Commissie van Toezicht zich gesteund zullen kunnen voelen door zoveel mogelijk leden.

Tijdens de Rondvraag wordt nog nader teruggeko-men op „De Ingenieur in Indonesië”.

8. Activiteit van de Groep.

De Voorzitter wijst erop dat blijkens de verslagen van de Kringen en Werkcomité's het aantal lezingen en excursies, de beste maatstaf voor de activiteit, nog steeds gering is (Djakarta en Balikpapan 4 „evenementen” per jaar, de andere Kringen/Werkcomité's slechts 0—2) en dat men zich toch heus wel af moet vragen, of er geen tijd of gelegenheid gevonden kan worden voor wat meer activiteit. Men diene niet te blijven „teren” op de Jaarvergadering doch gestreefd zou moeten worden — in navolging van Surabaya — naar het éénmaal per maand bijeenkomen, desnoods zonder lezing of excursie, doch slechts bij een borrel of een lunch. Activiteit verder, dient niet alleen van de Besturen te komen, doch de leden zelf dienen ook wat te doen. Vervolgens vraagt de Voorzitter de opinie van de vergadering, waarop de volgende ideeën naar voren komen.

Ir. Schneider (Palembang) suggereert het lenen van films van grote bedrijven in Nederland, welke zouden kunnen rouleren, en waarbij een der leden een inleidend woord zou kunnen spreken. Het Groepsbestuur zal een en ander nader uitwerken bv. door contact met het K.I.V.I. den Haag of met de plaatselijke vertegenwoordiging van de Nederlandse industrie op te nemen.

Ir. Küpper deelt mede, dat in zijn Kring (Surabaya) een programma van maandelijks bijeenkomsten is opgesteld volgens een systeem, dat de leden zich zelve hebben opgelegd en dat het zich laat aanzien dat dit goed zal werken.

Een weinig dwang kan, aldus de Voorzitter, blijkbaar geen kwaad!

9. Positie van de Vereniging van Waterstaatsingenieurs in Indonesië en de Vereniging van Ingenieurs en Geologen bij de Dienst van de Mijnbouw in Indonesië.

In het hoofdje van „De Ingenieur in Indonesië” worden vermeld „De Waterstaats-Ingenieur” en „De Mijningenieur”, terwijl in Hoofdstuk VI, artikel 18 van het Reglement van de Groep Indonesië van het K.I.V.I. de bovengenoemde twee verenigingen worden genoemd.

Aangezien reeds geruime tijd geen levenstekenen van of betreffende deze verenigingen werden ontvangen, ook niet naar aanleiding van een oproep in nummer 1/2 — 1957 van ons tijdschrift, acht het Groepsbestuur het gewenst om nadere informatie inzake deze verenigingen te verkrijgen. Uit de vergadering komt vervolgens een aantal mededelingen voort, deels van historisch, deels van juridisch, deels van humoristisch en deels van culinair karakter, waaruit evenwel de huidige „de facto” noch de „de jure” positie van de verenigingen in kwestie kan worden afgeleid. De vergadering machtigt vervolgens het Bestuur om te trachten deze aangelegenheid nader af te wikkelen, waartoe in eerste instantie contact met Prof. Ir. Berkhout, Ir. Brand (beiden in Nederland) en Prof. Ir. Akkersdijk te Bandung zal worden gezocht.

10. Groepsvergadering 1958.

Wanneer het bestaande „rouleer-systeem” blijft gehandhaafd zou de Kring Bandung in 1958 in aanmerking komen om als gastheer voor de Jaarvergadering te fungeren. Hoewel niet speciaal door de Voorzitter van genoemde Kring daartoe gemachtigd, verklaart Ir. van der Lee, dat Bandung gaarne de zorg voor deze vergadering op zich zal nemen, waarvoor de Voorzitter hem namens Bestuur en Leden bedankt.

Op een vraag van Ir. Vermeulen of andere plaatsen dan Bandung, Surabaya, Palembang en Djakarta niet eveneens voor de vergadering in aanmerking zouden kunnen komen, wordt geantwoord dat de „excentrische” ligging, implicerende een lange reisduur met hoge vervoerskosten, alsmede de huisvestingsmogelijkheden hiervoor een bezwaar zijn gebleven.

Niettemin zal het Bestuur gaarne nagaan of Billiton, zo niet in 1958, dan wellicht wel in 1959 in aanmerking zou kunnen komen om als gastheer voor de vergadering op te treden.

11. Rondvraag.

a. De Secretaris wijst op een bijzonder interessant gedenkboek uit 1897, dat werd uitgegeven ter gelegenheid van het 50-jarig bestaan van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs en dat ten kantore Braga 38 ter inzage ligt.

b. Ir. Vermeulen brengt in aansluiting aan de eerder door de Voorzitter uitgesproken woorden, dat „een beetje dwang geen kwaad kan”, naar voren dat ook ten aanzien van het leveren van copie van ons tijdschrift het opleggen van een taak succes zal moeten opleveren. Hij suggereert dat iedere Kring/Werk-

comité per 20 leden (of minder) één artikel per jaar voor „De Ingenieur in Indonesië” levert.

Na enige gedachtenwisseling wordt deze suggestie door de Vergadering gaarne aanvaard, zodat erop gerekend zal mogen worden dat op basis van het aantal leden per 1 januari 1957 in een jaar tijds aangeboden worden:

door Balikpapan	minstens één artikel
Bandung	6-7 artikelen 1)
Billiton	1 artikel
Djakarta	5 artikelen
Palembang	3 artikelen
Surabaja	2 artikelen

totaal derhalve ongeveer een twintigtal artikelen.

Het bovenstaande zal, mede ter informatie van Medan en Semarang alsmede van de rechtstreekse leden in een rondschriven nader worden uitgewerkt, waarbij tevens verzocht zal worden het eerste artikel binnen 4 maanden aan te bieden.

c. Ir. Wiessner vraagt of het mogelijk is om zo vroeg mogelijk aan hen die de Jaarbijeenkomst bezoeken, een lijst te geven met de namen van alle deelnemers aan deze bijeenkomst.

Bij de volgende Jaarvergadering zal getracht worden met deze waardevolle suggestie rekening te houden.

d. Ir. Schneider stelt de vraag of artikelen in „De Ingenieur in Indonesië” speciaal betrekking moeten hebben op Indonesië. Inderdaad, zo wordt geantwoord, is dit de bedoeling, doch indien een artikel met betrekking op een ander land in duidelijk verband staat met omstandigheden hier te lande, dan is plaatsing zeker niet uitgesloten.

e. Op verzoek van de vergadering zal het Bestuur nogmaals nagaan of het niet te regelen zou zijn dat, in analogie met hier te lande per schip arriverende ingenieurs, ook aan per vliegtuig aankomende betrokkenen een welkomstbrief namens de Groep wordt aangeboden. Opgemerkt wordt, dat destijds hiertoe aangewende pogingen vruchteloos zijn gebleven.

f. Namens het Kringbestuur van Djakarta delegeert Ir. Huët gaarne de aan Djakarta ter gelegenheid van deze jaarvergadering toegezwaaide lof aan alle leden, die door hun aanwezigheid en belangstelling de evenementen van deze vergadering tot een succes hebben gemaakt.

g. Ir. Stärk spreekt namens alle Groepsleden zijn dank uit aan het Groepsbestuur voor de in het afgelopen jaar betoonde activiteit.

12. Sluiting.

Met een woord van dank aan alle aanwezigen voor hun zo duidelijk gebleken constructieve interesse sluit de Voorzitter om 11.55 uur de Jaarvergadering.

DJAKARTA, 14 juli 1957.

De Secretaris.

(w.g. E.W. Vreedenberg).

1) Bandung onder voorbehoud van een nadere bespreking in het Kringbestuur.

NECROLOGIE

Van de N.V. Deli Spoorweg Maatschappij te Medan ontvingen wij bericht, dat op 24 Juli 1957 tot haar groot leedwezen aldaar plotseling is overleden : **Ir. G. Vleemingh**, in leven Chef van de Dienst van Tractie, Materieel en Werkplaatsen bij haar bedrijf te Medan.

Zij zond ons de volgende gegevens toe :

Ir G. Vleemingh (1925—1957)

- 1951 Diploma van Werktuigkundig Ingenieur aan de Technische Hogeschool te Delft.
 1952 — 1954 Ingenieur 2e klas bij de N.V. Deli Spoorweg Mij. te Medan.
 1954 — 1955 Chef Algemene Werkplaatsen bij de N.V. Deli Spoorweg Mij. te P. Brayan.
 1955 — 1957 Achtereenvolgens Adj. Chef en Chef van de Dienst van Tractie, Materieel en Werkplaatsen bij de N.V. Deli Spoorweg Mij. te Medan.
 Overleden te Medan (Indonesië). 24 Juli 1957.

Met diep medegevoel betreuren wij het onverwacht heengaan van dit nog jonge en veelbelovende leven.

De Redactie.

Tot ons leedwezen vernamen wij dat op 28 September 1957 te Bandung is overleden

Ir F. L. H. Dessauvage (1881—1957)

Off. O.N. 1947

- 1904 Beedigd tot officier bij het Wapen der Artillerie van het Kon. Ned. Ind. Leger.
 1913 Buiten bezwaar van de Lande ingeschreven als student aan de Technische Hogeschool te Delft.
 1918 Geslaagd voor het Ingenieurs Examen Civiel Ingenieur.
 1919 Bevorderd tot Kapitein.
 1921 In Ned. Indië teruggekeerd en geplaatst eerst als Commandant der Automobiel Compagnie, daarna als Bedrijfsleider bij de Artillerie Werkplaatsen, Projectieffabriek en Art. Constructiewinkel te Bandung.
 1926 Eervol ontslag verkregen uit Militaire Dienst.
 1928 Aangesteld als Leraar aan de Kon. Wilhelmina School (4 jr T.S.) te Batavia.
 1933 — 1950 Oprichter, tevens Directeur van de I.E.V. 3 jr Nijverheidsschool (Dick de Hoog School) en daaraan verbonden tweejarige vervolgcursussen.
 1950 — 1957 Hoofd Normalisatie-kantoor; Secretaris Dewan Normalisasi Indonesia.
 1925 — 1938 In het openbare leven achtereenvolgens lid Prov. Raad; Gedeputeerde v/d Prov. Raad West Java, lid Gem. Raad Batavia; Wethouder Batavia, lid Gem. Raad Bandung, Wethouder, loco-Burgemeester Bandung.
 1947 — 1948 Parlements-lid Negara Pasoendan.

De Redactie

ADRESWIJZIGINGEN

Bij het controleren van de ledenlijsten van de Groep Indonesië van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs is gebleken dat daarin meerdere onjuistheden voorkomen.

Met het verbeteren werd reeds een aanvang gemaakt.

Het zal evenwel bijzonder op prijs gesteld worden indien alle leden van de Groep wier adres een verandering ondergaat, daarvan zo tijdig mogelijk kennis geven aan de Administratie, Djalan Braga 38 te Bandung.

OPINIE-ONDERZOEK

Naar aanleiding van een suggestie, die op de laatste jaarvergadering te Djakarta in juli j.l. naar voren werd gebracht, gelieve de lezer in dit nummer een „inlegvel” aan te treffen, waarop een aantal vragen zijn gesteld ten aanzien van zijn voorkeur voor de aard der artikelen, die in ons orgaan een plaats zouden kunnen krijgen.

De Redactie van „De Ingenieur in Indonesië” als mede de Commissie van Toezicht vragen hierbij de bijzondere belangstelling van alle lezers voor dit opinie-onderzoek en verzoeken het ingevulde enquête-formulier, dat gemakshalve reeds is geadresseerd en slechts behoeft te worden dichtgeniet en gefrankeerd — al dan niet door tussenkomst van de secretarissen van de Kringen/Werkcomité's — zo spoedig mogelijk aan de redactie te willen toezenden.

1. Basic approach to the vertical pulling of piles

by

Prof. ir G. Broersma

The general reader who may have tried to pull a walking stick from the mire on a country road, will remember that in certain circumstances it takes a good deal of energy to dislodge it. If the stick has sunk rather deep, even turning and wrenching it in such a way that a cone is described, often will not do the trick. One also remembers the sucking noise of air entering the mire when the walking stick is finally retrieved.

It is the intention to start from physical laws on the behaviour of water flow in the earth and pressure as a function of water content, in order to attack the problem of pulling out a pile. I.e., *d'Arcy's* or a kindred law and *v. Terzaghi's* experimental and theoretical investigations will be employed; also the laws of theoretical and applied mechanics.

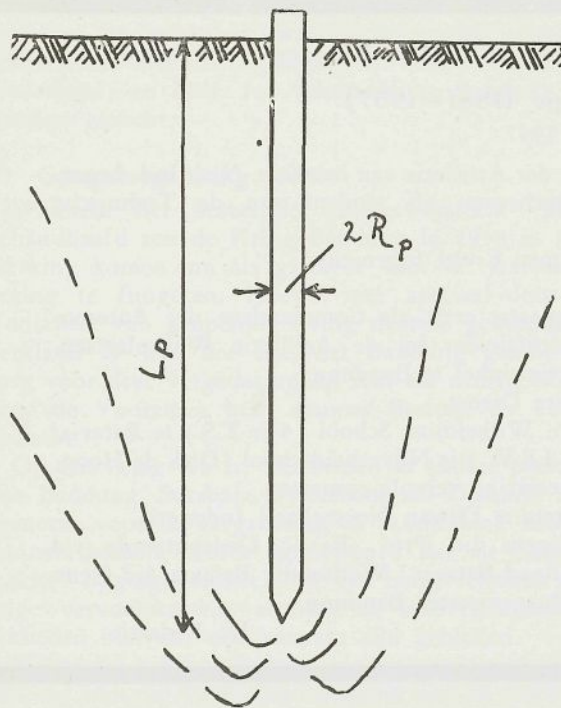


Fig. 1: Vertical pile within the earth.

A pile, being in a vertical position in the earth over a length L_p , and with a circular cross area of constant diameter D_p , will be taken as an example. In principle, it is not essential if a pile with a rectangular (or square) cross area is to be considered.

It will be shown that the significant part of the resisting forces, during its vertical movement when the pile is being pulled out, occur near the point. Movement with a pulling speed of technical significance is possible only if and when air can get near the pile point, thus connecting the atmosphere with the near vacuum in the neighbourhood of the pile point. All deductions apply up to this moment of the air entering the space between pile point and earth. I.e., they yield limited displacements of a pile.

Under certain circumstances, water may sustain large negative pressures. *Ackeret* has shown that in cases of high speed flow, when there is apparently insufficient time for cavitation to occur, and when the flow is non-turbulent, large stresses are present in the water.

In the following discussion the condition at the pile point will be vacuum. It will be shown that actual speeds of the water near the pile point will be large. As the flow is laminar, large stresses may be present in the groundwater (and large pressures in the earth).

The water permeating the surface at a distance ρ from the pile point will be $4\pi\rho^2$ in *d'Arcy's* law, with symmetrical spherical flow when the pile is pulled. The constant K refers to this surface too.

In considering the capillary flow, debouching in the vacuum near the pile point, a discontinuity occurs here. If $\sum_{1}^n \Delta\theta =$ sum of the capillary cross-sections and ϵ_{R_p} specific water content at $\rho = R_p$:

$$\sum_{1}^n \Delta\theta \Delta\rho = \epsilon_{R_p} \frac{2\pi R_p^2}{\text{semi-sphere}} \Delta\rho$$

On the left hand: Geometrical pore volume.

On the right hand: Physical water volume.

$$\sum_{1}^n \Delta\theta = 2\pi\epsilon_{R_p} R_p^2$$

If all capillaries are assumed to have the same cross section, $\Delta\theta_1$, and if there is a mean speed V_m , then for continuity's sake at the pile point:

$$n\Delta\theta_1 V_m = 2\pi\epsilon_{R_p} R_p^2 V_m$$

But also:

$$n\Delta\theta_1 V_m = \frac{dh}{dt} \pi R_p^2$$

On the right hand: Volume displaced by pile in time dt

Therefore:

$$V_m = \frac{1}{2\epsilon_{R_p}} \frac{dh}{dt}$$

$\frac{dh}{dt}$ = pile speed.

Is ϵ_{R_p} a few 0/00, then V_m should be a factor larger than $\frac{dh}{dt}$. I.e., V_m can have a large value in the capillary flow.

Large stresses may then be imagined.

Air or vapour coming from elsewhere is needed to break down the pressure system at the pile point.

As flow speeds are low at a great distance and pressures also are low, a condition may occur for cavitation: Gas or vapour may be separate from the water at a large distance and sucked up to the pile point.

The stress system calculated from the capillary water movement in the earth.

In fig. 2 a sketch is given of the pile being lifted over Δh . The flow lines are merely indicative of a water movement through the earth *superimposed* on the existing water flow. This movement is necessary in order to fill the volume between pile point and the earth left behind during the movement of the pile.

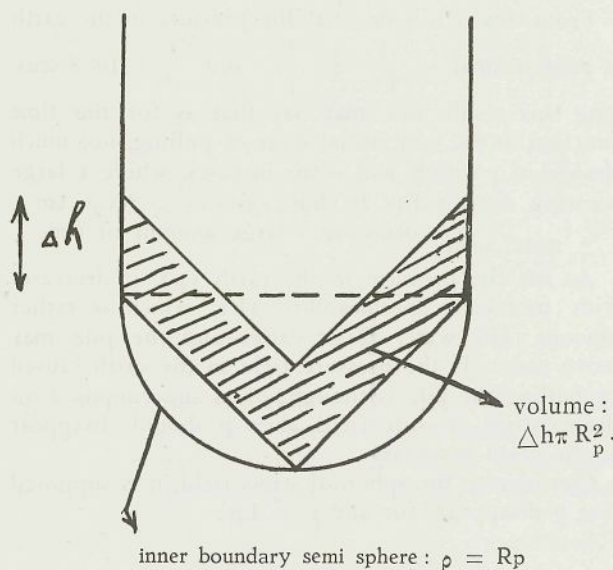


Fig. 2: Vertical pile lifted.

The change in watercontent of the earth will show itself in a change of pressure according to Terzaghi's experiments. The earth will be compressed and, due to frictional forces the vertical movement of the pile will be resisted.

As deformation of the earth in this case is not being considered, a partial vacuum may exist under the pile point. Capillary flow will start towards the point, due to atmospheric pressure.

The flow picture is not rigorously radial either at a very large or at a very small distance from the pile point. However, as the significant part of the stress problem is in a spherical region within a radius equal to a manifold of the pile diameter, no large error is introduced when spherical symmetry is taken as a basis for the calculations. The region *quite near* to the pile point should be excepted from the mathematical considerations. Due to boundary influences, spherical symmetry disappears here altogether. As a boundary a half sphere with a radius equal to the radius of the pile is chosen. Flow will be taken to be radial to this half sphere.

The various forces in vertical direction are:

- (1) weight of the pile;
- (2) the atmospheric force on the pile cross area above the earth;

- (3) frictional forces of the earth rubbing against the pile surface;
- (4) adhesive forces between the water in the earth and the pile surface; and
- (5) the lifting force, pulling the pile.

Equilibrium yields:

$$F_w + F_{at} + F_f + F_{ad} = F_l$$

Symbols as defined by (1)/(5)

The movement is *not* stationary, as will be seen. Actually instead of the gravity field (g) another acceleration field should be introduced. However, movement is so slow, that acceleration in vertical direction may be equated sensibly to g . I.e.,

$$F_w \cong \text{weight of the pile}$$

Furthermore:

$$F_{at} = \frac{\pi}{4} D_p^2 B$$

in which, apart from symbols defined before, B = atmospheric pressure.

F_f and F_{ad} are to be combined in the present considerations and expressed as F_f simply. For spherical, earth contracting, water flow the differential equation ruling specific watercontent and ground pressure is derived from:

- (1) the equation of continuity of flow

$$2 \frac{v}{\rho} + \frac{dv}{d\rho} = \frac{d\varepsilon}{dt} - \frac{d\rho}{dt} \frac{d\varepsilon}{d\rho}$$

v = velocity; ρ = radius from pile point;
 p = pressure; ε specific watercontent; t = time.

- (2) d'Arcy's equation connecting waterpressure and

$$\text{velocity } v = -k \frac{\partial w}{\partial \rho}$$

k = water permeability coefficient for the earth;
 w = waterpressure.

- (3) the change in waterpressure should equal the change in earth pressure:

$$\text{and therefore } \frac{\partial w}{\partial t} = - \frac{\partial p}{\partial t} \frac{\partial w}{\partial p} = - \frac{\partial p}{\partial t}$$

as well as higher derivatives should be equal.

One obtains finally:

$$2 \frac{k}{\rho} \frac{\partial p}{\partial \rho} + k \frac{\partial^2 p}{\partial \rho^2} = \frac{\partial p}{\partial t} \frac{d\varepsilon}{d\rho}$$

The value of $\frac{d\varepsilon}{d\rho}$ may be found from an equation of the type

$$(p - p_0) (\varepsilon - \varepsilon_0) = C_1$$

representing curves of p vs. ε for different earths, as may be found in reference 1 *).

*) K.v. Terzaghi; Die Theorie der hydrodynamischen Spannungserscheinungen und ihr erdbautechnisches Anwendungsgebiet, Proceedings of the first International Congress for Applied Mechanics, Delft, 1924, 288.

Boundary conditions.

Boundary conditions are seen thus :

1. The water flow and pressure field caused by the movement of pulling the pile should disappear at the earth's surface. This means an indication of and a check on the type of mathematical solutions found in the problem presented here.
2. When the pile is being pulled, the earth will be left in its originally displaced form and geometry. I.e., in the initial stage a volume near the pile point has to be filled with ground water. The pile pulling speed determines the water flow near the pile point. Essentially the pressure should be zero near the pile point.

From the following simple calculation, the order of magnitude of pressures occurring near the pile point may be found. The pile displaces in the unit of time a volume

$$\frac{dh}{dt} \frac{\pi}{4} D_p^2$$

In the semi-sphere limiting the inner boundary water flows with a volume

$$(v)_{R_p} \frac{\pi}{2} D_p^2$$

For continuity's sake when no pressure may exist :

$$(v)_{R_p} \frac{\pi}{2} D_p^2 = \frac{dh}{dt} \frac{\pi}{4} D_p^2$$

$$\text{or } (v)_{R_p} = \frac{1}{2} \left(\frac{dh}{dt} \right)$$

Again according to d' Arcy :

$$(v)_{R_p} = -k \left(\frac{\partial w}{\partial \rho} \right)_{R_p}$$

Introducing finite differences :

$$(v)_{R_p} = - \frac{k (W_{R_p + \Delta R_p} - W_{R_p})}{R_p}$$

As the waterpressure must disappear $(W)_{R_p} = 0$.

Solving then for $W_{R_p + \Delta R_p}$:

$$\begin{aligned} W_{R_p + \Delta R_p} &= - \frac{(v)_{R_p} \cdot \Delta R}{k} = \\ &= - \frac{1}{2k} \frac{dh}{dt} \Delta R \end{aligned}$$

$$\text{Take } \frac{dh}{dt} = 1 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}, \Delta R = R_p = 0,20 \text{ cm,}$$

$$k = 2 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$$

$$W_{R_p + \Delta R_p} = 5 \times 10^4 \text{ cm watercolumn.}$$

Correspondingly, an over-pressure should occur in the earth to the same amount. I.e., an earth pressure of 50 kg/cm².

Solving the differential equation.

When deriving $\frac{d\varepsilon}{dp}$ from a type of equation such as :

$(p - p_0) (\varepsilon - \varepsilon_0) = C_1$, it is possible to find the following type of solution for the differential equation :

$$p = \left\{ \left(\frac{c_2}{2k} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{c_3}{\rho} + C_4 \right\} \left\{ \frac{c_1}{2(c_2 t + c_5)} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

c_1, c_2, c_3, c_4, c_5 being constants.

From this it is seen, that the pressure in the earth is proportional to $\frac{1}{k^{\frac{1}{2}}}$, $\frac{1}{\rho}$ and $\frac{1}{t^{\frac{1}{2}}}$. In discussing this result, one may say that as for the time function in the very initial stage of pulling, not much change in position will occur in cases, where a large resisting force exists. In those cases $c_5 \gg c_2 t$, for $t < t_{\text{limit}}$; t_{limit} denoting a large amount of time.

As for the pressure in the earth (p), it decreases with increasing permeability (k), which is rather obvious. The water flows easier and the pile may move easier. If the pressure field in the earth caused by pulling the pile is thought of as superimposed on the existing pressure field, then p should disappear at the earth boundary.

Considering the spherical stress field, it is supposed that p disappears for any $\rho \geq L_p$:

$$\left\{ \left(\frac{c_2}{2k} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{L_p}{L_p} + \frac{c_3}{L_p} + c_4 \right\} \left\{ \frac{c_1}{2(c_2 t + c_5)} \right\}^{\frac{1}{2}} = 0$$

If this should be true for any time, then

$$\left(\frac{c_2}{2k} \right)^{\frac{1}{2}} L_p + \frac{c_3}{L_p} + c_4 = 0$$

Solving for c_4 and substituting in p :

$$p = \left[\left(\frac{c_2}{2k} \right)^{\frac{1}{2}} \rho + \frac{c_3}{\rho} - \left\{ \left(\frac{c_2}{2k} \right)^{\frac{1}{2}} L_p + \frac{c_3}{L_p} \right\} \right] \left\{ \frac{c_1}{2(c_2 t + c_5)} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

By comparing pressures at R_p and L_p , it is not difficult to reduce the expression to a simpler one :

$$\left(\frac{c_2}{2k} \right)^{\frac{1}{2}} L_p + \frac{c_3}{L_p} \ll \left(\frac{c_2}{2k} \right)^{\frac{1}{2}} R_p + \frac{c_3}{R_p} \text{ so : } \left(\frac{c_2}{2k} \right)^{\frac{1}{2}} \ll \frac{c_3}{R_p L_p}$$

Near pile point and earth it can be proved that the $\left(\frac{c_2}{2k} \right)^{\frac{1}{2}}$ term may be neglected. A rather strange result.

$$p = c_3 \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{L_p} \right) \left\{ \frac{c_1}{2(c_2 t + c_5)} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

For $t = 0$:

$$P_0 = A \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{L_p} \right)$$

in which:

$$A = C_3 \left(\frac{c_1}{2c_5} \right)^{1/2}$$

Pile velocity.

It was shown before that

$$\left(\frac{dh}{dt} \right)_{\text{pile}} = 2V_{R_p}$$

Now:

$$V_{R_p} = -k \left(\frac{\partial w}{\partial \rho} \right)_{R_p} \left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_{R_p}$$

Using the unchanged expression for p :

$$\left(\frac{dh}{dt} \right)_{\text{pile}} = 2k \left\{ \left(\frac{c_2}{2k} \right)^{1/2} - \frac{c_3}{R_p^2} \right\} \left\{ \frac{c_1}{2(c_2 t + c_5)} \right\}^{1/2}$$

$$\text{I.e., pile velocity} \propto k, k^{1/2}, \frac{1}{R_p^2}, \frac{1}{t^{1/2}}.$$

In discussing this result, one may say that pile velocity increases with the water permeability of the earth; as indeed it should. Furthermore, it increases with decreasing pile diameter, which is also rather obvious. (For $R_p = 0$, $\frac{dh}{dt} = \infty$, as indeed it should). Furthermore pile velocity decreases with increasing time. That is to say, another mechanism should interfere, to explain the speeds occurring in practice when the pile is being pulled definitely out of the earth. This mechanism derives from the intervention of outside air being sucked to the pile point, and then breaking down the pressure built up around the pile point as described.

Initial value of the resisting force.

The initial value of the pressure is

$$P_0 = c_3 \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{L_p} \right) \left(\frac{c_1}{2c_5} \right)^{1/2}$$

$$P_0 = A \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{L_p} \right)$$

In order to find the resisting force on the pile due to this pressure system, various assumptions have to be made.

The friction force may be built up from elementary forces, caused by a constant pressure working on a pile element with height $\Delta \rho$. A friction coefficient μ is also introduced, representing the action of the earth on the pile surface. It is probable, that the friction coefficient μ , amongst others, will be a function of the local pressure, the character of the surface of the pile, and the character of the earth. Earth particles may be pressed more or less into the

surface of the pile, depending on the uneven surface of the pile. Also earth layers are compressed depending on local pressures and waterflow velocities. For the time being, however, the friction coefficient is introduced as a constant. It means in effect, that as the greater part of the mechanism is confined to the neighbourhood of the pile point, the earth has been compressed passed a critical value in this region in such a way, that the friction coefficient does not vary essentially.

The initial pulling force may be written:

$$F_{fo} = \int_{R_p}^{L_p} \mu p (2\pi R_p) d\rho$$

After integration:

$$F_{fo} = 2\pi\mu R_p A \left\{ \ln \left(\frac{L_p}{R_p} \right) - \left(1 - \frac{R_p}{L_p} \right) \right\}$$

$$\text{I.e., } F_{fo} \propto \mu R_p \left(\frac{L_p}{R_p} \right).$$

Eliminating A by use of the expression for (p) $\rho \rightarrow R_p$:

$$P_{0,R_p} = A \left(\frac{1}{R_p} - \frac{1}{L_p} \right)$$

and considering that $R_p \ll L_p$:

$$F_{fo} \cong 2\pi\mu R_p^2 P_{0,R_p} \left(\ln \frac{L_p}{R_p} - 1 \right)$$

$$\text{and } F_f \cong 2\pi\mu R_p^2 P_{R_p} \left(\ln \frac{L_p}{R_p} - 1 \right)$$

$$\text{I.e. } F_f \propto \mu R_p^2 \left(\frac{L_p}{R_p} \right), P_{R_p}.$$

$$\text{Or also } P_{0,R_p} \cong T_0 / 2\pi\mu R_p^2 \left(\ln \frac{L_p}{R_p} - 1 \right)$$

$$\text{and } P_{R_p} \cong T / 2\pi\mu R_p^2 \left(\ln \frac{L_p}{R_p} - 1 \right)$$

Example:

On a pile an initial pulling force of 72.000 kg has been measured. For this pile: $R_p = 20$ cm, $L_p = 1600$ cm. Its weight is about 4600 kg. The atmospheric pressure less than half a ton. That is to say $T_0 = 66000$ kg. Take $\mu = 0,25$ (loose sand has a rolling friction of 0.15 to 0.30), then

$$P_{0,R_p} = 27,5 \text{ kg/cm}^2.$$

This is a value for the ground pressure of the order of magnitude as derived before from the simplified boundary calculation near the semi-sphere.

Watercontents (ϵ) proportional to pressure (p).

Now assume that the most significant mechanism occurs in a region where $(\frac{d\epsilon}{dp}) = \text{constant}$. I.e. water content and ground pressure are directly proportional. Then the differential equation for the earth pressure becomes

$$2 \frac{k}{\rho} \frac{\partial p}{\partial \rho} + k \frac{\partial^2 p}{\partial^2 \rho} = a \frac{\partial p}{\partial t}$$

This equation has as a solution

$$p = p_{20} \exp. \left(-\frac{c'_2}{a} t \right) \left\{ \frac{c_{01}}{\rho} \exp. \left(\frac{c'_2}{k} \right)^{1/2} \rho + \frac{c_{02}}{\rho} \exp. - \left(\frac{c'_2}{k} \right)^{1/2} \rho \right\}$$

where: $a = \frac{d\epsilon}{dp}$ p_{20} , c'_2 , c_{01} , c_{02} constants, $\exp.$ = $e^{\dots}$; e = basis of natural logarithm system.

In the expression for p , viz., between the brackets, a second term occurs which decreases to a larger measure with the distance, ρ , to the pile point than the first term. Compare, for instance:

$$(1) t = 0, \rho = R_p :$$

$$p_0 \cdot R_p = \frac{1}{R_p} (C_{01} + C_{02})$$

$$(2) t = 0, \rho = L_p :$$

$$p_0 \cdot L_p = \frac{p_{20}}{L_p} \left\{ C_{01} \exp. \left(\frac{c'_2}{k} \right)^{1/2} L_p + C_{02} \exp. - \left(\frac{c'_2}{k} \right)^{1/2} L_p \right\}$$

Now p_0 , L_p should disappear altogether. There is only validity of p_0 , $L_p \rightarrow 0$ if only the second term between brackets is retained in principle and $C_{01} = 0$. I.e., the solution should be, writing $p_{20} C_{02} = P_{20}$ and combining:

$$p = \frac{P_{20}}{\rho} \left[\exp. (c'_2)^{1/2} \left\{ \frac{(c'_2)^{1/2}}{a} t - \frac{\rho}{(k)^{1/2}} \right\} \right]$$

From this we see:

$$p \propto \frac{1}{\rho}, e^{\dots - \rho}, \frac{1}{k^{1/2}}, e^{\dots t}, \left(\frac{dp}{d\epsilon} \right)$$

This solution covers the former solution in first order.

One again finds, that p increases with decreasing permeability (k); and increases with increasing $\frac{dp}{d\epsilon}$, i.e. the more change there is of pressure with water-content. Due to the sign of ρ in the exponent, as well as the first ρ -term in front of the exponential form, it is obvious that p decreases sharply with increasing distance to the pile point. With increasing time, p increases. This means that more constraining pressures occur with time. The pile will therefore only move finally if a new mechanism is introduced, which breaks up this condition. This can only be the inter-

vention of air coming in at the pile point and breaking down the vacuum conditions.

Pulling force.

As before the pulling force should equal the weight of the pile, the atmospheric pressure on the pile cross section above the earth and a friction force;

$$F_f = \int_0^{L_p} \mu p (2\pi R_p) d\rho.$$

$$\text{or also } F_f = 2\pi R_p P_{20} \left\{ \exp \left(\frac{C'_2}{a} \right) t \right\}$$

$$\int_0^{L_p} \frac{\mu}{\rho} \left\{ \exp - \left(\frac{C'_2}{k} \right)^{1/2} \rho \right\} d\rho$$

If μ is taken to be a constant again, the integral may be solved directly.

$$F_f = 2\pi \mu R_p P_{20} \left\{ \exp \left(\frac{C'_2}{a} \right) t \right\}$$

$$\left\{ \ln \left(\frac{L_p}{R_p} \right) + \sum_1^n (-1)^n \left(\frac{C'_2}{k} \right)^{1/2} \frac{n}{2} \left(\frac{L_p^n - R_p^n}{n!} \right) \right\}$$

It may be shown that the series between the brackets converges conveniently.

As constants occur μ , P_{20} and C'_2 , which may be decided by experiments.

For $t = 0$,

$$F_{f0} = 2\pi \mu R_p P_{20} \left\{ \ln \left(\frac{L_p}{R_p} \right) + \sum_1^n (-1)^n \left(\frac{C'_2}{k} \right)^{1/2} \frac{n}{2} \left(\frac{L_p^n - R_p^n}{n!} \right) \right\}$$

Obviously this expression leads to the former formula, taking $P_{20} = A$, the first term of the series only, i.e. the $(L_p - R_p)$ term, neglecting all others.

Pile velocity during pulling.

In the same way as before, the pile velocity is derived:

$$\left(\frac{dh}{dt} \right)_{\text{pile}} = -2k \left\{ \frac{1}{R_p} + \left(\frac{C'_2}{k} \right)^{1/2} \right\} \frac{P_{20}}{R_p} \exp \left\{ \left(\frac{C'_2}{a} \right) t - \left(\frac{C'_2}{k} \right)^{1/2} R_p \right\}$$

$$\text{I.e. pile velocity} \propto k, k^{1/2}, \frac{1}{R_p}, \frac{1}{R_p^2}, e^{\dots t}, e^{\dots R_p}$$

This covers former conclusions when $f(\epsilon, p)$ was a hyperbola. It yields refinement of dependency on t and R_p . General conclusions are the same as before.

(continued on page 61)

De tewaterlating van de onderzeese olieafvoerleiding te Bunju

door
ir A. Griffioen

Inleiding.

Voor de afvoer van de ruwe olie van het vóór de Tweede Wereldoorlog reeds ontdekte, maar eerst daarna door de N.V. N.I.A.M. tot ontwikkeling gebrachte olieveld op het ten Noorden van Tarakan gelegen eiland Bunju, werd in 1951 een tweetal gecharterde kleine motortanklichters ($\pm 200 \text{ m}^3$ tankinhoud) in gebruik genomen. Vanaf de steiger te Bunju, welke $\pm 600 \text{ m}$ in zee steekt om voldoende diep water voor deze schepen te bereiken, kon op deze wijze slechts een beperkte hoeveelheid ruwe olie worden afgevoerd. De geringe diepte van de zee voor de kust maakte afvoer met grotere schepen op deze wijze niet mogelijk, zodat bij de toenemende productie van Bunju naar een andere oplossing moest worden uitgezien.

In verband met voor de kust liggende riffen en ondiepten moeten tankers $\pm 2 \text{ km}$. uit de wal blijven. Voor een dergelijke afstand zijn de kosten voor de bouw van een steiger veel hoger dan de kosten voor het aanleggen van een onderzeese pijpleiding om welke reden tot dit laatste werd besloten.

Het beladen van tankschepen door middel van een zeeleiding is niet nieuw en wordt reeds toegepast o.a. te Haifa, Miri en Ras Charib. Voor de tewaterlating van de leiding werd dan ook gebruik gemaakt van de ervaringen, die men elders reeds met dit werk had opgedaan. Aangezien de omstandigheden te Bunju veel overeenkomst vertonen met die van Miri, werd de pijpleiding op dezelfde wijze als aldaar uitgelegd.

De olie-afschepfaciliteiten, waarvan de zeeleiding het belangrijkste gedeelte vormde, werden medio 1954 voltooid en sedert dien wordt de productie afgevoerd met tankers van 12000 — 18000 ton laadvermogen.

Ontwerp en voorbereiding.

Uit verschillende mogelijkheden van combinaties van tankopslagpomp- en leidingcapaciteit viel de keuze op het leggen van een 10 inch leiding.

Het begin der leiding ligt het bij punt E (zie kaartje) gelegen pompstation en tankenpark, terwijl het uiteinde A' bepaald werd zowel door de diepte van de zee als de in de ter plaatse in de zeestraat tussen Tarakan en Bunju gelegen nog niet vrijgegeven, mijnenvelden. Het leggen van de leiding werd in 3 gedeelten uitgevoerd nl. in de eerste plaats het gedeelte van pompstation tot de laagwaterlijn L.W.S. (E—E') ter lengte van 350 m., vervolgens een gedeelte (E'—A) ter lengte van 1800 m. en tenslotte een gedeelte (A—A') ter lengte van 90 m. dat met het voorgaande een hoek van $\pm 130^\circ$ vormt. Dit laatste geschiedde om te bereiken dat de leiding in loodrechte richting op de meerrichting der schepen zou komen, welke laatste weer bepaald was door de overheersende stroomrichting. Op deze wijze wordt de kans op het vasthaken van een scheepsanker en daardoor beschadigingen van de leiding tot een minimum gereduceerd.



Voor de leiding werd gebruik gemaakt van 10 inch gelaste pijpen, lengte 40 ft. en gewicht 34.24 lbs/ft. De pijpen werden in de werkplaatsen te Balikpapan van beschermende lagen voorzien, bestaande uit enige lagen asfalt, een wikkeling van fibreglass en tenslotte een van sisalkraft. De laatste wikkeling diende alleen ter voorkoming van beschadiging van de pijpbeschermende lagen tijdens transport naar Bunju.

Voor de montage van de leiding te Bunju werd een rintis ter lengte van 2 km. uit het dichte bos gekapt. Dit zogenaamde hoofdtracé (kaartje F-D) werd van een smalspoorbaan voorzien, welke met een helling 1 : 800 naar zee afliiep. Voor het opvoeren en aaneenlassen van de pijpen werd langs de bestaande weg een werktracé aangelegd ter lengte van 600 m. eveneens voorzien van een smalspoorbaan welke via een wissel (C) met het hoofdspoor in verbinding stond.

Constructie en tewaterlating.

Op het werktracé werden de pijpen met pijprollen op zogenaamde trollies geplaatst en aaneengelast tot stukken van ongeveer 500 m. (foto 1). Deze lassen werden geheel als rollas uitgevoerd. Na transport naar het hoofdspoor werden deze leidinggedeelten aaneengelast, geschabloneerd en afgeperst op 50 kg/cm², waarna de lasverbindingen op dezelfde wijze



Foto 1. Pijpleiding op trolley.

als de pijp werden bekleed. Teneinde de bekleding te beschermen tegen beschadiging tijdens het tewaterlaten, werd een mantel van nibunglatten rondom de leiding aangebracht. Deze nibunglatten werden vervaardigd uit plaatselijk aanwezige nibungpalmen. (foto 2).

Voor de trek- en remfaciliteiten werd te land bij punt D een Caterpillar D4 tractor met winch opgesteld en bij punt E een Cardwell-winch, terwijl op zee 2 meerboten, ieder van 100 PK en 1700 kg paalkracht, en een sleepboot, 400 PK en 5000 kg paalkracht, beschikbaar waren.

De pijpleiding werd aan de uiteinden van blinde flenzen voorzien, waardoor de 10 inch pijp bij het uitleggen in zeewater bleef drijven en door het verwijderen van ontluichtingsproppen tot zinken kon worden gebracht.

De tewaterlating van drie boven reeds genoemde secties van de leiding verliep als volgt:

1) 350 m sectie E — E'.

De tewaterlating geschiedde bij springtij tijdens hoog water, teneinde de leiding, nadat deze bij D in zee was getrokken, bij E zo hoog mogelijk

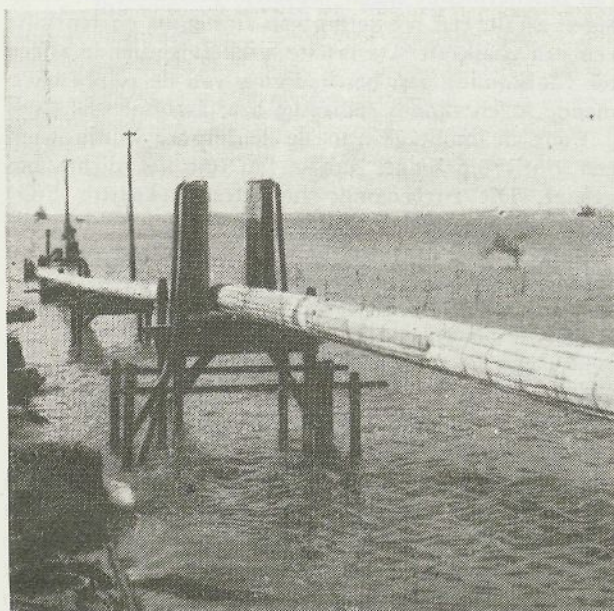


Foto 2. Tewaterlating pijpleiding.

op het land te kunnen trekken, zonder beschadiging van de bekleding te veroorzaken. De stroomsnelheid bedraagt dan evenwel 4 à 5 mijl per uur, terwijl de kentering zeer kort is. De onderstroom loopt ongeveer 35 minuten voor de bovenstroom uit, zodat bij kentering van de bovenstroom de uitgaande onderstroom reeds krachtig doorzet.

In verband hiermede werd langs het tracé EE', om de 50 m een paal geplaatst om het afdrijven van de leiding tijdens het zinken te voorkomen. (foto 3.)

De leiding, welke alleen aan de einden van drijfdrums was voorzien, werd door een sleepboot in



Foto 3. De aangebrachte 350 m sectie.

zee gebracht en vervolgens door de Cardwell winch naar de wal getrokken.

Twaalf minuten na verwijderen van de ontluichtingsproppen was de leiding gezonken tot op de bodem.

2) 1800 m sectie, E' — A.

Deze sectie diende te worden tewater gelaten bij dood-tij, tijdens hoog water, teneinde zo min mogelijk nadeel te hebben van de stroom, die praktisch evenwijdig aan de kust door de zee straat loopt.

Het dood-tij van de bovenstroom duurt circa 1 uur, doch in verband met de onderstroom diende de tewaterlating reeds tijdens nog inkomend tij van de bovenstroom te geschieden, zodat tijdens dood-tij van de onderstroom de leiding tot zinken kon worden gebracht. Tevens bleek tijdens de tewaterlating dat tussen het traject E' — A de oppervlakte-stromen van richting kunnen verschillen, hetgeen waarschijnlijk moet worden toegeschreven aan de ter plaatse aanwezige ondiepten en de invloed van de rivier Sungei Buaja. De gemiddelde snelheid waarmee de leiding in zee werd getrokken bedroeg circa 1 m/sec.

Gemiddeld elke 12 sec. kwam er een trolley van de leiding vrij, welke over een uitloop aan het einde van de railbaan werd afgevoerd naar een zijspoor.

De leiding werd vervolgens naar de door merkbouien aangegeven plaats van bestemming gesleept. Door de oppervlaktetromingen kwam de leiding in een grote boog te liggen, welke door de sleepboten en de winch bij E niet geheel kon worden gestrekt. (foto 4). Nadat de leiding tot zinken was gebracht werd deze sectie met behulp van een pasnippel op de eerste sectie verbonden.

3) 90 m sectie A — A'.

De tewaterlating van de laatste sectie verliep overeenkomstig de voorgaande secties tijdens hoog water. Teneinde de leiding langzaam te doen zinken en daardoor gelegenheid te hebben deze sectie in goede positie ten opzichte van de 1800 m-sectie te verkrijgen, werden enige extra drijfdrums aan de leiding verbonden. Na het zinken bleek door duikercontrole de sectie in goede richting te liggen doch ± 7 m verwijderd van het einde der 1800 m-sectie. Door omleggen van de laatste kon de verbinding tot stand worden gebracht.

Bij de tewaterlating was van groot belang de communicatie tussen verschillende hierbij betrokken posten waarin door telefoon en radio-telefonie op uitstekende wijze kon worden voorzien.

Na afpersen en onderwater controle van de gehele leiding werd de leiding verankerd met enige blokken beton.

Ter bescherming van de leiding tegen corrosie werd een kathodische protectie aangebracht door het verbinden van 3 st. magnesium-anoden, ieder wegende 200 lbs., op de laagwaterlijn.

Aan de landzijde van de leiding, waaraan het pompstation en het tankenpark zijn verbonden, werd een isolerende flens geplaatst. Het potentiaalverschil van de leiding t.o.v. een Cu/Cu SO₄ electrode bleek na drie jaar gebruik van deze anoden, de minimaal toelaatbare waarde van — 0,85 V nog niet te hebben bereikt.

Aan het zee-einde van de leiding werden 9 stuks rubberslangen van 6 m lengte en 8 inch diameter verbonden ter verbinding van de leiding met een tanker.

In bedrijf stelling.

Ten behoeve van de verpomping van de ruwe olie werd het pompstation uitgerust met 2 stuks door 220



Foto 4. Tewaterlating 1800 m sectie.

PK dieselmotoren aangedreven centrifugaalpomp. Bij parallelgeschakelde pompen bedraagt de capaciteit, bij een toerental van 1700 omw/min., 570 m³/uur bij een druk van 10 kg/cm². Deze hoeveelheid komt overeen met een beladingssnelheid van 460 longtons per uur.

Nadat een boeiensysteem voor het meren van de tankers bij het einde der leiding was aangebracht, vond medio 1954 de eerste belading plaats, waarmee de mogelijkheid was geopend het terrein Bunju volledig in exploitatie te nemen.

Voor de N.I.A.M. betekende dit een belangrijke verhoging van haar bijdrage in de olieproductie van Indonesië.

(continued from page 58)

Also one may write :

$$\left(\frac{dh}{dt}\right)_{pile} = -2k \left\{ \frac{1}{R_p} + \left(\frac{C_2}{k}\right)^{1/2} \right\} (P) R_p$$

A large pile velocity will cause a large pressure at the pile point. This pressure is a measure for the pressure field. I.e., a large pile velocity means high

pressure field, cet. par. That means, therefore, a larger resistance, when one wants to pull faster. This is a wellknown occurrence, which may be easily repeated when one tries to pull a stick from the mud.

If one pulls slowly a stick or pole from the mud, then it may follow slowly. If one pulls suddenly and fast, i.e. with a jerk, then a large resisting force is being felt. It is as if the stick is nailed to the earth.

Verbetering der bandjir-afvoeren van het Meratus gebergte in Z.O. Kalimantan

door: ir. Th. L. H. von Wiederhold

Doel van deze uiteenzetting is een globaal overzicht te geven van de grote waterbouwkundige werken welke heden en in de toekomst in uitvoering zijn of zullen worden genomen door de Provinciale Irrigatiedienst in Z.O. Kalimantan.

Het gebied, waarom het hier gaat is het meest dicht bevolkte gebied van Kalimantan.

Het zijn de stroomgebieden van de Sei Martapura en die van de Negara rivier, twee grote affluënten van de Sei Barito.

Het gebied van de Negara rivier wordt ook wel in de volksmond genoemd de Hulu Sungai. Dit is wel het meest welvarende gebied met Kandangan, Barabai en Amuntai als belangrijke handelscentra, terwijl in het uiterste Noorden ligt Tandjung (bekend om de grote olieboorterreinen van de B.P.M., welke echter nog niet in exploitatie zijn genomen) en in het uiterste Zuiden Rantau.

In dit gebied zijn ± 80.000 ha sawahaanplant waarvan het grootste gedeelte van regen afhankelijk (met zeer wisselvallige jaaropbrengsten) en waarvan momenteel slechts ± 10.000 ha technisch of semi-technisch bevoeid zijn.

De jaarlijks terugkerende overstromingen van grote sawahcomplexen in dit gebied behoeft een nader onderzoek teneinde verbetering te brengen.

De padi wordt hier grotendeels geteeld in de periode Mei tot en met October en wordt bestempeld met de naam „padi sala tahun”.

Men kent n.l. een geslaagde oogst toe van éénmaal in de 3 à 4 jaar.

Zij komt het meest voor in de gebieden Amuntai, Keloea en Alabio.

Is het jaar ongunstig en duren de regens t/m Augustus, zoals in 1954 en 1955 dan wordt er nagenoeg niets uitgeplant vanwege de langdurige hoge waterstanden. Is het moessonverloop gunstig, zoals in 1953, dan is de gemiddelde opbrengst minstens 20 qt per ha, aan natte padi, of 8 qt aan rijst per ha.

De Sei Negara ontstaat uit de samenvloeiing van twee rivieren, de Tabalong en de Balangan, in de Kota Amuntai. Wanneer beide rivieren tegelijkertijd bandjiren, dan staat de hele Kota Amuntai met naaste omgeving onder water en soms wel 14 dagen lang, zoals op 14 Januari 1956 plaats had.

Beide rivieren zijn afkomstig van het Meratus berg-complex.

Andere belangrijke zijrivieren uit het Meratus gebergte die haar bandjirs lozen in de Negara zijn: de Pitap, de Batang-Alai, de Amandit en de Tapin.

De jaarlijks door deze rivieren optredende bandjirschade belooft volgens de laatste gegevens van Pertanian over ± 30.000 ha met een waarde van $\pm$ Rp. 60.000.000,— aan te derven beras opbrengst.

De tweede grote zijrivier van de Barito is de Sei Martapura, welke wordt gevormd door samenvloeiing van de Riam Kanan en Riam Kipa, even bovenstrooms van de Kota Martapura. De grote bandjirs treden jaarlijks op terplaatse en in de omgeving van deze

samenvloeiing, voorts verder benedenstrooms de Kota Martapura.

Wat is nu de oorzaak van deze bandjirs?

Deze moet worden gezocht veel hogerop in de bovenloop der rivieren dus in het Meratus gebergte.

Het is weer het bekende erosie verschijnsel, als gevolg van het willekeurig en roekeloos ontwouden der hellingen van het Meratus gebergte in de laatste 100 jaar.

Erosie is een typisch gevolg van de inmenging van de mens in de natuur; soms al eeuwen, ja zelfs soms al duizenden jaren oud, komt het vrijwel in alle landen van de wereld voor.

Grote beschavingscentra zijn in de loop der eeuwen hierdoor te gronde gegaan.

In de bovenloop der rivieren van het Meratus gebergte zijn honderd duizenden ha mooi bos weggebrand en weggekapt door de ladangers, die slechts enkele jaren daarvan profijt konden trekken en dan weer verder trokken.

Direct na het weggappen der bossen treden door de zware tropische regenbuien zeer sterke erosie verschijnselen op, en in een minimum van tijd is al de vruchtbare humuslaag weg geërodeerd. En wanneer U thans een tournee zou maken door dit woeste bergland, dan ziet U niets anders dan kale berghellingen met geen andere begroeiing dan stugge alang-alang.

Het gevallen regenwater komt langs deze kale berghellingen te snel tot afvoer, heeft geen gelegenheid in de grond door te dringen, met als funeste gevolg na elke zware regenbui het zich vormen van korte doch heftige bandjirs met zeer steile toppen, waarbij grote hoeveelheden erosie materiaal in de vlakte tot neerslag komen, de rivierlopen ermede opvullen en over grote afstanden de rivieren dan buiten haar oevers doen treden. Kortom de gehele waterhuishouding van de rivier in de benedenstreek is er door in de war gestuurd.

In de droge periode Juni t/m October hebben deze rivieren nagenoeg geen afvoer en dus grote water tekorten.

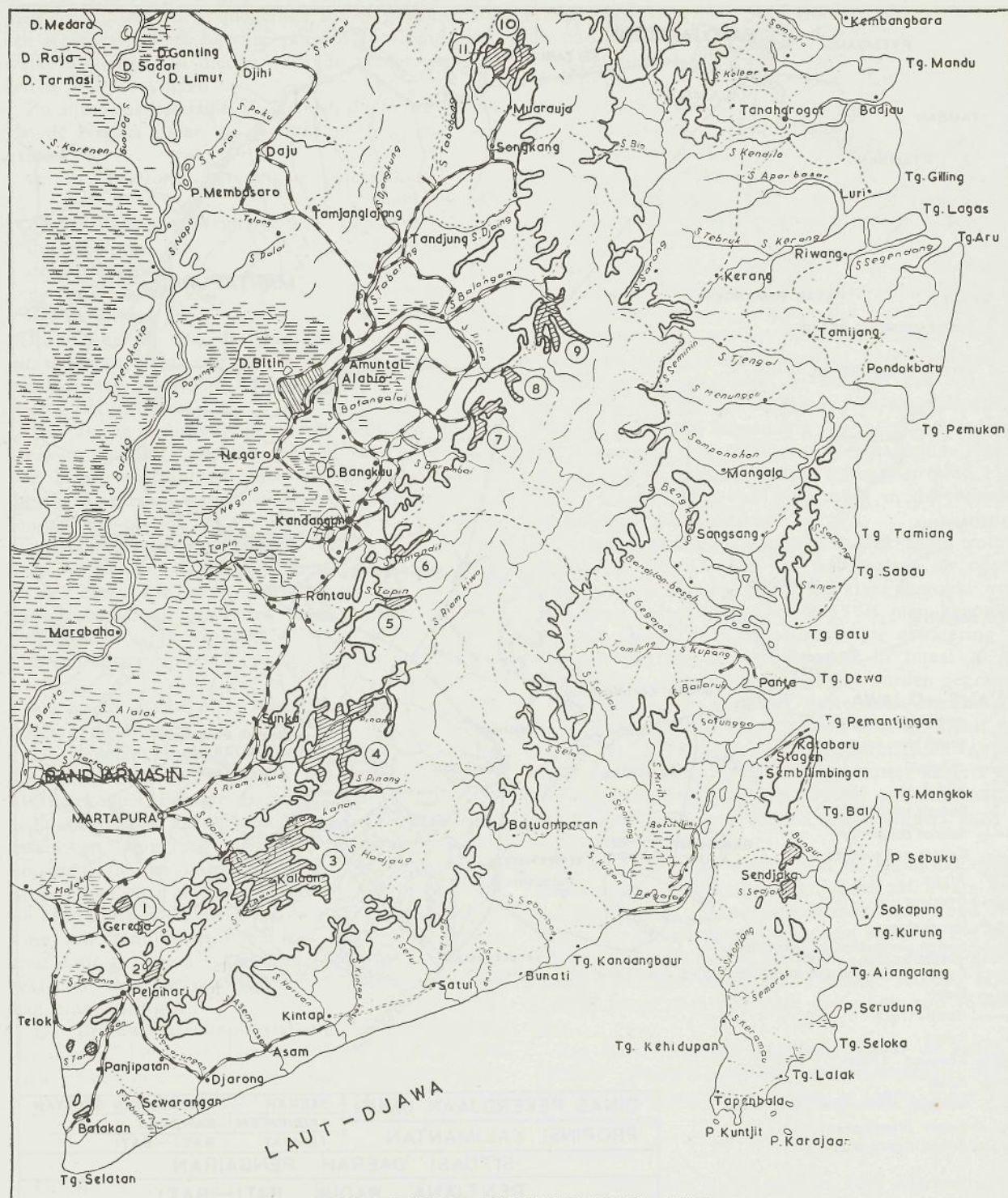
Dit is het algemene beeld dat u te zien krijgt in Hulu Sei, in de vlakte van Martapura en Pleihari.

Hoe hierin verbetering te brengen?

Dit is de taak waarvoor de Provinciale Irrigatiedienst van Kalimantan zich gesteld ziet sedert hare instelling in 1951.

Het algemeen plan om verbetering te brengen in deze toestand moet gericht worden op het afvlakken van de bandjirs, terwijl de totale hoeveelheid af te voeren regenwater regelmatig dient te worden verdeeld over het gehele jaar.

Hiertoe dient op de grens van het bergland met het overgangsterrein naar de vlakte, in de dalen der genoemde rivieren regulerende bandjirkommen of stuwmeren (ook wel waduks genoemd) te worden gevormd door afsluiting van het dal op een gunstige plaats bij een z.g. bottleneck of vernauwing van het dal.



PETA ICHTISAR KALIMANTAN SELATAN.

Keterangan : No. 1 Waduk Bati-Bati No. 2 Waduk Badjuin No. 3 Waduk Riam Kanan No. 4 Waduk Riam Kiwa
No. 5 Waduk Sei Tapin No. 6 Waduk Sei Amandit No. 7 Waduk Sei Batang Alai No. 8 Waduk Sei Pitap No. 9 Waduk
Sei Balangan No. 10 Waduk Sei Oei No. 11 Waduk Sei Aju.

Het in deze stuwmereu opgevangen regenwater wordt via een sluizenstelsel afgetapt.

Het uit de waduk afgelaten water kan op tweeërlei wijze weer worden benut:

1e voor bevoelingsdoeleinden.

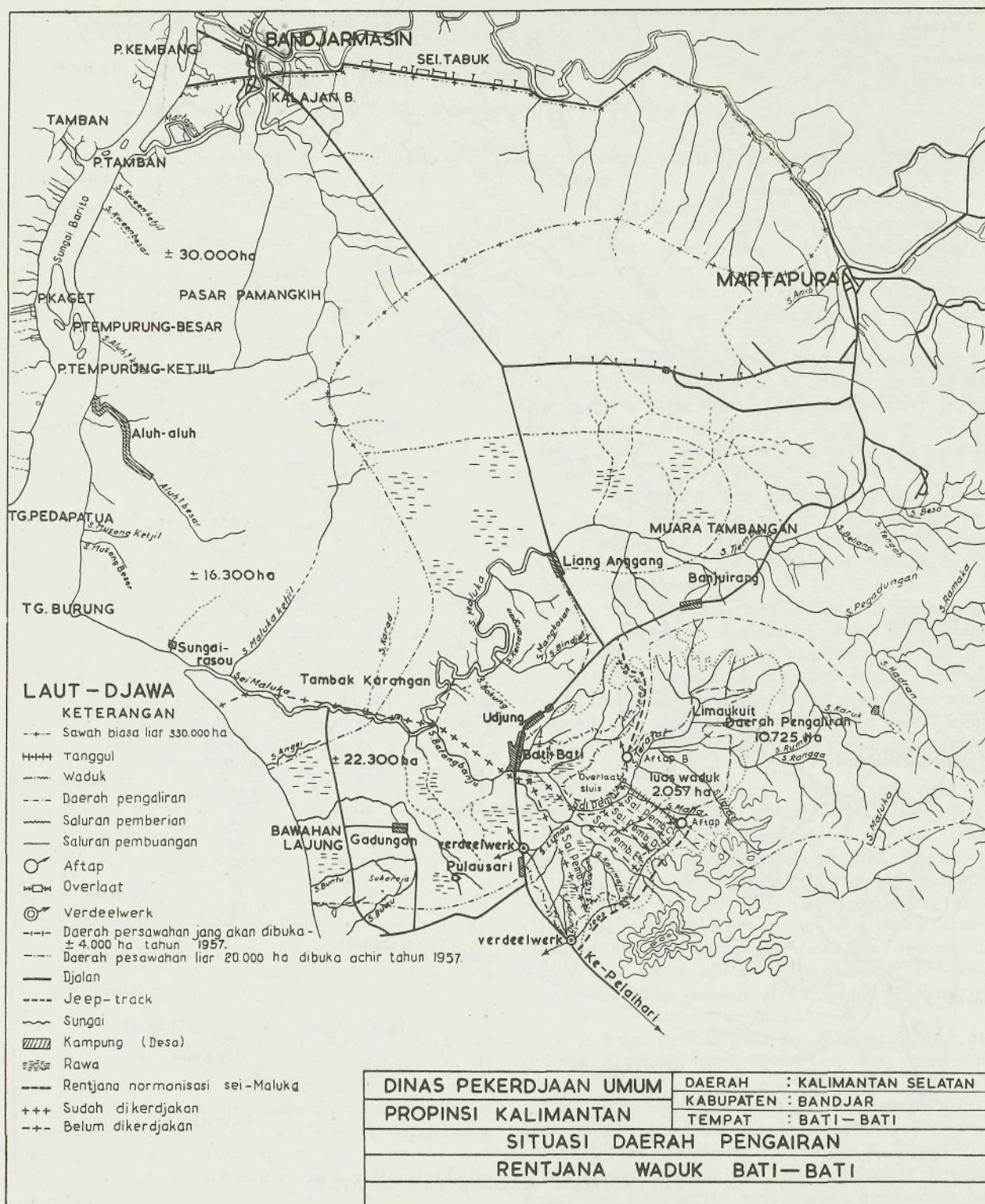
2e voor opwekking van elektrische energie.

De onderzoeken en opmetingen, welke sedert 1953 voortgang hebben, geven ons de volgende globale

gegevens :

Het totaal regengebied van het Meratus gebergte is ± 500.000 ha groot. De gemiddelde jaarlijkse afvoer hiervan bij een gemiddelde jaarlijkse regencijfer van 2.500 mm bedraagt, (bij een aanname van 60% afvoercoëfficiënt), $60/100 \times 2,5 \times 5.000.000 = 7.500.000.000 \text{ M}^3$.

Om de bandjirs, die hiervan het gevolg zijn vol-



doende te kunnen afvlakken, zijn voorlopig een tiental waduks geprojecteerd met een totale bergingsinhoud van $\pm 3.200.000.000 M^3$.

De plaats en grootte der kommen zijn voorlopig vastgesteld aan de hand van de beschikbare topografische kaarten na een summier terreinonderzoek.

Méér kan er voorlopig niet worden gedaan. Het vereischt nog minstens 5 jaar zeer intensief opname-werk, en het verzamelen van geologische en hydrologische gegevens, enz. om een volledig uitgebreid

ontwerp te kunnen maken. Dergelijke grote werken worden niet in 1 à 2 jaar opgebouwd, vooral niet in een land als Borneo, waar men groot gebrek heeft aan een staf van goed onderlegd technisch deskundig personeel, waar gebrek is aan transportwegen en transportmiddelen, terwijl de afstanden er vele malen groter zijn dan die op Java, kortom waar de toestanden niet te vergelijken zijn met die van Java. Daarom stemt het dan ook tot des te groter voldoening, dat met het weinige beschikbaar personeel

men toch in de kortst mogelijke tijd is gekomen tot een afgerond geheel, bijwijze van een voorlopig plan, welke als basis kan dienen voor de verder voort te zetten onderzoekingen.

Zo zijn voor het Hulu Sei gebied, dit is het gebied van de Negara rivier, zes waduks geprojecteerd met name:

de Sei Tabalong met een bergingsinhoud van	290.000.000 M ³ ,
de Sei Balangan bergingsinh.	270.000.000 M ³ ,
de Sei Pitap „	135.000.000 M ³ ,
de Batang Alai „	219.000.000 M ³ ,
de Sei Amandit „	325.000.000 M ³ ,
de Sei Tapin „	85.000.000 M ³ .

In het gebied van de Martapura rivier met een totaal sawah areaal van 50.000 ha is de schade door bandjirs van de Riam Kanan en Riam Kiwa ook zeer groot.

Hier zijn in de bovenloop van elk der beide rivieren eveneens waduks geprojecteerd elk van $\pm 800.000.000$ M³ bergingsinhoud. Als vergelijking diene dat de nu in aanbouw zijnde waduks Tjatjaban bij Pekalongan, tot nu toe de grootste van Indonesië is en een inhoud van 80.000.000 M³ beziet.

In het Zuiden, waar het Meratus gebergte tot dicht bij zee komt, zijn in het Pleiharische nog 2 waduks geprojecteerd, nl. de waduk Bati-Bati met een bergingsinhoud van 80.000.000 M³ en de waduk Tabanio met een bergingsinhoud van 100.000.000 M³.

De waduk Bati-Bati is sedert verleden jaar in uitvoering genomen.

De onderzoekingen hiervoor zijn reeds in 1952 begonnen en verleden jaar is het ontwerp volledig klaar gekomen. Behalve dat zij zal dienen als bandjir-regularisatie-kom zal zij straks het gebied van Bandjarmasin en omgeving van vers zoetwater moeten voorzien. In een normaal droog jaar, dus niet zo uitgesproken nat als het in 1954 en 1955 was, wordt de Martapura rivier en al haar zijtakken in de omgeving van Bandjarmasin met een straal van 10 km, zout door geringe afvoeren van zoetwater van boven, waardoor de vloedgolf van uit zee dieper het land kan binnendringen.

De drinkwaterleiding-installatie te Bandjarmasin die normaal het ruwe water betreft uit de Martapura rivier moet in die zoutwaterperiode zoetwater laten aanvoeren van veel hogerop met prauwen, hetgeen een zeer kostbare geschiedenis is. Nu zal straks de

waduk Bati-Bati, die hemelsbreed slechts 35 km van de stad ligt, hierin kunnen voorzien. Behalve voor drinkwater-voorziening zal zij tevens in de droge tijd bevoeiingswater kunnen verstrekken aan 20.000 ha rijst aanplant welke, na drooglegging van de rest van het grote moeras, mogelijk zal zijn.

De waduk zelf is het bovenste gedeelte van het moeras dat tussen de laatste uitlopers van het Meratus gebergte in ligt en waarin verschillende riviertjes uitmonden die van het heuvelterrein afstromen.

Het grootste gedeelte van het jaar is dit moeras, met een oppervlakte van 22.000 ha, gemiddeld 1 tot 1,5 m onder water. In de droge tijd kan men er doorheen lopen. Door nu het bovenste gedeelte van dit moeras bij een z.g. bottle-neck of vernauwing af te sluiten van de rest, door het bouwen van een lage aardendam van 3,5 km lengte van de ene heuvelrug naar de andere, zal kunstmatig een meer ontstaan met een oppervlakte van 2.000 ha. De maximum hoogte van de dijk is geprojecteerd op 6,5 m met talud 1 : 3 en een kruinbreedte van 6 m, waar in de toekomst licht verkeer overheen kan.

De bergingsinhoud van deze waduk is bij volpeil 80.000.000 M³. De rest van het moeras ter oppervlakte van 20.000 ha wordt nu klaar gemaakt voor rijstbouw. Sedert September 1955 is men begonnen met het graven van de kanalen voor afwatering en drainage van het moeras. Er moet in totaal 20 km hoofdkanaal en secundaire afvoeren worden gegraven.

Het graafwerk geschiedt grotendeels mechanisch. Er is hiervoor beschikbaar gesteld door de dienst van groot materieel 1 grote emmerbaggermachine van een capaciteit van 300 M³ per uur, 3 cutter zuigers met een capaciteit van te zamen 375 M³ per uur voor de primaire afvoeren en 2 kleine emmerbaggers voor de secundaire afvoeren.

Met de eigenlijke aanleg van de afsluitdijk wordt dit jaar een aanvang gemaakt. Eerst zal dwars door het moeras een transportweg worden aangelegd voor aanvoer van materialen, welke weg straks in het dijklichaam zal worden opgenomen. Het totale grondverzet voor deze afsluitdijk bedraagt 500.000 M³.

Men hoopt met het werk gereed te zijn in twee jaar.

Een kort financieel overzicht van al de vorengenoemde plannen teneinde de economische waarde hiervan voor land en volk aan te tonen, moge hieronder volgen.

Kort financieel overzicht.

De totale bouwkosten van de 10 waduks met aanverwante bevoeiingswerken worden voorlopig globaal geschat op

Rp. 400.000.000,—

De hieraan verbonden voordelen zijn:

1. Opheffing jaarlijks bandjir-schade van Rp. 60.000.000,—
 2. Te verwachten meer opbrengst aan padi door uitbreiding van 20.000 ha sawahareaal 160.000 ton beras à Rp. 2.000,— = Rp. 320.000.000,—
- Totaal meer: Rp. 380.000.000,—

Te verwachten is dat jaarlijks 10% hiervan, zijnde Rp. 38.000.000,— op de een of ander manier in de vorm van belasting in 's Landskas zal terug vloeien.

De voordelen van het leveren van grote hoeveelheden elektrische energie in de toekomst is hierbij nog buiten beschouwing gelaten.

Voorts is ook buiten beschouwing gelaten de indirecte voordelen hiervan voor land en volk.

Thans bedraagt het jaarlijks rijst-tekort in Kalimantan een dikke 100.000 ton. Deze zal na gereedkomst der werken volkomen zijn opgeheven. Zelfs zal er een surplus t.b.v. de export zijn.

Afstandsmeting met de Geodimeter

door
ir Soenarjo g.i. *)

Het optische principe.

Een methode om direct een afstand te meten is het gebruik maken van de voortplantingssnelheid van gemoduleerd licht, waarvan de intensiteit dus schommelt om een bepaalde middelwaarde.

Ten opzichte van die middelwaarde kunnen wij dus zeggen, dat de positieve halve perioden „licht” zijn en dat de negatieve halve perioden „donker” zijn. Onderstellen wij verder, dat de modulatie geschiedt met een bepaalde frequentie en dat de intensiteit van het uittredende licht als functie van de tijd kan worden voorgesteld door de uitdrukking:

$$x = I_0 + I_1 \cos \omega t$$

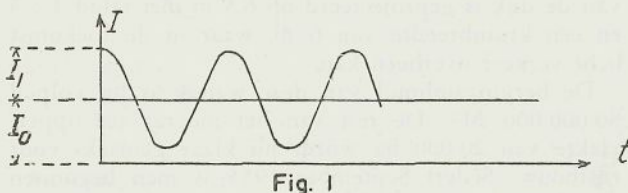


Fig. 1

Stel verder, dat het licht door een op een bepaalde afstand opgestelde vlakke spiegel (te rekenen van af het punt van de modulatie) wordt teruggekaatst naar de kathode van een fotocel, die zodanig is geplaatst, dat de lichtwegen heen en terug identiek zijn.

Als nu de anode van de fotocel gevoelig is alleen gedurende de positieve halve perioden der lichtmodulatie, dan zal het duidelijk zijn, dat, als de totale lichtweg gelijk is aan een geheel aantal groepsgolflengten (hieronder te verstaan voortplantingssnelheid gedeeld door modulatiefrequentie) er licht op de kathode valt gedurende de gehele tijd dat de anode gevoelig is (en er geen licht op valt gedurende de tijd, dat de anode ongevoelig is). Een amperemeter, ingeschakeld in de kring van de fotocel zal dan maximum stroom aanwijzen.

Is nu de totale lichtweg gelijk aan een geheel aantal groepsgolflengten plus nog een halve groepsgolflengte, dan zal er juist geen licht op vallen gedurende de tijd, dat de anode gevoelig is en er zal wel licht op vallen als de anode ongevoelig is. In dit geval zal de amperemeter minimum-stroom („donker”-stroom) aanwijzen.

In het eerste geval is dus de afstand tot de vlakke spiegel een geheel aantal malen een halve groepsgolflengte, in het tweede geval een geheel aantal malen een halve groepsgolflengte plus een kwart groepsgolflengte.

De opstellingspunten van de vlakke spiegel, waarbij beurtelings maximum- en minimum-stroom zullen worden aangewezen, liggen dus op afstanden van $\frac{1}{4}$ groepsgolflengte.

Bij aankomst op de kathode is de intensiteit van het licht voor te stellen door:

$$I = I_0 + x_1 \cos \omega \left(t - \frac{2D}{c} \right)$$

D = de afstand tot de spiegel.

c = de voortplantingssnelheid van het licht,

dus $\frac{2D}{c}$ de looptijd.

De momentaire hoeveelheid electriciteit in de vorm van lading als gevolg van de verlichting op een bepaald tijdstip t is dus uit te drukken door de formule:

$$Q = A + B \cos \omega \left(t - \frac{2D}{c} \right).$$

Uiteraard is hier de delay kathode-anode verwaarloosd.

De integratie over een halve positieve periode en vermenigvuldiging van dit resultaat met het aantal perioden in een seconde levert dan de stroomsterkte. Men vindt dan, dat de stroomsterkte een sinusoidale functie is van de afstand.

Bij de geodimeter nu wordt de modulatie bewerkstelligd door twee gekruiste polaroidfilters met daartussen een Kerr-cel, waardoor een hoogfrequente wisselstroom wordt gevoerd. De frequentie wordt nauwkeurig constant gehouden door een kristal-oscillator.

Het licht afkomstig van een zo goed mogelijk puntvormige lichtbron, wordt door de eerste polaroid (de polarisator) gepolariseerd in een vlak, dat een hoek maakt van 45° met de richting van het elektrische veld. De nitrobenzeen tussen de platen van de Kerr-cel heeft nu bij aanwezigheid van een spanningsverschil tussen de platen de eigenschap van dubbele refractie. De componenten van de lichtvector (één evenwijdig aan en één loodrecht op de richting van het elektrische veld) hebben dan namelijk verschillende snelheden, zodat ze na uittreden uit de Kerr-cel een zeker faseverschil φ hebben, met het gevolg, dat het licht elliptisch wordt gepolariseerd. Immers noemen wij de onderling loodrechte componenten van de lichtvector x en y , dan zijn ze voor te stellen door:

$$x = A \cos (\omega t + \varphi); y = A \cos \omega t.$$

Dit is nu de parametervoorstelling van een ellips. Substitutie van $A \cos \omega t = y$ in de vergelijking voor x geeft:

$$x = y \cos \varphi - \sqrt{A^2 - y^2} \sin \varphi \text{ of}$$

$x - y \cos \varphi = -\sqrt{A^2 - y^2} \sin \varphi$ waaruit wij krijgen:

$$x^2 - 2xy \cos \varphi + y^2 \cos^2 \varphi = (A^2 - y^2) \sin^2 \varphi.$$

De asrichtingen zijn te bepalen uit:

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \cos \varphi}{0} = \infty \text{ en } \alpha = 45^\circ.$$

Overgang op een (ξ, η) stelsel met de basisvectoren:

*) Fakultas Teknik, Bandung.

$$\bar{u} (= \frac{1}{2} \sqrt{2}; -\frac{1}{2} \sqrt{2})$$

$\bar{v} (= \frac{1}{2} \sqrt{2}; \frac{1}{2} \sqrt{2})$ wordt verkregen door toepassing van de transformatie:

$$x = \frac{1}{2} \sqrt{2} \xi + \frac{1}{2} \sqrt{2} \eta;$$

$$y = -\frac{1}{2} \sqrt{2} \xi + \frac{1}{2} \sqrt{2} \eta.$$

Wij krijgen dan:

$$(1 + \cos \varphi) \xi^2 + (1 - \cos \varphi) \eta^2 = A^2 \sin^2 \varphi.$$

Links en rechts delend door:

$$A^2 (1 + \cos \varphi) (1 - \cos \varphi) = A^2 \sin^2 \varphi \text{ geeft:}$$

$$\frac{\xi^2}{A^2 (1 - \cos \varphi)} + \frac{\eta^2}{A^2 (1 + \cos \varphi)} = 1 \text{ of}$$

$$\frac{\xi^2}{(A \sqrt{2} \sin \frac{1}{2} \varphi)^2} + \frac{\eta^2}{(A \sqrt{2} \cos \frac{1}{2} \varphi)^2} = 1.$$

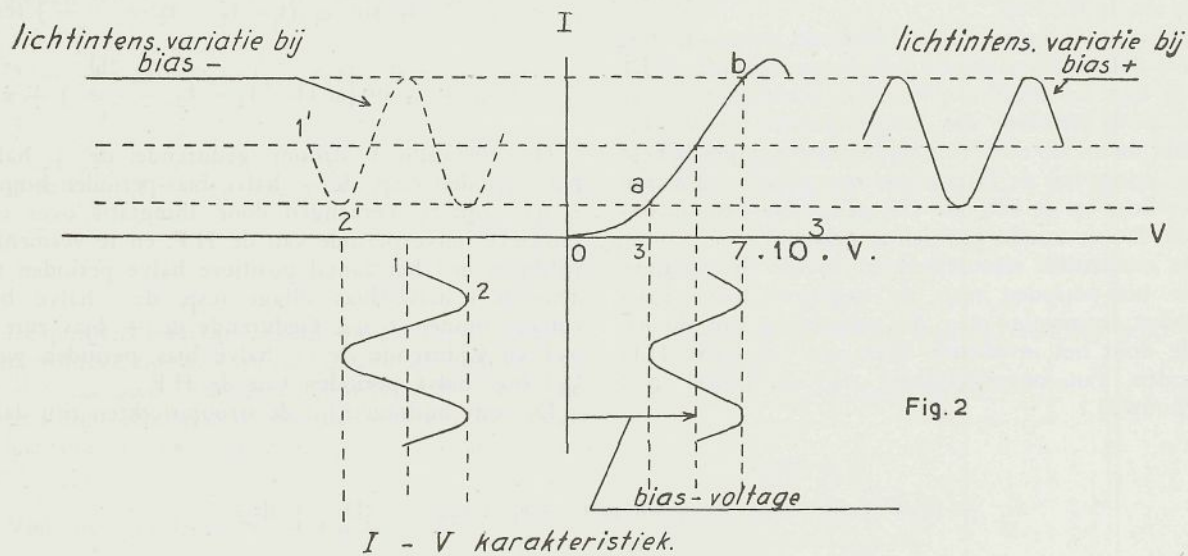


Fig. 2

Men ziet, dat tussen de punten a en b, overeenkomende met de spanningsverschillen van ongev. 3000 en 7000 Volts, de intensiteit nagenoeg lineair met het spanningsverschil verloopt. Dit betekent, dat een variabel spanningsverschil tussen de grenzen 3000 en 7000 V. een intensiteitsverloop ten gevolge heeft, die nagenoeg gelijkvormig is met de variatie van het spanningsverschil. Deze variatie kan men krijgen door een constante vóórspanning (bias-voltage) te geven van 5000 V. en daarop te superponeren een hoog-frequentie wisselspanning met een amplitude van 2000 V. Hoe de intensiteit varieert, als men i.p.v. een vóórspanning van + 5000 V. een van - 5000 V. geeft, wordt door de gestippelde lijn voorgesteld. In 2 is de absolute waarde van het spanningsverschil 5000 V. Daarbij behoort dus de intensiteit voorgesteld door 2'. Een omkering van de bias-polariteit heeft dus in de lichtmodulatie een faseverschuiving van π ten gevolge.

Bij de hier gebruikte geodimeter wordt voor de bias-voltage en de daarop gesuperponeerde wisselspanning andere waarden gekozen dan de hiergenoemde.

In de hieronder volgende analyse wordt uitgegaan van de veronderstelling, dat de bias-voltage recht-

De analysator, die t.o.v. de polarisator een gekruiste stand inneemt, laat slechts de ξ componente door.

De amplitude van het door de analisator doorgelaten licht is $A \sqrt{2} \sin \frac{1}{2} \varphi$ en daar φ evenredig is met het kwadraat van het spanningsverschil V is dus de intensiteit van het door de analysator doorgelaten licht te schrijven als:

$$I = I_0 \sin^2 (kV^2).$$

Bij $V = 0$ is dus $I = 0$ en wordt er dus geen licht doorgelaten. Dit is ook hieruit te zien, dat bij $V = 0$ de beide componenten in fase blijven, zodat het licht gepolariseerd blijft in het vlak van de polarisator.

De intensiteit als functie van het spanningsverschil V voor de hier gebruikte Kerr-cel wordt aangegeven door de hier geschetste $I - V$ karakteristiek. (Fig. 2) lichtintens variatie bij I lichtintens variatie

hoekig van vorm i.s. De frequentie van de bias-voltage is 50 Hz. De daarop gesuperponeerde H.F. wisselspanning heeft een frequentie van 10 Mega Hz. (Die rechthoekige vorm van de bias-voltage zou de meest ideale zijn. In werkelijkheid is ze een afgevlakte sinusoidale).

De lichtintensiteiten gedurende de positieve, resp. de negatieve halve bias-perioden kunnen dus worden voorgesteld door:

$$I_+ = I_0 + I_1 \sin \omega (t - t_1);$$

$$I_- = I_0 + I_1 \sin (\omega (t - t_1) + \pi)$$

waarin: I_0 = een constante intensiteit.

I_1 = de amplitude der variaties.

ω = de hoeksnelheid.

t_1 = de delay Kerr-cel voltage - de daarbij behorende lichtvariatie na uit-treden uit de analisator.

Na reflectie door de vlakke spiegel komt dit licht bij de geodimeter terug en treft de kathode van een fotocel. De gevoeligheid van de anode is gekoppeld aan de werking van de Kerr-cel. (zie fig. 3.)

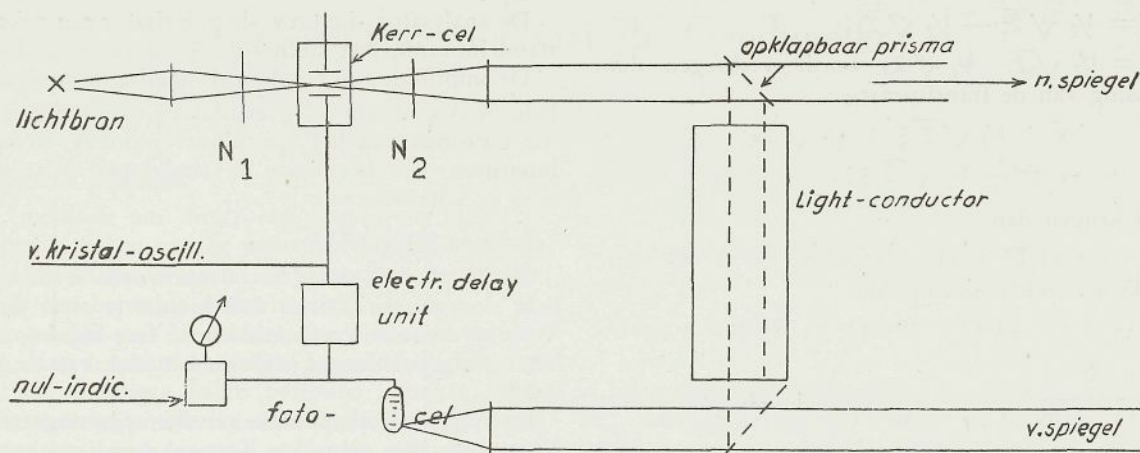


Fig. 3

De anode krijgt namelijk dezelfde H.F. wisselspanning als de Kerr-cel.

De fotocel heeft tussen kathode en anode nog een aantal binodes, waarvan de laatste geaard is. De anode kan dus slechts elektronen aantrekken als ze positief is geladen. De laagfrequente bias-voltage bereikt de anode niet. Een amperemeter, ingeschakeld in de kring van de fotocel, zal dus stroom aanwijzen als er licht op de kathode valt gedurende een tijdsinterval dat de anode positief is geladen.

De momentele stroomsterkten tijdens de positieve halve bias-perioden resp. de negatieve halve bias-perioden tengevolge van de verlichting van de kathode door het invallende licht zijn (de halve H.F. perioden van ongevoeligheid van de fotocel niet beschouwd):

$$i_+ = i_0 + i_1 \sin \omega (t - t_1 - t_2 - \frac{2D}{c}) \text{ resp.}$$

$$i_- = i_0 + i_1 \sin \left\{ \omega (t - t_1 - t_2 - \frac{2D}{c}) + \pi \right\}$$

De hoeveelheid stroom gedurende de + halve bias-perioden resp. de — halve bias-perioden binnen 1 sec. zijn te verkrijgen door integratie over een positieve halve periode van de H.F. en te vermenigvuldigen met het aantal positieve halve perioden tijdens de + halve bias-voltage resp. de — halve bias-voltage binnen 1 sec. Gedurende de + bias zijn er $\frac{1}{2}f$ en gedurende de — halve bias perioden weer $\frac{1}{2}f$ pos. halve perioden van de H.F.

De resp. bijdragen tot de stroomsterkten zijn dan:

$$i_+ = \frac{1}{2}f \int_{t_3 + \frac{1}{2f}}^{t_3 + \frac{1}{2f}} \left\{ i_0 + i_1 \sin \omega (t - t_1 - t_2 - \frac{2D}{c}) \right\} dt.$$

$$i_- = \frac{1}{2}f \int_{t_3 + \frac{1}{2f}}^{t_3 + \frac{1}{2f}} \left\{ i_0 + i_1 \sin \left[\omega (t - t_1 - t_2 - \frac{2D}{c}) + \pi \right] \right\} dt.$$

waar: f = de modulatiefrequentie,
 t_1 = delay Kerr-cel-analysator,
 t_2 = looptijd elektronen van kathode naar anode,
 t_3 = delay Kerr-cel — anode,
 D = afstand geodimeter — spiegel,
 c = voortplantingssnelheid van het uitgezonden licht.

Nu wordt de stroom echter gedurende de + halve bias-perioden in een bepaalde richting door de amperemeter gestuurd, terwijl hij gedurende de — halve bias-perioden in tegengestelde richting er doorheen gaat, doordat de toegangswegen beurtelings worden geblokkeerd.

Vanwege de traagheid van de wijzer van de amperemeter (gedompeld in silicon-olie) zal de aanwijzing dus zijn het resultaat van superpositie van i_+ en $-i_-$.

Met:

$$\omega = 2\pi f, \text{ dus } \frac{1}{2f} = \frac{\pi}{\omega} \text{ is:}$$

$$i_+ = \frac{\omega}{2\pi} \left\{ i_0 \frac{\pi}{\omega} - \frac{i_1}{\omega} \left[\cos \omega (t_3 + \frac{\pi}{\omega} - t_1 - t_2 - \frac{2D}{c}) - \cos \omega (t_3 - t_1 - t_2 - \frac{2D}{c}) \right] \right\}$$

$$= \frac{i_0}{4} - \frac{i_1}{4\pi} \left[\cos (\omega t_3 + \pi - \omega B) - \cos (\omega t_3 - \omega B) \right]$$

$$i_- = \frac{i_0}{4} - \frac{i_1}{4\pi} \{ \cos [\omega (t_3 + \frac{\pi}{\omega} - B) + \pi] - \cos (\omega t_3 - \omega B + \pi) \}$$

$$= \frac{i_0}{4} - \frac{i_1}{4\pi} \{ \cos (\omega t_3 + 2\pi - \omega B) - \cos (\omega t_3 - \omega B + \pi) \}$$

Dus :

$$i = i_+ - i_- = - \frac{i_1}{4\pi} [- 2 \sin (\omega t_3 - \omega B - \frac{1}{2}\pi) \sin \frac{1}{2}\pi + 2 \sin (\omega t_3 - \omega B + \frac{1}{2}\pi) \cdot \sin - \frac{\pi}{2}]$$

$$= \frac{i_1}{\pi} \cos \omega (t_3 - B) = \frac{i_1}{\pi} \cos \omega (t_3 - t_1 - t_2 - \frac{2D}{c})$$

De ontstane stroomsterkte is dus een sinusoidale functie van de afstand.

$$i = 0 \text{ wanneer } (t_3 - t_1 - t_2 - \frac{2D}{c}) = \frac{\pi}{2} - N\pi, \text{ waar } N = \text{een geheel getal.}$$

Stellen wij $\frac{c}{f} = \lambda$ (de groepsgolflengte), dan krijgen wij

$$D = \frac{\lambda f}{2\omega} (\omega (t_3 - t_1 - t_2) + N\pi - \frac{\pi}{2}) = \frac{\lambda f}{2} (t_3 - t_1 - t_2) + \frac{\lambda f}{2\omega} \cdot \frac{(2N-1)\pi}{2}$$

of met $\omega = 2\pi f$:

$$D = \frac{\lambda f}{2} (t_3 - t_1 - t_2) + \frac{\lambda (2N-1)}{8} = K + \frac{2N-1}{8} \cdot \lambda = (K - \frac{\lambda}{8}) + N \cdot \frac{\lambda}{4}$$

$$= L + N \cdot \frac{\lambda}{4}$$

De punten, waarvan D aan bovenstaande vergelijking voldoet, noemen wij de nul-punten. De constante K, die een „deel” van de geodimeter zelf is, is te bepalen, door een bekende afstand te meten. De lengte L kan binnen een afstand van 15 m. worden gevarieerd.

$$\text{Voor het geval dat } N = 0 \text{ is } L = K - \frac{\lambda}{8}$$

Uit het bovenstaande zou dus de afstand binnen $\frac{\lambda}{4}$ bekend moeten zijn om met de geodimeter gemeten te kunnen worden, hetgeen in de praktijk een zeer groot bezwaar zou zijn.

Nu meet men de afstand nog eenmaal, echter met een iets andere frequentie f_2 .

$$\text{Met } f_1 \text{ is } D = L_1 + M \cdot \frac{\lambda_1}{4} \quad (1)$$

$$\text{Met } f_2 \text{ is } D = L_2 + M \cdot \frac{\lambda_2}{4} \quad (2)$$

Frequentie 1 is nu rond 10.000.000 c/s, frequentie 2 is rond 1% groter, zodat $\lambda_1 = \text{rond } 1,01 \lambda_2$.

Met 100 nulpuntsintervallen bij f_1 komen dus overeen (niet precies natuurlijk) 101 nulpuntsintervallen bij f_2 .

Telkens als dus de afstand toeneemt met $100 \cdot \frac{\lambda_1}{4}$ is het verschil van (M—N) één groter.

Voor de vergelijking (2) kunnen wij dus schrijven :

$$D = L_2 + (N + x) \cdot \frac{\lambda_2}{4} \quad (2a)$$

Onderlinge aftrekking van (1) en (2a) geeft :

$$0 = L_1 - L_2 + N (\frac{\lambda_1}{4} - \frac{\lambda_2}{4}) - x \cdot \frac{\lambda_2}{4},$$

waaruit :

$$N = \frac{x \cdot \frac{\lambda_2}{4} - (L_1 - L_2)}{\frac{\lambda_1}{4} - \frac{\lambda_2}{4}} \quad (3)$$

Daar $\lambda_1 = \frac{c}{f_1} = \text{rond } 30 \text{ meter}$ is, moet de afstand dus binnen de 750 m bekend zijn om met de geodimeter gemeten te kunnen worden.

Het aantal gehele malen kwartgolflengten.

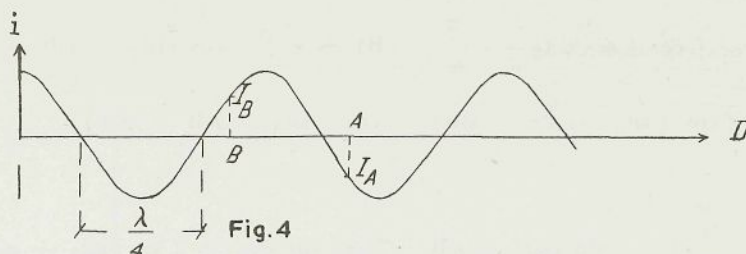
Boven was reeds afgeleid, dat de stroomsterkte ontstaan in de kring van de fotocel een sinusoidale functie is van de afstand, waarbij de nulpunten optreden om de $\frac{\lambda}{4}$.

De $i - D$ curve is hierbij geschetst. (fig. 4)

Stel nu dat de spiegel bv. in A staat en dat wij de delay vergroten, hetwelk tot gevolg heeft, dat het gehele systeem van nulpunten (met de gehele sinusoidale) zich naar rechts verplaatst. De wijzer van de nulindicator zal dan in een bepaalde richting uitslaan.

Stel nu, dat de spiegel in B staat. Vergroting van de delay zal dan blijken de figuur de wijzer in tegen-gestelde richting als zoeven doen bewegen.

Dit geeft nu een middel aan de hand om te bepalen of in de formule (1) of (2) het aantal kwartgolflengten even danwel oneven is.



De resulterende stroomsterkte als functie van de afstand.

Draaiing van de trommel voor de verandering van de delay in rechtsomgaande zin gepaard met rechtsomgaande draaiing van de wijzer van de nuldetector wordt + genoemd; in het tegengestelde geval heet het —.

Bij meten „op de spiegel” wordt het hele systeem van nulpunten, door wijziging van de electric delay net zo lang verschoven, totdat de spiegel in een nulpunt valt, dus de wijzer „nul-stroom” aanwijst.

Hierbij noteert men het teken (+ of —).

De grootte van de term L in form. (1) of (2) kan worden gevonden door meten „op de lightconductor”, een lichtweg gekoppeld aan de geodimeter waardoor heen men het licht kan leiden door omklappen van prisma's, zodat het licht na een bepaalde weg in de lightconductor afgelegd te hebben naar de fotocel wordt gedirigeerd. Krijgt men namelijk bij een bepaalde instelling van de lightconductorlengte bij nulaanwijzing van de nuldetector dezelfde electric delay instelling, dan is de lightconductorlengte de juiste waarde. Zij correspondeert dan namelijk met een tijds interval gelijk aan de electric delay.

Het voorschrift voor de bepaling van het even of oneven zijn van het aantal kwartgolflengten luidt nu : „Is het teken bij meten „op de spiegel” gelijk

(tegengesteld) als dat bij meten „op de lightconductor”, dan is het aantal kwartgolflengten even (oneven)”.

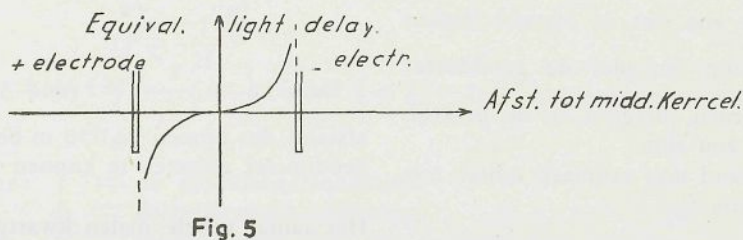
De bepaling van N uit (3) kan een kleine onzekerheid hebben. Dit is echter geen bezwaar, omdat men de dichtstbijzijnde waarden kan nemen en dan met de formules voor f_1 en f_2 de afstand berekenen. Een verkeerde aanname van de waarde van N geeft al direct opvallende verschillen in de uitkomst. De juiste waarde van N behoort bij die waarden die de beste overeenkomst vertonen.

Ten behoeve van het gemak wordt een staatje opgemaakt van de lightconductorlengten behorende bij bepaalde delay instellingen, b.v. alleen van grove instellingen.

Systematische fouten.

In de enkele meting zit een systematische fout, die het gevolg is van het niet zuiver in het midden van de Kerr-cel plaatsen van het beeld van de spiegel. Het beeld van de lichtbron kan men wel zo goed mogelijk tussen de Kerr-cel-platen zetten.

Figuur 5 toont het verloop van de fout, veroorzaakt door een kleine toename van de lichtintensiteit naar de kant van de positieve plaat.



Systematische fout t.g.v. het niet zuiver centreren.

Vanwege de inverse synmetrie kunnen wij deze systematische fout onschadelijk maken, als wij twee aflezingen doen met tegengestelde polariteit en dan het gemiddelde nemen.

Op dezelfde manier is de (mogelijke) dissymmetrie van de bias-voltage onschadelijk te maken door twee aflezingen met tegengestelde polariteit te middelen. Door van deze vier aflezingen het gemiddelde te nemen, wordt men dus bevrijd van systematische fouten, althans zo suggereert Bergstrand.

Atmosferische invloeden.

De snelheid van het licht in vacuo wordt constant verondersteld. Voor metingen door luchtlagen moet

men de atmosferische invloeden in rekening brengen.

Voor een atmosfeer van 0° C., 760 mm. Hg., droog, is de brekingsindex

$$n_0 = 1 + (2876,4 + \frac{16,288}{\lambda^2} + \frac{0,136}{\lambda^4}) \cdot 10^{-7}. \quad (4)$$

waar λ = de golflengte van het licht (niet de modulatiegolflengte).

Deze formule geldt voor de snelheid van het licht zelf.

Voor de groepsgolven geldt (volgens Bergstrand):

$$n_g = 1 + (2876,4 + 3 \cdot \frac{16,288}{\lambda^2} + 5 \cdot \frac{0,136}{\lambda^4}) \cdot 10^{-7}. \quad (5)$$

Voor een atmosfeer van $t^{\circ}\text{C}$., luchtdruk P mm Hg en vochtigheid e mm Hg is de brekingsindex:

$$n_a = 1 + \frac{n_g^{-1}}{1 + \frac{t}{273}} \cdot \frac{P}{760} - \frac{5,5 \cdot 10^{-8}}{1 + \frac{t}{273}} \cdot e. \quad (6)$$

Voor normale temperaturen betekent een variatie van 1°C . een verandering van n van ongeveer een miljoenste deel terwijl vochtigheidsveranderingen een veel kleinere invloed hebben, ongeveer een zevende van het drukeffect.

De vochtigheid is af te leiden uit de relatieve vochtigheid (aflezing hygrometer of desnoods geschat) en de temperatuur.

De bepaling van de dampspanning moet veel nauwkeuriger geschieden. Bij metingen tussen twee heuveltoppen moet rekening worden gehouden met het meebuigen der isothermen met het reliëf van het terrein. In elk geval dient de thermometer niet te dicht bij de grond te worden geplaatst, zo ongeveer 10 m boven de grond.

De bepaling van de dampspanning kan ook geschieden door vergelijking van de luchttemperatuur met de „nattebol-temperatuur”. Deze laatste wordt verkregen door de aanwijzing van een thermometer waarvan de bol met een lapje is omwikkeld, dat nat wordt gehouden. Na verloop van ongeveer 5 minuten zal het water gedeeltelijk verdampt zijn waardoor een verlaging van de temperatuur optreedt, waaruit met de bekende luchttemperatuur aanwijzing de dampspanning kan worden afgeleid.

Indien de meting van de luchttemperatuur geschiedt met een slingertoeel, voorzien van een droge en nattebolthermometer (psychrometer) kunnen telkens de lucht- en natteboltemperatuur gelijktijdig worden afgelezen.

Voor de berekening van de dampspanning e uit de aanwijzingen van droge- en natteboltemperatuur nemen wij de spanning E van de verzadigde waterdamp bij verschillende temperaturen. (Tabel volgens de waarden van HANN, opgenomen in „VERHANDELINGEN Nr 2, AANHANGSEL, BEHORENDE bij BARIMETRISCHE HOOGTEMETING IN DE TROPEN” door R. MONTIGEL).

Is E de spanning van verzadigde waterdamp bij een natteboltemperatuur T , en t de luchttemperatuur, dan geldt:

$$e = E \frac{0,48 (t - T) B}{610 - T} \text{ mm}, \quad (7)$$

waar B = de barometerstand.

Wij kunnen e ook berekenen uit:

$$e = e_{\text{rel}} \cdot E. \quad (8)$$

De berekening van de afstand.

Een groot probleem is wel de bepaling van de gemiddelde brekingsindex.

De optische weglengte S is:

$$S = \sum n_i \cdot \Delta s_i, \text{ waar}$$

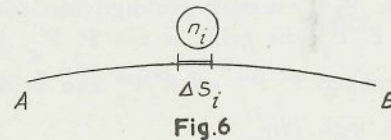
Δs_i = een wegelementje van de mathematische weg,

n_i = de brekingsindex in dat gedeelte.

Kunnen wij nu een waarde n_{gem} vinden, zodanig dat de lijnintegraal genomen langs de boog AB.

$$\int_{AB} n(s) ds = n_{\text{gem}} \cdot \int ds = n_{\text{gem}} \cdot s = S$$

dan kunnen wij dus de mathematische weglengte bepalen door de optische weglengte door n_{gem} te delen.



BERGSTRAND neemt nu voor deze waarde een benaderde waarde aan en wel gelijk aan de waarde berekend uit de gemiddelde druk, gemiddelde temperatuur en gemiddelde vochtigheid op de eindpunten van de basis.

Voor het verkrijgen van een meer juiste waarde zou men de lijn, waarlangs men de brekingsindex berekenen wil, kunnen laten lopen op gemiddelde hoogte (waar aangenomen wordt dat dan de gemiddelde brekingsindex kan worden verkregen), d.i. die hoogte h te bepalen uit

$$\bar{h} = \frac{1}{s} \int_0^s h(s) ds$$

Deze „strengere” berekening geeft echter, gelet op de geringe temperatuursverandering met de hoogte en de afstand van de rechte verbindinglijn tot de top van de boog, geen noemenswaardige verbetering. Een berekening van de correctie hiervoor zal in de waarde van de brekingsindex slechts een verandering geven van 1 of enkele eenheden van het achtste decimaal, terwijl de onzekerheid in de opgegeven frequentie van het kristal en in de snelheid van het licht in vacuo elk ongeveer reeds 1 miljoenste bedraagt.

VOLKERS berekent eerst de brekingsindex voor „normaal atmosfeer”, d.i. de brekingsindex voor het geval dat $t = T = 0,08 P - 36$.

Bij afwijking van dit normale geval wordt een correctie in rekening gebracht. Na deze correctie komt dan nog de correctie voor de vochtigheid.

De middelwaarde van de brekingsindices op de eindpunten van de basis krijgen dan nog een (zeer kleine, m.i. verwaarloosbare) correctie om te komen tot een meer strenge gemiddelde brekingsindex, waarin tevens verwerkt wordt de relatieve correctie om van de boog tot de rechte verbindinglijn te komen.

De correctie om van de boog tot de koorde te komen is voor afstanden waarbinnen metingen met de geodimeter plaats vinden, zeer gering.

De koorde is:

$$\begin{aligned} 2 \frac{R}{k} \sin \frac{1}{2} \frac{s}{R/k} &= 2 \frac{R}{k} \left(\frac{ks}{2R} - \frac{k^3 s^3}{48 R^3} + \dots \right) \\ &= s - \frac{k^2 s^3}{24 R^2}, \text{ waarin} \end{aligned}$$

R = de gemiddelde kromtestraal van de normale doorsnede der ellipsoïde in de betrokken richting.
 k = de refractiecoëfficiënt.

Voor $s = 20$ km en $k = 0,13$ is dus het verschil van booglengthe en koorde een kleine fractie van een millimeter.

De reductie van schuine koorde tot koorde op gemiddelde hoogte.

De koorde $P_1 P_2$ vermenigvuldigd met $\cos \alpha$ (zie fig.) levert $P''_1 P''_2$ die gelijk is aan $P'_1 P'_2$. Immers: de beide stukken $P'_1 P'_1$ en $P'_2 P'_2$ zijn beide gelijk aan $\frac{1}{2} h \sin \frac{1}{2} \gamma$ (fig. 7).

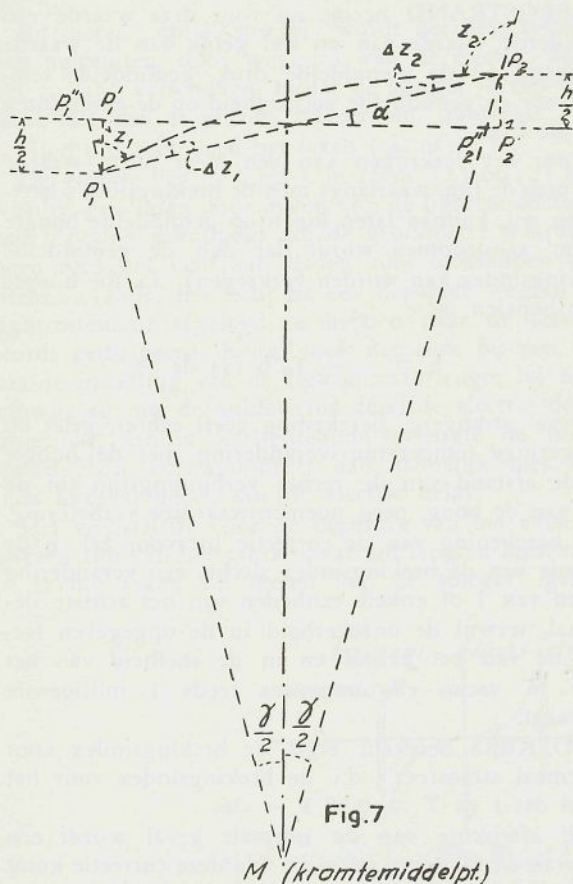


Fig. 7

M (kromtemiddelpt.)

Wij moeten dus die hoek α bepalen. De bepaling kan geschieden door wederkerige gelijktijdige zenitshoekmetingen.

De koorde maakt met been MP_1 een hoek gelijk aan $z_1 + \Delta z_1$ en dus met de bissectrice van hoek M een hoek van $z_1 + \Delta z_1 - \frac{1}{2} \gamma$.

Met het been MP_2 maakt de koorde een hoek gelijk aan $z_1 + \Delta z_1 - \frac{1}{2} \gamma$ die echter ook gelijk is aan $180^\circ - z_2 - \Delta z_2$.

Dus: $90^\circ - \alpha = z_1 + \Delta z_1 - \frac{1}{2} \gamma$

Maar ook is:

$$90^\circ - \alpha = 180^\circ - z_2 - \Delta z_2 + \frac{1}{2} \gamma,$$

waaruit door optelling volgt:

$$180^\circ - 2\alpha = 180^\circ + z_1 + \Delta z_1 - \Delta z_2$$

Bij gelijktijdige waarneming der zenitshoeken kunnen wij de waarden Δz_1 en Δz_2 aan elkaar gelijk stellen, zodat wij dan krijgen:

$$2\alpha = z_2 - z_1, \text{ of wat op hetzelfde neerkomt:}$$

2α = de som der absolute waarden der hellingshoeken.

In de waarde van α kan hierdoor een kleine fout ontstaan, die echter voor de bepaling van de reductie van schuine koorde tot koorde op gemiddelde hoogte geen rol speelt, ook niet voor de berekening van het hoogteverschil.

In plaats van te vermenigvuldigen met $\cos \alpha$ kunnen wij ook de relatieve correctie berekenen. De relatieve correctie bedraagt:

$$1 - \cos \alpha = 2 \sin^2 \frac{1}{2} \alpha.$$

De correctie wordt dus:

$$C_1 = -2s \sin^2 \frac{1}{2} \alpha. \quad (10)$$

De reductie tot de koorde op de ellipsoïde.

Noemen wij de gemiddelde hoogte der eindpunten van de basis h , dan is de correctie om van de koorde op gemiddelde hoogte te komen tot de koorde op de ellipsoïde:

$$C_2 = -\frac{l_1}{R+h} (s + C_1). \quad (11)$$

De overgang naar de boog op de ellipsoïde.

Noemen wij de lengte van de koorde K , dan is de booglengthe b :

$$\begin{aligned} b &= R\gamma = 2R \arcsin \frac{K}{2R} = \\ &= 2R \left(\frac{K}{2R} + \frac{K^3}{48R^3} + \frac{3K^5}{1280R^5} + \dots \right) = \\ &= K + \frac{K^3}{24R^2}. \end{aligned}$$

De correctie is dus:

$$C_3 = + \frac{K^3}{24R^2} \quad (12)$$

De totale correctie is dus: $C = C_1 + C_2 + C_3$. (13)

Het hoogteverschil.

Het hoogteverschil is te bepalen door de schuine koorde te projecteren op de bissectrice van de middelpuntshoek M en dan deze uitkomst te delen door $\cos \frac{1}{2} \gamma$. (zie fig. 8).

Bij de berekening van α werd de invloed van de refractie in P_1 gelijk gesteld aan de invloed van die in P_2 . Hierdoor heeft α een fout gelijk aan $\frac{1}{2} (\Delta z_2 - \Delta z_1)$, die echter bij gelijktijdige wederkerige metingen van de orde van enkele tiende seconden bedraagt.

De fout in de uitkomst van het hoogteverschil is dan ook ongeveer een millioenste van de afstand, wat neerkomt op 1 cm op de 10 km, dus belangrijk kleiner dan de middelbare fout vanwege het richten en de fouten der metingen zelf.

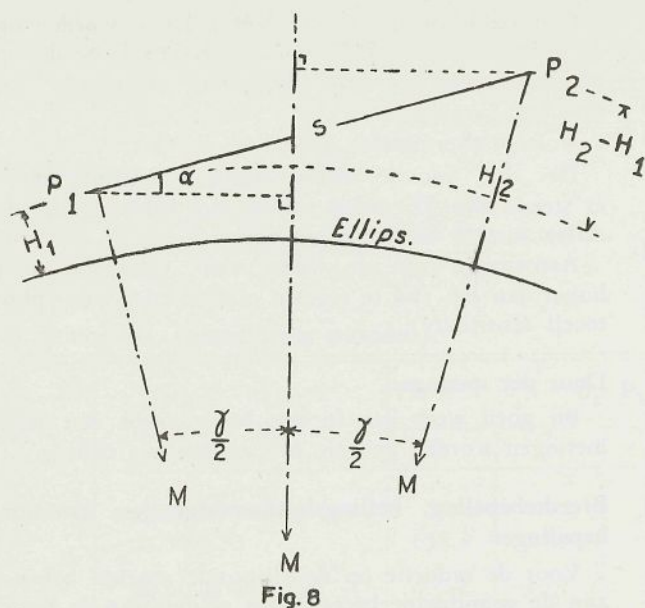


Fig. 8

$$\begin{aligned} H_2 - H_1 &= s \sin \alpha \cdot \frac{1}{\cos \frac{1}{2} \gamma} = \\ &= s \sin \alpha \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{K^2}{4R^2}}} = \\ &= s \sin \alpha \cdot \frac{1}{1 - \frac{K^2}{8R^2}} \\ &= \left(1 + \frac{K^2}{8R^2} \right) \cdot s \sin \alpha. \quad (14) \end{aligned}$$

De metingen.

Voorbereidende werkzaamheden.

De opstelling geschiedt volgens de instructies in de handleiding. Voorts verdient het aanbeveling om de geodimeter reeds in de namiddag (voorlopig) te richten op de heliotroop opgesteld op het andere eindpunt van de basis, zulks in verband met het moeilijke richten vanwege het zeer kleine gezichtsveld van het richtsysteem.

Zodra als bij het richtpunt de seinalamp is aangestoken, kan de geodimeter worden gericht m.b.v. de richtkijker of bij ontbreken hiervan een loupe. Daartoe moet eerst de polarisator worden opzij geschoven. Met behulp van de schroeven voor de horizontale en verticale beweging wordt het beeld van de seinalamp zo goed mogelijk midden tussen de middens der Kerr-celplaten gebracht, terwijl ook de gloeidraad van de lamp (die nog niet mag branden) ook daar moet worden geprojecteerd.

(Bij de geodimeter van het Jajasan Geodesia Djaw. Top. is de stand van de lamp goed even voordat de vassing van de lamp tegen de aanslag komt).

Nadat hiermee de zender zoo goed mogelijk is gericht laat men het aggregaat lopen; de lamp laat men branden, wat voor de spiegelaar aan de overkant betekent dat hij zijn seinlamp moet doven en de vlakke spiegel op de geodimeter moet richten. Het gereflecteerde licht moet nu precies in de ontvanger vallen. Is dit niet het geval, dan worden er seinen gegeven om de vlakke spiegel in horizontale en verticale zin bij te draaien, totdat de gereflecteerde straal in het optische systeem van de ontvanger valt.

Met behulp van de aanwijzingen van de fijne beweging van de delay bij „dark current” kan nu de zender beter worden gericht. Zijn namelijk de instellingen van „delay fine” bij „dark current” in de schakelstand 1 gelijk aan die in schakelstand 2, dan betekent dit dat het beeld van de vlakke spiegel symmetrisch tussen de Kerr-cel-platen is geprojecteerd. Dit centreren geschiedt met behulp van de correctieschroefjes voor de horizontale en de verticale beweging van de zenderspiegel-lens. Dan moet

de ontvanger worden gericht. De geconcentreerde lichtbundel moet precies op de fotocel vallen. (te zien aan de maximale uitslag van de wijzer van de controle; Eng. term : „dip”) Het centreren geschiedt eerst in horizontale, dan in verticale zin. Het kan ook andersom. Voor dit centreren wordt de kijker van de ontvanger voorzien van een oculairdop met kruisvormig gat, waarbij de gaten goed horizontaal resp. verticaal moeten staan. Nadat de centrering zo goed mogelijk is bereikt wordt de dop vervangen door een met een rond gaatje en de kijker er weer in gestopt.

Voordat kan worden gemeten moet eerst de thermostaat in werking zijn (beurtelings branden van rood en groen licht). De frequentie moet namelijk constant zijn, en dit is zo bij constante temperatuur van het kristal. Gedurende al deze bewerkingen volgen men de in de handleiding voorgeschreven controles.

De gang der metingen.

Gemeten wordt in vier schakelstanden, om de (theoretisch bekende) systematische fouten op te heffen.

Phase position 1 = Bias voltage „gewoon”, H.F. voltage Kerr-cel/anode fotocel „gewoon”.

Phase position 2 = Bias voltage „gewoon”, H.F. volt. Kerrcel/ anode fotocel „omgepoold”.

Phase position 3 = Bias voltage „omgepoold”,
H.F. volt. Kerr-cel/anode fotocel „gewoon”.

Phase position 4 = Bias voltage „omgepoold”,
H.F. volt. Kerrcel/anode fotocel „omgepoold”.

Met elk van de frequenties f_1 en f_2 worden gemeten de electric delays bij nul-aanwijzing van de nuldetector. Deze delays geven, mits wij ten minste de grootte ervan precies kunnen berekenen, een maat voor dat deel van de enkele lichtweg na aftrek van een geheel aantal malen een kwartgolf lengte. De uit de berekening verkregen afstand is dan de afstand tot de vlakke spiegel gerekend vanaf het „zero”-point, dat op een bepaalde afstand ligt voor het z.g. „reference-point” van de geodimeter (gelegen op de achterrand en gemerkt met een kruisje.) De plaats

van dit zero-point is te bepalen door meting van een korte afstand in een donkere kamer.

De methode, zoals door BERGSTRAND in zijn eerste handleidingen aangegeven, blijkt niet erg goed te voldoen, en wel omdat er te veel tijd verloopt tussen het meten „op de spiegel” en het checken van de delay op de light-conductor.

De hier gevolgde methode van aflezen is als volgt: **Metten met frequentie 1.** : Men meet op de spiegel in twee standen, noteert de instellingen van de delay bij „dark current” en bepaalt de som. (gemiddelde kan ook wel). Dan meten „op de lightconductor” (licht onderscheppen door prisma's neer te laten). Men probeert nu die light-conductorlengte te vinden, waar bij nulstroom-aanwijzing dezelfde delay (som of gemiddelde) in de beide standen 1 en 2 optreedt. In dit geval correspondeert met de delay de totale lichtweg van zender via lightconductor naar fotocel afgelegd. Het vinden van de juiste lightconductorinstelling kan natuurlijk niet zo dadelijk geschieden. Men kan dit b.v. als volgt proberen. De fijne instelling stelt men op halverwege.

Dan zoekt men met de grove instellingen die instelling, waarbij de wijzer van de nul-detector het minst uit de nul-stand wegloopt. Bij deze grove instelling zoekt men dan de stand van de fijne beweging, waarbij nulstroom wordt aangewezen. Zit men er al dicht bij, dan kan men als men weet met hoeveel cm 1 eenheid van de delay correspondeert gauw genoeg de juiste lightconductorlengte vinden. Met hoeveel centimeter 1 eenheid van de delay correspondeert, kan men door proberen dadelijk vinden. Bij het meten op de lightconductor gaat men niet het juiste bedrag van de lengte instelling zoeken, maar stelt de lengte in op een benaderde waarde. Bij nulstroom zal dan de som der delays bij meten op lightconductor niet gelijk zijn aan die bij meten op de spiegel. De juiste waarde is af te leiden door extrapolatie (echter niet over te grote afstand). Het is dus aan te bevelen voor de instelling van de lightconductorlengte een waarde te nemen die dicht bij de juiste ligt. Dezelfde volgorde geldt bij meten in phase-position 3 en 4.

Op dezelfde wijze wordt gemeten in de frequentie 2.

Gedurende de gehele duur der metingen wordt op regelmatige tijden de barometer en de psychrometer door een helper afgelezen.

Gedurende de metingen dient gelet te worden op de controle dials. H.F. voltage Kerr-cel steeds op maximum houden (niet bijstellen gedurende een meting).

Voltage thermostaat op $6,3 \pm 0,2$ V.

De „dip” van de wijzer van de „controle” moet er steeds zijn. Uitvallen van de dip betekent dat de reflex niet in de ontvanger valt.

Aanwijzing van de wijzer van „Controle” niet hoger dan 1,5. (bij te regelen met de knop voor photocell sensitivity).

Duur der metingen.

Bij goed weer kan in een halve nacht een serie metingen worden gedaan, inbegrepen het richten.

Breedtebepaling, hellingshoekmetingen en azimuthbepalingen.

Voor de reductie op de ellipsoïde moeten bekend zijn de gemiddelde breedte, het azimuth van de basis, de hellingshoeken heen en terug, de hoogte van een der eindpunten van de basis. De bepaling van de gemiddelde breedte hoeft niet zeer nauwkeurig te geschieden.

Waar overzichtskaarten bestaan kan men de gemiddelde breedte der basiseindpunten door uitpassen wel (voor dit doel nauwkeurig genoeg) bepalen. De hellingshoekmetingen kunnen de volgende dag geschieden. Bij kleine afstanden kan men de azimuthbepaling ook achterwege laten.

Voor de kromtestraal van de normale doorsnede in de betrokken richting neemt men dan de middelbare kromtestraal $R = \sqrt{MN}$.

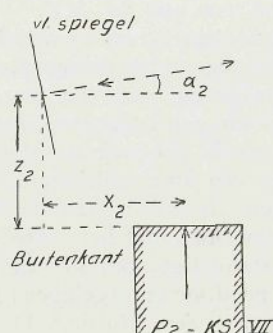
Het azimuth kan met behulp van een boussoleinstrument afgelezen worden.

Nauwkeurige azimuthbepalingen zijn niet nodig.

PROEFMETING met de geodimeter van de afstand tussen de punten KP II — KS VII van het Bandung-net.

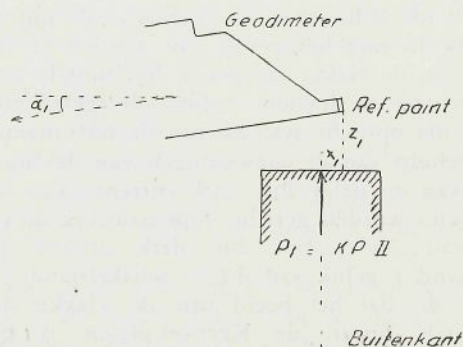
De resultaten der waarnemingen en berekeningen volgen hieronder.

1. Gegevens voor de berekening van de excentriciteitscorrectie.



Binnenkant

Fig. 9



x is aan de binnenkant/buitenkant pos./negatief in rekening te brengen.

z is boven de pilaarkop/beneden de pilaarkop pos./neg. in rekening te brengen.

$$\begin{aligned} z_1 &= + 50 \text{ mm. } x_1 = - 15 \text{ mm. } \alpha_1 = - 1^\circ 43'. \\ z_2 &= - 603 \text{ mm. } z_2 = + 504 \text{ mm. } \alpha_2 = + 1^\circ 37'. \end{aligned}$$

Correctie voor de excentriciteit :

$$e_1 = x_1 \cos \alpha_1 + z_1 \sin \alpha_1 = - 16 \text{ mm.}$$

$$e_2 = x_2 \cos \alpha_2 + z_2 \sin \alpha_2 = - 588 \text{ mm.}$$

$$E = e_1 + e_2 = - 604 \text{ mm.}$$

2. Atmosfeer. (gemiddelde waarden).

	Datum 1955	Uur	op P_1				op P_2			
			P	t	T	t-T	P	t	T	t-T
f_1 .	28.29-12									
	23.50-0.50		652,3	17,5		1,6	681,6	19,0		0,2
f_2 .	00.50-01.40		652,1	17,2		2,1	681,1	19,0		0,2

3. Berekening brekingsindex. (volgens de tabellen van VOLKERS).

$$n = 1 + \bar{n} \cdot 10^{-8}.$$

		Met f_1		met f_2	
		op P_1	op P_2	op P_1	op P_2
0,08 P_n		52,18	54,50	52,17	54,49
36 + t		53,50	55,00	53,20	55,00
	aftr.				
Δt		— 1,32	— 0,50	— 1,03	— 0,51
F_t		89	92	89	92
F_e		7	8	7	8
n'		24544,0	25419,0	24538,0	25416,0
P					
$\Delta t \cdot F_t$		— 117,5	— 46,0	— 91,7	— 46,9
$(t-T) \cdot F_e$		+ 11,2	+ 1,6	+ 14,7	+ 1,6
	opt.				
n'		24437,7	25374,6	24461,0	25370,7
$\bar{n} = \frac{1}{2} (n'_1 + n'_2)$		24906		24916	

Toelichting: P_n = luchtdruk bij normaal atmosfeer.

F_t = coëfficiënt van Δt voor de partiële correctie vanwege de afwijking met de normale atmosfeer.

F_e = de coëfficiënt van $(t-T)$ voor de partiële correctie vanwege de vochtigheid.

n = brekingsindex minus één in eenheden van het achtste decimaal.

4. Berekening van de kwartgroepsgolflengte in vacuo.

$$f_1 = 9.999.903 \text{ Hz. } \frac{\lambda_1}{4} = 7,4948825. \text{ m.}$$

$$f_2 = 10.099.971 \text{ Hz. } \frac{\lambda_2}{4} = 7,4206255.$$

Toelichting :

Voor c_0 is genomen de waarde afgeleid uit de metingen van de voortplantingssnelheid van het licht op de basis Oland en wel $c_0 = 299792,4 \text{ km/s.}$

(Publ. : „Determination of lightvelocity on the Oland base-line 1955” van Svenska Aktiebolaget Gasaccumulator Stockholm-Lidingo, Zweden.)

Controleberekening volgens de gedeeltelijk grafische methode van Bergstrand.

Meteorol. gegevens: In f_1 : $P_{\text{gem}} = 666,8$ $t_{\text{gem}} = 18,2$, R.H. = 96%
 In f_2 : $P_{\text{gem}} = 666,6$ $t_{\text{gem}} = 18,1$, R.H. = 81%
 n (0° , 760 mm, droog) = 1,0003038.

	in f_1	in f_2
D	13816,155	13816,182
*) Correcties:		
temp. + $19,1 \cdot 10^{-6}$		19,0
druk + 34,9		34,8
R.H. + 0,7		0,6
totaal + $54,7 \cdot 10^{-6} =$	0,755	$54,4 \cdot 10^{-6} = 0,753$
	13816,910	13816,935

*) Nomogrammen van Bergstrand.

Gemiddeld uit de twee: 13816,922
 Correcties C_1 t/m C_3 en E — 8,791
 $D_{\text{ell.}} = 13816,131$

m.f. (gem.) 13 mm.

De berekening van de afstand uit de bekende coördinaten in de polyeder projectie.

Voor de berekening van de ellipsoidische afstand uit de afstand in de projectie nemen wij de formule:

$$\log s_{\text{ell.}} = \log S_p - \frac{\mu}{2M_0 N_0} \cdot y_m^2 - \frac{\mu}{24 M_0 N_0} \cdot (y_2 - y_1)^2.$$

waar: μ = modulus van het Briggsche log-stelsel.

M_0 = Meridiaankromtestraal in het centrale punt der graadafdeling.

N_0 = dwarskromtestraal in het centrale punt der graadafdeling.

y_m = de gemiddelde y coördinaat van de eindpunten.

Hieruit kunnen wij direct de relatieve correctie halen.

d (log. s) is namelijk $\mu d \ln s = \mu \frac{ds}{s}$, zodat

de relatieve correctie:

$\frac{ds}{s} =$ de bovengenoemde correctietermen log.

zonder de factor μ .

De coördinaten der eindpunten zijn:

$$\begin{array}{ll} x_1 = -3211,14 & y_2 = -9984,31 \\ x_2 = -12234,39 & y_1 = +467,16 \\ \hline \varphi_0 = 6^\circ 50' \text{ z.} & y_2 - y_1 = 10451,47 \\ M_0 = 6335700. & y_m = 4758,58 \\ N_0 = 6377700. & \end{array}$$

$$S_p = 13807,689$$

Rel. corr.

$$-(0,6 + 1,1) \cdot 10^{-7} = -1,7 \cdot 10^{-7} : 0,002$$

$$s(\text{ell.}) = 13807,687.$$

De middelbare fout.

(m.f.) ² van de meting	169
L. C. indexconstante	16
helling	4
lichtsnelheid, frequentie, atmosfeer:	
$(1,7 \cdot 10^{-6})^2$	537
Totaal	726
$m = \pm 27 \text{ mm.}$	

Het bereik en de nauwkeurigheid.

Proeven hebben aangetoond dat een afstand van 25 km wel als grens mag worden aangenomen en niet 40 of 80 km, zoals Bergstrand suggereert, niet zozeer vanwege de lichtverzwakking, maar meer door atmosferische storingen, die het licht zo onregelmatig afbuigen, dat het richten zeer moeilijk, en de ontvangst ook zeer slecht is.

De nauwkeurigheid wordt in hoge mate bepaald door:

1. de nauwkeurigheid van de waarde van c_0 .
2. de nauwkeurigheid van de frequentie.
3. de nauwkeurigheid waarmee de gemiddelde brekingsindex wordt berekend.
4. de nauwkeurigheid, waarmee de hellingshoeken heen en terug worden gemeten.

Wat het laatste betreft, de fout vanwege een onnauwkeurige bepaling van de hellingshoek kunnen wij vermijden door twee punten te nemen, waarbij de helling zeer klein is. Een fout in de helling komt hierop neer dat de schuine afstand constant blijft, terwijl de hoogte varieert. De aldus ontstane fout is dus $\Delta h \tan \alpha$.

Nemen wij aan, dat de waarde van c_0 een onzekerheid heeft van een miljoenste, de frequentie ook een

onzekerheid van 1 miljoenste, de gemiddelde brekingsindex ook een fout van ten hoogste een miljoenste dan is dus de m.f. veroorzaakt door deze factoren $1,7 \cdot 10^{-6}$.

Bij veroudering van het kristal is herijken gewenst.

Verder komen er natuurlijk nog bij fouten door waarnemingen zelf, die echter bij voldoende geroutineerde waarnemers binnen de 2 cm bedraagt en vrijwel onafhankelijk is van de afstand.

Weliswaar geeft een basismeting met de invardraad grotere nauwkeurigheid, doch bases tot 20 km lengte kunnen wel uitgesloten worden geacht, zodat uiteindelijk de verkregen nauwkeurigheid door het over-

brengen via de (niet altijd gunstige) driehoeken weer geringer wordt.

Verder bestaat de mogelijkheid om meer bases te meten, om voortplanting van fouten te stuiten. In de vereffening is het dan het beste om de gemeten bases als niet foutloos aan te nemen.

Afgezien hiervan heeft de geodimeter het voordeel van sneller en dus goedkoper werk.

In de gevallen, waarbij aansluiting van twee driehoeksnetten via een ketting niet mogelijk is geeft de geodimeter uitkomst, doordat hij het mogelijk maakt, de aansluiting te bewerkstelligen m.b.v. een ellipsoïdische polygoon.

Staat van lightconductorlengten geijkt in lucht.

Grove instelling	Corresponderende afstand gerekend vanaf „reference point”	Aantekeningen
	m	
0	0,375	Volgens opgave van Bergstrand zijn deze waarden 25 mm kleiner. Ijking bij Jaj, Geod. door Civ. Lm. VOLKERS.
1	1,175	
2	1,975	
3	2,775	
4	3,575	
5	4,375	
6	5,175	
7	5,975	
8	6,775	
9	7,575	
10	8,375	

Ijking lightconductorlengten.

Gemeten wordt tegen een systeem van vlakke spiegels, welke met elkaar een hoek van 90° maken.

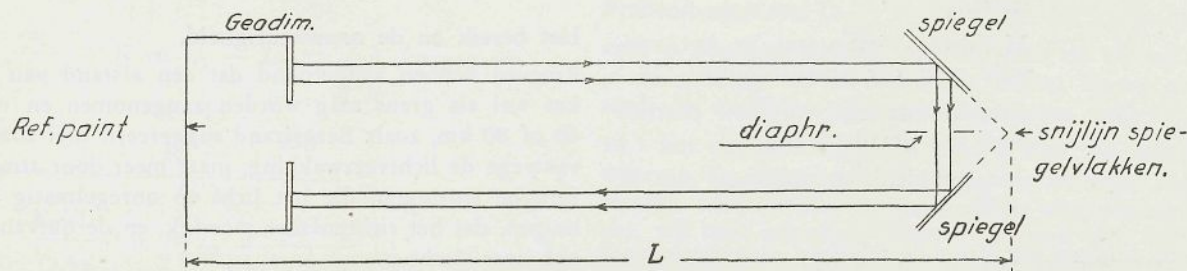


Fig. 10

Hoe de lichtstralen ook invallen, steeds is de totale lengte constant $2L$. Door afstandmeting „tegen de spiegels” en checken op de lightconductor kunnen de lightconductorlengten worden bepaald.

Door ijking met behulp van dit ijkapparaatje zijn de lightconductorlengten gevonden met een m.f. van 4 mm.

De lengte L is door afloden van „reference point” en achterkant ijkapparaat te bepalen. De plaats van de snijlijn der spiegelvlakken is als volgt te bepalen (zie fig. 11).

Met de spiegels naar het zonlicht gekeerd kan men met een meetlatje de afstand a bepalen. Bij aanwezigheid van een helper kan dit zeer gemakkelijk. De snijlijn der spiegelvlakken ligt op een afstand gelijk

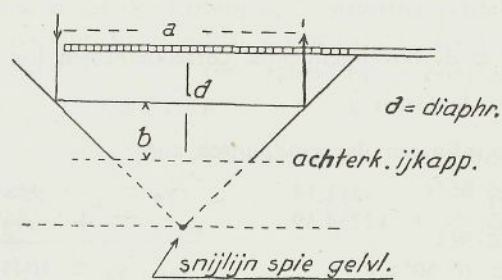


Fig. 11

aan $\frac{1}{2}a$ achter het midden van de diaphragma. Dit bedrag verminderd met b geeft de afstand van achterkant ijkapparaat snijlijn.