8e JAARGANG
NUMMER 12

DECEMBER
1941

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

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

Commissie van Toezicht:
jhr. ir. H. S. van Lennep,
ir. W. Holleman,
ir. C. P. J. Suverkropp.

Commissie van Redactie:
Voorzitter: prof. ir. P. P. Bijlaard;
Leden: ir. G. Meesters, dr. ir. Tan Sin Hok,
ir. E. D. G. Frahm, ir. F. J. H. Davis.

Prijs per jaargang: *f* 20,— Afzonderlijke nummers: *f* 2,—
Redactie-adres (zonder vermelding van persoonsnamen): Huygensweg 22, Bandoeng (Tel. Bd. 2102).
Adres voor administratie en abonnementen: Bragaweg 38, Bandoeng (Tel. Bd. 2568).
Adres voor advertenties: Firma G. Kolff & Co., Batavia-Centrum (Tel. Wl. 3015).

I. ALGEMEEN GEDEELTE.

INHOUD: Ter nagedachtenis aan ir. V. L. A. Razoux Schultz†, door ir. G. van der Harst en Dipl.-Ing. D. W. Sparnaay. — De sterkteberekening van metalen vliegtuigliggers, door Dipl.-Ing. C. W. A. Oyens. — Metallografische wetenswaardigheden uit de kogellagerindustrie, door ir. B. H. Jacobson. — *Personalia.* — *Koninklijk Instituut van Ingenieurs*: Bestuursmededeelingen.

Ter nagedachtenis aan
Ir. V. L. A. Razoux Schultz †.

Begin November bereikte Indië de droeve tijding van het overlijden van één zijner groote zonen, ir. V. L. A. Razoux Schultz. Het is slechts ruim drie jaar geleden, dat Schultz zijn zeer werkzaam ambtelijk leven hier te lande afsloot en zich in Nederland vestigde om de laatste hand aan de opvoeding van zijn kinderen te leggen. Weinigen en hijzelf allerminst zullen toen vermoed hebben, dat zijn voorgenomen terugkeer naar Indië — het land waar hij hart en ziel aan verpand had — niet meer zou plaats hebben.

Te vroeg is deze 56-jarige uit het leven weggerukt, een leven, dat getuigde van élan en voortdurende activiteit. In 1911 zette een werktuigkundig ingenieur, na reeds eenige jaren in Nederland werkzaam te zijn geweest, weder in Indië voet aan wal. Niets wees er toen op, dat deze tengere, eenigszins schuchtere en uiterlijk phlegmatische figuur voorbeschikt was om in de Indische samenleving een belangrijke rol te spelen, die buiten het eigenlijke terrein van zijn studie lag.

Reeds spoedig kon hij onder de voortreffelijke leiding van het toenmalige hoofd van het Electriciteitswezen zijn meer dan gewone capaciteiten ontplooien, daarmede een destijds in Indië nog vrijwel niet ontgonnen gebied betredende, nl. de regeling van het electriciteitswezen in deze landen met alles wat daaraan annex was. In den omgang geen groot causeur zijnde, bleek hij echter over een zoo welversneden pen te beschikken, dat hij weldra voor deze meer administratieve functie de rechterhand van het afdeelingshoofd werd. Toch trok hem, evenals vrijwel iederen jongen ingenieur, meer het direct scheppende werk in het bedrijf en het was dan ook begrijpelijk

dat hij, na een viertal jaren op het hoofdkantoor te Batavia werkzaam te zijn geweest, zijn detacheering naar de Ombilin-mijnen vol ambitie aanvaardde. Hier was het zijn taak de mechanisch-electrische outillage lage van de mijn te moderniseeren en te organiseeren. Tevens bleek dit voor hem een leerschool te zijn voor nog omvangrijker werk, dat hem na zijn eerste en eenige Europeesche verlof — in welk verlof hij en passant het candidaats-examen voor electrotechnisch ingenieur te Delft met goed gevolg wist af te leggen — wachtte. Bij de in aanbouw en gedeeltelijk reeds in een voorstadium van bedrijf verkeerende Landswaterkrachtbedrijven werd nl. zeer sterk de behoefte gevoeld aan een eenhoofdige leiding, ten einde deze bedrijven organisatorisch en ook economisch op een gezonden grondslag te stellen. Het was geen wonder, dat aan Schultz, nadat hij gedurende eenigen tijd bij den aanleg van het bedrijf „West-Java" werkzaam was geweest, einde 1924 het leiderschap over de Landswaterkrachtbedrijven werd opgedragen. De organisatie en verdere ontwikkeling dezer bedrijven waren zijn werk. Het bouwwerk was zoo hecht, dat het met goed gevolg de economische crisis van 1929 en volgende jaren kon doorstaan en ook thans nog wordt op de door hem gelegde fundamenten voortgebouwd. De laatste vier jaren van zijn ambtelijk leven waren gewijd aan de verdere ontwikkeling der electriciteitsvoorziening hier te lande, die gedurende en eenigen tijd na vorenbedoelde crisis was afgeremd. Met veel tact en doorzettingsvermogen wist het nieuwe hoofd van de afdeeling Electriciteitswezen, onder leiding van den departementschef, nieuwe regelingen op het gebied der electriciteitsconcessies en -tarifieeringen te treffen, waardoor een opleving van het electriciteitsverbruik en een doordringen der voorziening in breedere bevolkingslagen werd verkregen.

Ook buiten het ambtelijke was Schultz een voorganger in het vinden van nieuwe wegen voor menig Indisch probleem. Zoo heeft hij er veel toe bijgedragen den Indischen jongen een betere plaats in deze maatschappij te verschaffen. Ook voor de kolonisatie-pogingen van den Indo-Europeaan in Nieuw-Guinea werden door hem bergen werk verzet, terwijl hij overigens een krachtig werkzaam lid der I.E.V.-groep was.

Met Schultz is een humaan mensch en hard werker voor de belangen der Indische samenleving heengegaan.

Hij ruste in vrede.

v. d. H.

Razoux Schultz in Holland overleden..... Wederom één der onzen door den dood weggenomen onder voor hem zeer zeker moeilijke omstandigheden.

Vele jaren, sinds 1922 heb ik regelmatig contact met hem gehad en al liepen onze meeningen nog al eens uiteen, steeds heb ik hem kunnen waardeeren als een eenvoudig en hoogstaand persoon, iemand die zijn taak met volle energie behartigde en de hem toevertrouwde belangen vóór alles deed gelden.

In 1939 bezocht ik hem nog in zijne woning te Overveen; het deed hem goed over Indië te kunnen praten, hij leefde nog geheel mede met den gang van zaken hier.

Het is hem niet gegeven geweest Indië terug te zien. Zijn nagedachtenis zal echter in eere blijven.

D. Sparnaay.

De sterkteberekening van metalen vliegtuigliggers

door

Dipl.-Ing. C. W. A. OYENS,

Ingenieur bij de Militaire Luchtvaart.

Korte inhoud.

Bij de sterkteberekening van zeer dunwandige metalen liggers, zooals deze in den vliegtuigbouw in het bijzonder bij vleugelconstructies veelvuldig worden toegepast, bevindt men zich in een gebied, waarin de elementaire buigingstheorie niet zonder meer van toepassing is. In vele gevallen geeft de z.g. „trekwand"-theorie een voldoend nauwkeurige benadering van de in de liggeronderdeelen optredende spanningen. In aansluiting aan deze theorie wordt het begrip „semi-trekwand" geïntroduceerd, dat een nauwkeuriger met de werkelijkheid overeenkomend beeld geeft van de spanningsverdeeling in den ligger en nagenoeg even eenvoudig wiskundig geformuleerd kan worden als de zuivere trekwand. Bovendien hebben de voor den semi-trekwand afgeleide formules het voordeel, dat zij ook van toepassing zijn op liggers, die meer het normale dikwandige type naderen.

1. Inleiding.

De ontwikkeling van den bouw van metalen vliegtuigen heeft de vliegtuigstatici voor vele nieuwe vraagstukken geplaatst. De meeste dezer problemen houden verband met het verschijnsel van plooivorming, dat bij de in den vliegtuigbouw gebruikelijke dunwandige plaatconstructies zelden te vermijden is. Bij de oudere bouwwijzen — houten vleugels met doekbekleeding, staalbuisrompen — waren de doorsnede-afmetingen van de dragende deelen van zoodanige grootte, dat voor plooiverschijnselen niet gevreesd behoefde te worden. Bij de moderne metalen schaalconstructies moeten echter min of meer noodgedwongen zoo geringe wanddikten worden toegepast, dat reeds onder normale bedrijfsomstandigheden plooien, d.i. overschrijding van de knikspanning van het materiaal, kan voorkomen.

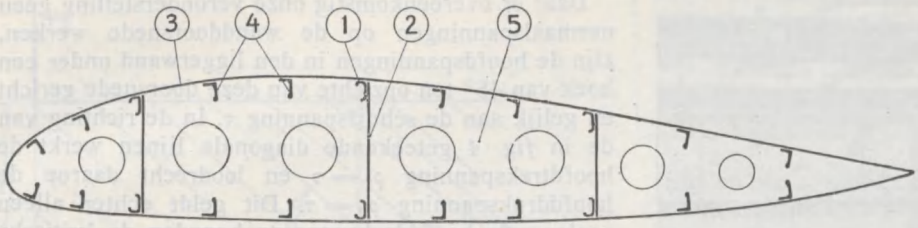


Fig. 1. Dwarsdoorsnede over een modernen metalen „schaal"-vleugel.

Bij de sterkteberekening van metalen vliegtuigen heeft men dus grootendeels te doen met materiaal, waarvan het vermogen om drukspanningen te dragen zeer beperkt is in verhouding tot het vermogen om trekspanningen op te nemen. Het gevolg hiervan is, dat de spanningsverdeeling en de vormveranderingen een geheel ander beeld toonen dan bij de dikwandigere constructies, die in andere gebieden van de techniek worden toegepast. Welke vraagpunten hieruit kunnen voortvloeien, zal in het onderstaande worden toegelicht in een beschouwing over de berekening van metalen vleugelliggers, e.e.a. in aansluiting aan hetgeen over de berekening van houten vleugelliggers in een vorig nummer van dit tijdschrift [1]) door den schrijver werd medegedeeld.

In *fig. 1* is de principieele constructie van een modernen metalen „schaal"-vleugel weergegeven. De hoofddeelen, waaruit zulk een vleugel is opgebouwd, zijn: een aantal (in de figuur drie) *liggers*, elk bestaande uit twee *liggergordingen* (1) en een *liggerwand* of *-lijf* (2), de *vleugelhuid* (3) met de daarop geklonken *langsverstijvers* (4) en tenslotte de *ribben* of *dwarsschotten* (5).

Hoewel de functies van deze elementen in het statische verband niet zuiver te scheiden zijn, kan toch in het algemeen worden gezegd, dat de buigende belastingen in hoofdzaak door de liggergordingen en de langsverstijvers (in samenwerking met de direct daaraan grenzende en daardoor tegen plooien beschermde huidreepen) worden opgenomen, terwijl de liggerwanden voor opname van de dwarskrachten zorgen. De metalen huid, de eigenlijke „schaal", neemt eventueele tordeerende belastingen op, terwijl de ribben hoofdzakelijk een vormgevende functie hebben. Uit het feit, dat een vliegtuigvleugel in eerste instantie op buiging belast wordt, terwijl de beschikbare bouwhoogte slechts gering is, volgt, dat het materiaal in hoofdzaak in de liggergordingen en de langsverstijvers geconcentreerd zal moeten zijn. De wanddikte van de profielen, waaruit deze elementen zijn samengesteld, is dan ook gewoonlijk aanmerkelijk grooter dan de dikte van de liggerwanden en van de vleugelhuid, die, ook wanneer zij van zeer dun plaat vervaardigd zijn, gemakkelijk de relatief geringe dwarskrachten en torsiemomenten kunnen opnemen. In sommige gevallen is het zelfs niet noodig, de vleugelhuid geheel van metaal te maken: een gedeelte van den vleugel is dan met doek bekleed. De elementen, waarin reeds onder normale omstandigheden plooivorming kan optreden, zijn dus in de eerste plaats de liggerwanden en de huidplaten, terwijl de liggergordingen en verstijvingsprofielen in den regel tot aan de maximale belasting stabiel blijven en hun vorm behouden.

In *fig. 2* zijn enkele gangbare liggerdoorsneden weergegeven. In de meeste gevallen wordt een soort I-doorsnede met enkelvoudigen wand, minder vaak een doosdoorsnede met dubbelen wand toegepast. De gordingen bestaan uit geperste of uit smalle strooken plaat gewalste profielen, de wanden uit een dunne plaat (minimumdikte ca 0,5 mm), waarin soms nog omgekraalde verlichtingsgaten zijn uitgespaard. In de lengterichting van den ligger zijn op regelmatige afstanden verticale verstijvingsprofielen of *staanders* op den wand geklonken, die in hoofdzaak ten doel hebben, plooivorming te verhinderen of te beperken. Bij de in *fig. 3* afgebeelde liggers van den Bristol „Blenheim"-bommenwerper vormen deze staanders tevens het neusgedeelte van de vleugelribben.

Schematisch weergegeven, ziet de gebruikelijke metalen ligger er dus uit als in *fig. 4* is afgebeeld. In het volgende zal onder de hoogte h van den ligger steeds de afstand van de zwaartepunten der gordingdoorsneden worden verstaan. De onderlinge afstand van de staanders zij e, de dikte van de lijfplaat d, het oppervlak van de gordingdoorsneden F_1 en F_2, de belastende kracht Q.

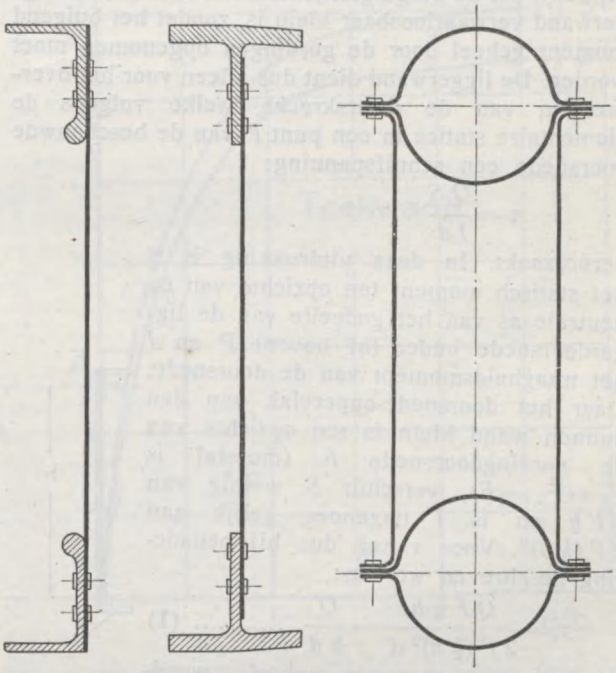


Fig. 2. Eenige gebruikelijke liggerprofielen.

1) *De Ingenieur in Ned.-Indië*, No. 1 — 1941.

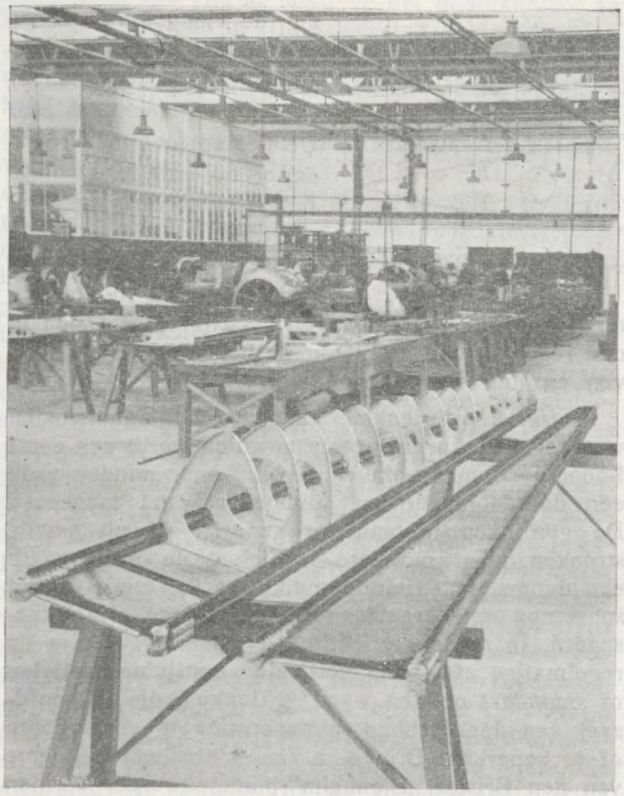


Fig. 3. Liggers voor Bristol- „Blenheim"-bommenwerper; één voorzien van staanders, tevens voorrandprofileering.

2. De schuifvaste wand.

Beschouwen wij nu (*fig. 4*) een doorsnede x, welke ten gevolge van de uitwendige belasting een dwarskracht Q en een buigend moment $Q\,x$ op te nemen heeft. Wij veronderstellen in de eerste plaats (de juistheid van deze veronderstelling zal later nader blijken), dat de buigingsstijfheid van den dunnen liggerwand verwaarloosbaar klein is, zoodat het buigend moment geheel door de gordingen opgenomen moet worden. De liggerwand dient dus alleen voor het overbrengen van de dwarskracht, welke volgens de elementaire statica in een punt P van de beschouwde doorsnede een schuifspanning:

$$\tau = \frac{Q\,S}{I\,d}$$

veroorzaakt. In deze uitdrukking is S het statisch moment ten opzichte van de neutrale as van het gedeelte van de liggerdoorsnede onder (of boven) P en I het traagheidsmoment van de doorsnede. Daar het doorsnede-oppervlak van den dunnen wand klein is ten opzichte van de gordingdoorsnede F (meestal is $F_1 = F_2 = F$), verschilt S weinig van $\frac{1}{2}\,F\,h$ en is I nagenoeg gelijk aan $2\,F\,(\frac{1}{2}\,h)^2$. Voor τ kan dus bij benadering geschreven worden:

$$\tau = \frac{Q\,F\,\frac{1}{2}\,h}{2\,F\,(\frac{1}{2}\,h)^2\,d} = \frac{Q}{h\,d} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

d.i. constant over de geheele wanddoorsnede.

Daar er overeenkomstig onze veronderstelling geen normaalspanningen op de wanddoorsnede werken, zijn de hoofdspanningen in den liggerwand onder een hoek van 45° ten opzichte van deze doorsnede gericht en gelijk aan de schuifspanning τ. In de richting van de in *fig. 4* geteekende diagonale lijnen werkt de hoofdtrekspanning $\rho_t = \tau$ en loodrecht daarop de hoofddrukspanning $\rho_d = \tau$. Dit geldt echter alleen zoolang de hoofddrukspanning beneden de kritische waarde blijft, waarbij plooien van de wandplaat optreedt. Wordt deze waarde overschreden, dan vormen zich loodrecht op de richting van ρ_d (dus in de richting van de diagonalen in *fig. 4*) golven in de plaat en is de grens van de draagkracht der plaat in drukrichting bereikt. ρ_t blijft echter verder toenemen.

3. De trekwand.

Bij groote dwarskrachten en geringe plaatdikten (d.i. het normale geval bij vleugelliggerconstructies) is de situatie dus zoo, dat de hoofdtrekspanning ver overheerscht ten opzichte van de hoofddrukspanning. In de meeste publicaties over dit geval wordt eenvoudigheidshalve verondersteld, dat $\rho_d = 0$ is, dat de liggerwand dus uitsluitend op trek draagt. Wij kunnen dan spreken van een *trekwand*, in tegenstelling met den *schuifvasten wand*, waarmede wij bij kleine dwarskrachten en grootere wanddikten te doen hebben.

Bij een trekwand met hoogte h en dikte d, welke een dwarskracht Q moet overbrengen en waarbij de plooien een hoek α met de as van den wand insluiten, kan de trekspanning σ_t in den wand op grond van de volgende overwegingen berekend worden (*fig. 5*):

De totale trekkracht T, door den wand uitgeoefend op de doorsnede x, is gelijk aan de trekspanning maal het doorsnede-oppervlak, op een loodrecht op de spanningsrichting staand vlak geprojecteerd:

$$T = \sigma_t\,h\,d\cos\alpha.$$

De verticale ontbondene van deze kracht moet gelijk zijn aan de op te nemen dwarskracht Q:

$$T_v = T\sin\alpha = \sigma_t\,h\,d\cos\alpha\sin\alpha = Q$$

waaruit volgt:

$$\sigma_t = \frac{Q}{h\,d\cos\alpha\sin\alpha} = \frac{2\,Q}{h\,d\sin 2\,\alpha} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

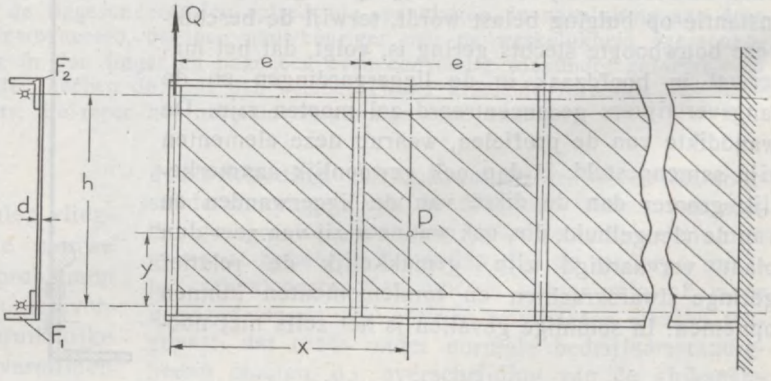


Fig. 4. Schema van den gebruikelijken metalen ligger.

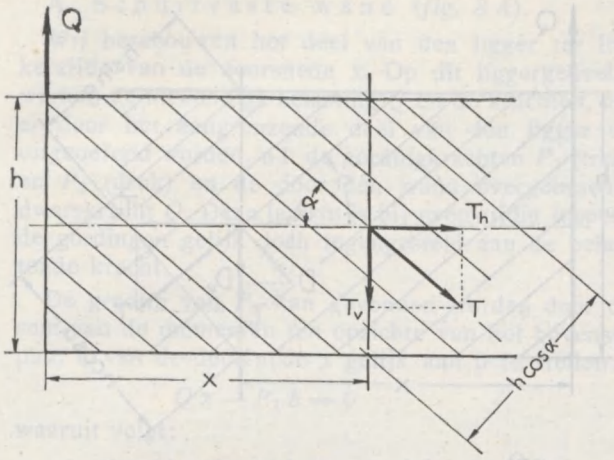


Fig. 5. Schema van den trekwand.

Daar α weinig verschilt van 45°, is sin 2 α ongeveer = 1, zoodat wij bij benadering voor σ_t kunnen schrijven:

$$\sigma_t = \frac{2\,Q}{h\,d} \quad \text{.....} \quad (2a)$$

Vergelijken we deze uitdrukking met formule (1), dan blijkt, dat bij een gegeven dwarskracht de trekspanning in een als trekwand uitgevoerd liggerlijf ten naastebij het dubbele bedraagt van de schuifspanning in een schuifvast lijf. Tot dit resultaat komt men ook door een eenvoudige redeneering, daar immers bij de schuifvaste plaat de helft van de dwarskracht door drukspanningen in de plaat opgenomen wordt, welke bij den trekwand wegvallen.

4. Keuze tusschen schuifvasten wand en trekwand.

Daar bij een als trekwand uitgevoerd liggerlijf de belastingen van gordingen en staanders anders zijn dan bij een schuifvasten wand, is het voor den constructeur van belang om, voordat met het dimensionneeren van den ligger wordt begonnen, te kunnen beoordeelen of een trekwandconstructie dan wel een schuifvast lijf in aanmerking komt. Blijkens het voorgaande bedraagt bij een schuifvasten wand de schuifspanning ongeveer de helft van de trekspanning, welke in een trekwand wordt ontwikkeld; een schuifvaste wand is dus voordeeliger, wanneer de kritische schuifspanning τ_{krit} van het toegepaste materiaal grooter is dan de helft van de trekvastheid k_T. Is het tegenovergestelde het geval, dan verdient een trekwand de voorkeur.

Nu is bij een rechthoekige plaat met scharnierend bevestigde zijden a en b de kritische schuifspanning (d.i. de schuifspanning waarbij plooien optreedt) in het elastische gebied volgens T i m o s h e n k o (Lit. VI):

$$\tau_{krit} = c\,\frac{\pi^2\,E\,d^2}{12\,(1-\mu^2)\,b^2} \quad \text{.....} \quad (3)$$

Hierin is E de elasticiteitsmodulus van het gebruikte materiaal, μ de reciproke waarde van het getal van P o i s s o n, d de dikte en b de korte rechthoekszijde van de plaat, terwijl de coëfficiënt c als volgt afhankelijk is van de verhouding tusschen lange en korte zijde (a/b):

a/b	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,5	∞
c	9,4	8,0	7,3	7,1	7,0	6,8	6,6	6,3	5,35

Stellen we $\mu = 0{,}3$ — hetgeen voor de gebruikelijke duraluminiumalliages min of meer nauwkeurig geldt — dan wordt:

$$\tau_{krit} = c\,\frac{0{,}91\,E\,d^2}{b^2} \quad \text{.....} \quad (3a)$$

Bij een ligger volgens *fig. 4* is de kritische schuifspanning grooter dan uit deze formule zou volgen, omdat de bevestiging van de lijfplaat aan gordingen en staanders niet scharnierend is. Een bepaalde inklemmingsfactor zou dus in rekening gebracht moeten worden, doch bij gebrek aan gegevens dienaangaande blijven wij met formule (3a) aan den veiligen kant.

Voeren we nu nog de notaties *fig. 4* in, dan wordt voor den liggerwand:

wanneer $e > h$, dus $\frac{a}{b} = \frac{e}{h}$:

$$\tau_{krit} = c\,\frac{0{,}91\,E\,d^2}{h^2} \quad \text{.....} \quad (3b)$$

en wanneer $e < h$, dus $\frac{a}{b} = \frac{h}{e}$:

$$\tau_{krit} = c\left(\frac{h}{e}\right)^2 \frac{0{,}91\,E\,d^2}{h^2} \quad \text{.....} \quad (3c)$$

Daar d in den regel niet, de dwarskracht $Q = h\,d\,\tau_{krit}$ daarentegen wel gegeven is, vormen we deze uitdrukkingen nog eenigszins om door d te ver-

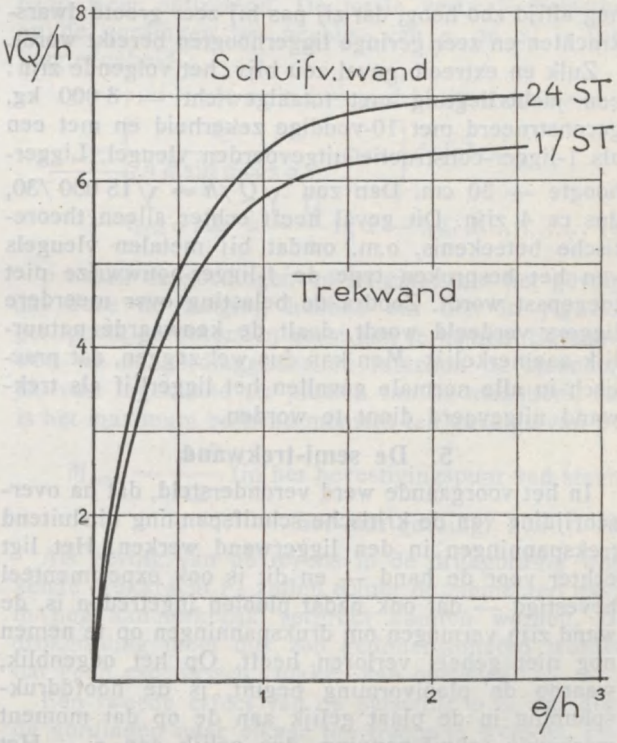


Fig. 6. Verband tusschen e/h en √Q/h volgens form. (6) voor 2 soorten duraluminiumplaat.

vangen door $\frac{Q}{h\,\tau_{krit}}$, waarna na eenige omwerking wordt gevonden:

$$\tau_{krit}^{3} = c \cdot 0{,}91 \cdot E \left(\frac{Q}{h^2}\right)^2$$

$$\left(\text{ingeval } e < h \text{ voor } c \text{ te lezen: } c\left(\frac{h}{e}\right)^2\right).$$

Samenvatting van het bovenstaande leidt tot de conclusie, dat de ligger als schuifvaste wand geconstrueerd moet worden, wanneer:

$$c \cdot 0{,}91 \cdot E \cdot \left(\frac{Q}{h^2}\right)^2 \geq (\tfrac{1}{2}\,k_T)^3,$$

dus wanneer:

$$\frac{\sqrt{Q}}{h} \geq \left[\frac{k_T^3}{c \cdot 7{,}28 \cdot E}\right]^{\frac{1}{4}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Formule (4) is in *fig. 6* grafisch weergegeven voor twee veel gebruikte liggermaterialen, n.l. voor duraluminiumplaat 17 ST (waarvoor $k_T = 3\,800$ kg/cm² en $E = 720\,000$ kg/cm² is) en voor duraluminiumplaat 24 ST (met $k_T = 4\,300$ kg/cm² en $E = 720\,000$ kg/cm²). Uit deze figuur blijkt, dat bij de gebruikelijke staanderafstanden ($e/h = 0{,}5$ à $1{,}0$) toepassing van een schuifvast lijf pas gerechtvaardigd is, wanneer de „kenwaarde" $\sqrt{Q}/h$ van den ligger in de buurt van 5 ligt. De practische grens ligt iets lager, o.m. omdat bij een trekwand-constructie de gordingen en staanders zwaarder belast worden en dus meer gewicht vorderen dan bij een schuifvasten wand, waarmede in het voorgaande geen rekening gehouden is. Wagner (Litt. II) geeft aan, dat bij $\sqrt{Q}/h = 3$ de grens ligt, waarboven een schuifvaste wand economischer wordt. Deze kenwaarde is echter nog altijd zoo hoog, dat zij pas bij zeer groote dwarskrachten en zeer geringe liggerhoogten bereikt wordt.

Zulk en extreem geval zou bijv. het volgende zijn: een jachtvliegtuig met totaalgewicht = 3 000 kg, geconstrueerd met 10-voudige zekerheid en met een als 1-ligger-constructie uitgevoerden vleugel. Liggerhoogte = 30 cm. Dan zou $\sqrt{Q}/h = \sqrt{15\,000}/30$, dus ca 4 zijn. Dit geval heeft echter alleen theoretische beteekenis, o.m. omdat bij metalen vleugels van het besproken type de 1-ligger-bouwwijze niet toegepast wordt. Zoodra de belasting over meerdere liggers verdeeld wordt, daalt de kenwaarde natuurlijk aanmerkelijk. Men kan dus wel zeggen, dat practisch in alle normale gevallen het liggerlijf als trekwand uitgevoerd dient te worden.

5. De semi-trekwand.

In het voorgaande werd verondersteld, dat na overschrijding van de kritische schuifspanning uitsluitend trekspanningen in den liggerwand werken. Het ligt echter voor de hand — en dit is ook experimenteel bevestigd — dat ook nadat plooien ingetreden is, de wand zijn vermogen om drukspanningen op te nemen nog niet geheel verloren heeft. Op het oogenblik, waarop de plooivorming begint, is de hoofddrukspanning in de plaat gelijk aan de op dat moment werkende schuifspanning, dus gelijk aan τ_{krit}. Het lijkt veilig om aan te nemen, dat bij verder voortschrijden van de plooivorming deze spanning minstens behouden blijft. De situatie is dan zoo, dat loodrecht op de richting van de plooien een constante hoofd-drukspanning $\rho_d = \tau_{krit}$ en in de richting van de plooien een met de belasting toenemende hoofdtrekspanning ρ_t werkt. Een wand, waarin een dergelijke spanningsverdeeling heerscht, zal in het volgende *semi-trekwand* worden genoemd.

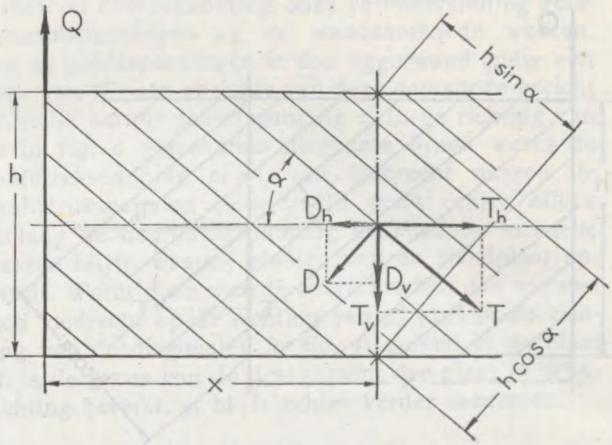


Fig. 7. Schema van den semi-trekwand.

Op de doorsnede x (*fig. 7*) werkt in dit geval behalve de trekkracht:

$$T = \rho_t\, h \cos\alpha\, d$$

een drukkracht:

$$D = \rho_d\, h \sin\alpha\, d = \tau_{krit}\, h \sin\alpha\, d.$$

De som van de verticale ontbondenen dezer krachten is weer gelijk aan de dwarskracht Q:

$$T_v + D_v = \rho_t\, h \cos\alpha\, d \sin\alpha + \tau_{krit}\, h \sin\alpha\, d \cos\alpha = Q,$$

waaruit volgt:

$$\rho_t = \frac{Q - \tau_{krit}\, h\, d \sin\alpha \cos\alpha}{h\, d \sin\alpha \cos\alpha} = \frac{2\,Q}{h\, d \sin 2\alpha} - \tau_{krit} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Bij $\alpha = 45°$ wordt:

$$\rho_t = \frac{2\,Q}{h\, d} - \tau_{krit} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5a)$$

De trekspanning in een als semi-trekwand berekend liggerlijf is dus, zooals voor de hand ligt, lager dan wanneer hetzelfde lijf als zuivere trekwand opgevat wordt. Het verschil is gelijk aan de kritische schuifspanning, waarbij de lijfplaat begint te plooien, zooals ook direct valt in te zien. Hieruit volgt, dat in gevallen, waarin τ_{krit} van dezelfde orde van grootte is als de trekvastheid van het lijfmateriaal, berekening als semi-trekwand een belangrijke gewichtsbesparing kan geven.

6. Krachten in de gordingen en de staanders.

Tot dusver is uitsluitend over de spanningen in den ligger*wand* gesproken. Van belang zijn uiteraard ook de op de gordingen en de staanders werkende krachten. Deze zullen hieronder achtereenvolgens voor de beschouwde drie spanningsgevallen worden bepaald.

A. Schuifvaste wand (*fig. 8 A*).

Wij beschouwen het deel van den ligger ter linkerzijde van de doorsnede x. Op dit liggergedeelte werken de uitwendige belasting Q en de krachten, die er door het aangrenzende deel van den ligger op uitgeoefend worden, n.l. de gordingkrachten P_1 (trek) en P_2 (druk) en de door den wand overgebrachte dwarskracht Q. Deze laatste is bij evenwijdig loopende gordingen gelijk doch tegengesteld aan de belastende kracht.

De grootte van P_1 kan gevonden worden door de som van de momenten ten opzichte van het bovenste punt a van de doorsnede x gelijk aan 0 te stellen:

$$Q\,x - P_1\,h = 0$$

waaruit volgt:

$$\text{trekkracht in de ondergording } P_1 = \frac{Q\,x}{h} \quad \ldots \text{ (6)}$$

Aangezien de overige krachten geen componenten in de richting van P_1 en P_2 hebben, moet $P_2 = P_1$ zijn:

$$\text{drukkracht in de bovengording } P_2 = \frac{Q\,x}{h} \quad \ldots \text{ (6a)}$$

Daar de liggerwand vlak blijft en er dus geen krachten loodrecht op het vlak van den liggerwand werken, zijn de staanders in dit geval (theoretisch) onbelast.

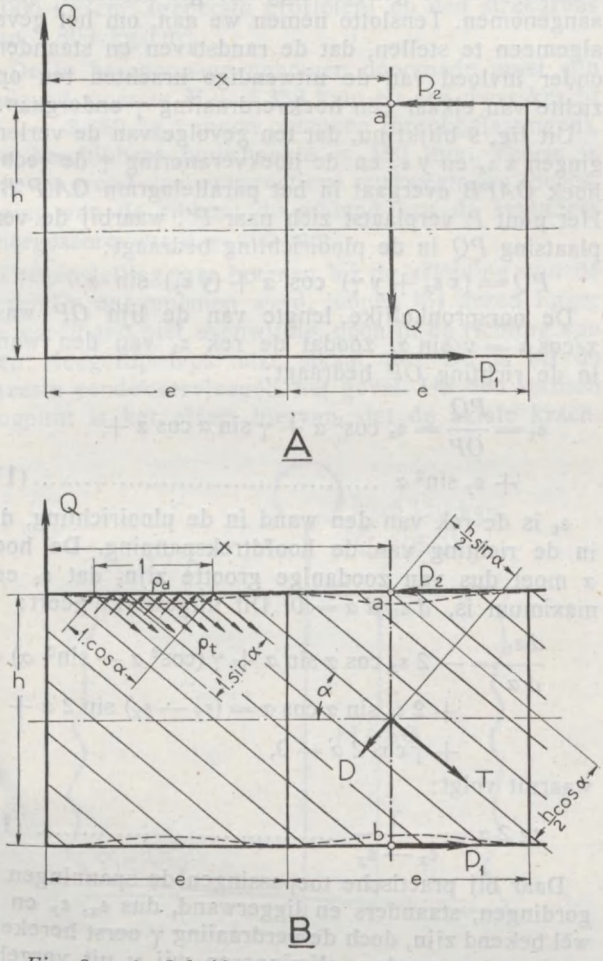


Fig. 8. A. Schuifvaste wand. B. Semi-trekwand.

B. Semi-trekwand (*fig. 8 B*).

Op analoge wijze te werk gaande als bij den schuifvasten wand, beschouwen we weer het momentenevenwicht ten opzichte van het bovenste punt a van de doorsnede x:

$$Q\,x - P_1\,h - T\,\frac{h}{2}\cos\alpha + D\,\frac{h}{2}\sin\alpha =$$

$$= Q\,x - P_1\,h - \rho_t\,\frac{h^2}{2}\,d\cos^2\alpha + \tau_{krit}\,\frac{h^2}{2}\,d\sin^2\alpha =$$

$$= Q\,x - P_1\,h -$$

$$- \left[\frac{Q}{h\,d\sin\alpha\cos\alpha} - \tau_{krit}\right]\frac{h^2}{2}\,d\cos^2\alpha +$$

$$+ \tau_{krit}\,\frac{h^2}{2}\,d\sin^2\alpha = Q\,x - P_1\,h - \frac{Q\,h}{2}\cot\alpha +$$

$$+ \tau_{krit}\,\frac{h^2}{2}\,d = 0$$

zoodat

$$P_1 = \frac{Q\,x}{h} - \frac{Q}{2}\cot\alpha + \tau_{krit}\,\frac{h\,d}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{ (7)}$$

Door op overeenkomstige wijze de som van de momenten ten opzichte van het punt b van doorsnede x gelijk aan 0 te stellen, vinden wij:

$$P_2 = \frac{Q\,x}{h} + \frac{Q}{2}\cot\alpha - \tau_{krit}\,\frac{h\,d}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{ (7a)}$$

Behalve door de axiale krachten P_1 en P_2 worden de gordingen in dit geval bovendien belast door een gelijkmatig verdeelde zijdelingsche belasting p. Deze belasting is het gevolg van de trekspanningen in den liggerwand, dus omlaag gericht bij de bovengording en omhoog gericht bij de ondergording. De drukspanningen in den wand werken ook in dit verband weer ontlastend. De totale verticale belasting op de gordingen ten gevolge van ρ_t en ρ_d is (per lengteëenheid):

$$p = \rho_t\,d\,1\cdot\sin\alpha\sin\alpha - \rho_d\,d\,1\cdot\cos\alpha\cos\alpha =$$

$$= \left[\frac{Q}{h\,d\sin\alpha\cos\alpha} - \tau_{krit}\right]d\sin^2\alpha -$$

$$- \tau_{krit}\,d\cos^2\alpha = \frac{Q}{h}\,\mathrm{tg}\,\alpha - \tau_{krit}\,d \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{ (8)}$$

p belast de gordingen op buiging, met het gevolg, dat deze de neiging hebben om den in *fig. 8 B* gestippeld geteekenden vorm aan te nemen. Beschouwen we de gordinggedeelten tusschen de staanders als vast ingeklemd ter plaatse van de staanders, dan is het maximum buigend moment ten gevolge van p:

$$M_{max.} = \frac{p\,e^2}{12} \text{ (in het bevestigingspunt van staander aan gording) } \ldots\ldots\ldots \text{ (9)}$$

Als gevolg van de tevens in de drukgording werkende drukkracht P_2 zullen echter de momenten daarin nog aanmerkelijk vergroot kunnen worden. De drukgording moet dus zoo gedimensioneerd worden dat geen excentrisch knikken kan optreden.

Een tweede effect van de belasting p is, dat deze de gordingen naar elkaar toe tracht te trekken, hetgeen door de staanders verhinderd wordt. De staanders moeten dus in axiale richting een drukkracht:

$$S = p\,e = \frac{Q\,e}{h}\,\mathrm{tg}\,\alpha - \tau_{krit}\,d\,e \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

opnemen.

C. Trekwand.

De formules voor de gording- en staanderkrachten in een trekwandligger kunnen gemakkelijk uit de voor den semi-trekwand gevonden formules afgeleid worden, wanneer daarin $\rho_d = \tau_{krit}$ gelijk aan 0 gesteld wordt. De resultaten zijn opgenomen in onderstaande tabel, waarin de gevonden uitkomsten voor de drie spanningsgevallen zijn samengevat. Hierbij is, in verband met latere practische toepassing van de formules, voor het buigend moment $Q\,x$ de notatie M ingevoerd.

	Schuifv. wand	Trekwand	Semi-trekwand
Kracht in trekgording P_1	$\frac{M}{h}$	$\frac{M}{h} - \frac{Q}{2}\cot\alpha$	$\frac{M}{h} - \frac{Q}{2}\cot\alpha + \tau_{krit}\frac{h\,d}{2}$
Kracht in drukgording P_2	$\frac{M}{h}$	$\frac{M}{h} + \frac{Q}{2}\cot\alpha$	$\frac{M}{h} + \frac{Q}{2}\cot\alpha - \tau_{krit}\frac{h\,d}{2}$
Zijdelingsche bel. op gordingen p	—	$\frac{Q}{h}\,\mathrm{tg}\,\alpha$	$\frac{Q}{h}\,\mathrm{tg}\,\alpha - \tau_{krit}\,d$
Kracht in staanders S	—	$\frac{Q\,e}{h}\,\mathrm{tg}\,\alpha$	$\frac{Q\,e}{h}\,\mathrm{tg}\,\alpha - \tau_{krit}\,d\,e$
Schuifspanning in wand τ	$\frac{Q}{h\,d}$	—	—
Trekspanning in wand σ_t	—	$\frac{2\,Q}{h\,d\,\sin 2\,\alpha}$	$\frac{2\,Q}{h\,d\,\sin 2\,\alpha} - \tau_{krit}$

7. Bepaling van de plooirichting.

Voor een nauwkeurige berekening van de belastingen in de verschillende onderdeelen van een ligger van het bovenbeschreven type moet de hoek α, d.w.z. de hoek, dien de plooirichting met de as van den ligger insluit, bekend zijn. Tot dusver werd verondersteld, dat deze hoek ongeveer gelijk is aan 45°; de ondervolgende berekening toont echter aan, dat dit slechts onder bepaalde omstandigheden het geval is.

In *fig. 9* is een gedeelte van een liggerwand weergegeven, waarop in de plooirichting de lijn OP is getrokken. Het punt O zij het knooppunt van een staander en een der gordingen. De coördinaten van het punt P zijn x in de gording-richting en y in de staander-richting. De specifieke rek in de richting van de gordingen zij ε_x, die in de staander-richting ε_y.

Daar de krachten in de staanders volgens de afgeleide formules constant zijn, zoolang Q niet verandert, kan ε_y ook bij practische toepassingen over grootere liggerlengten als constant beschouwd worden. ε_x varieert echter met de liggerhoogte (verandert zelfs in den regel van teeken), doch Wagner toont aan (Lit. II), dat voldoend nauwkeurige uitkomsten verkregen worden, wanneer voor ε_x de gemiddelde rek van beide gordingen ingezet wordt en deze waarde over de geheele liggerhoogte constant wordt aangenomen. Tenslotte nemen we aan, om het geval algemeen te stellen, dat de randstaven en staanders onder invloed van de uitwendige krachten ten opzichte van elkaar een hoekverdraaiïng γ ondergaan.

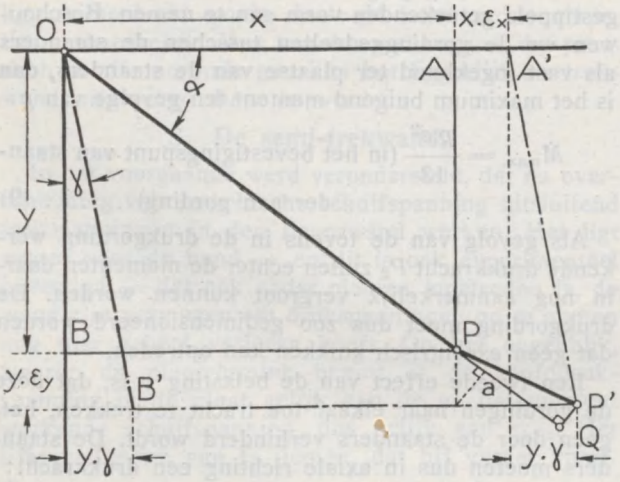


Fig. 9.

Uit *fig. 9* blijkt nu, dat ten gevolge van de verlengingen $x\,\varepsilon_x$ en $y\,\varepsilon_y$ en de hoekveranering γ de rechthoek $OAPB$ overgaat in het parallelogram $OA'P'B'$. Het punt P verplaatst zich naar P', waarbij de verplaatsing PQ in de plooirichting bedraagt:

$$PQ = (x\,\varepsilon_x + y\,\gamma)\,\cos\alpha + (y\,\varepsilon_y)\,\sin\alpha.$$

De oorspronkelijke lengte van de lijn OP was: $x/\cos\alpha = y/\sin\alpha$, zoodat de rek ε_t van den wand in de richting OP bedraagt:

$$\varepsilon_t = \frac{PQ}{OP} = \varepsilon_x\cos^2\alpha + \gamma\sin\alpha\cos\alpha + \varepsilon_y\sin^2\alpha \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

ε_t is de rek van den wand in de plooirichting, d.i. in de richting van de hoofdtrekspanning. De hoek α moet dus van zoodanige grootte zijn, dat ε_t een maximum is, $d\,\varepsilon_t/d\,\alpha = 0$. Dit uitgewerkt geeft:

$$\frac{d\,\varepsilon_t}{d\,\alpha} = -2\,\varepsilon_x\cos\alpha\sin\alpha + \gamma\,(\cos^2\alpha - \sin^2\alpha) + 2\,\varepsilon_y\sin\alpha\cos\alpha = (\varepsilon_y - \varepsilon_x)\sin 2\,\alpha + \gamma\cos 2\,\alpha = 0,$$

waaruit volgt:

$$\mathrm{tg}\,2\,\alpha = \frac{\gamma}{\varepsilon_x - \varepsilon_y} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

Daar bij practische toepassingen de spanningen in gordingen, staanders en liggerwand, dus ε_x, ε_y en ε_t, wèl bekend zijn, doch de verdraaiing γ eerst berekend zou moeten worden, elimineeren wij γ uit vergelijkingen (11) en (12).

Na eenige omwerking vinden we:

$$\operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{\varepsilon_t - \varepsilon_x}{\varepsilon_t - \varepsilon_y} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

Wanneer, zooals meestal het geval is, gordingen, staanders en wand van hetzelfde materiaal vervaardigd zijn, dus de elasticiteitsmodulus voor deze drie onderdeelen dezelfde waarde heeft, gaat formule (13) over in:

$$\operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{\rho_t - \sigma_x}{\rho_t - \sigma_y} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13a)$$

Uit (13a) blijkt, dat α alleen dan $= 45°$ is, wanneer de gemiddelde spanning in de gordingen σ_x gelijk is aan de spanning in de staanders σ_y. Gewoonlijk zijn σ_x en σ_y beide drukspanningen (d.w.z. negatief van teeken) en is σ_x aanmerkelijk kleiner dan σ_y, zoodat $\operatorname{tg}^2 \alpha$ kleiner dan 1 wordt. In den regel is α dus kleiner dan 45°. Wanneer geen prijs gesteld wordt op zeer nauwkeurige uitkomsten, neemt men veelal $\alpha = 42°$ aan, d.w.z. $\operatorname{tg} \alpha = 0{,}9$.

8. Toepassing van de formules.

Aan de hand van de afgeleide formules zullen de afmetingen worden vastgelegd van de doorsnede x van den ligger, waarvan in *fig. 10* een gedeelte is weergegeven. Het materiaal, waarvan deze ligger vervaardigd moet worden, zij duraluminium 24 ST, met een trekvastheid van 4 300 kg/cm² (plaat) resp. 4 000 kg/cm² (geperste profielen) en een strekgrens van 2 800 kg/cm².

De in beschouwing genomen doorsnede moet een buigend moment $M = 6\,350$ kgm en een dwarskracht $Q_{tot} = 2\,950$ kg kunnen opnemen (breukbelastingen). De beschikbare bouwhoogte is 450 mm. Voorts is nog op grond van constructieve overwegingen (bevestiging van de ribben) de afstand van de staanders voorgeschreven: $e = 400$ mm.

In tegenstelling met hetgeen bij de afleiding van de formules aangenomen werd, loopen bij dezen ligger de gordingen niet evenwijdig, doch in de richting van den vleugeltip taps naar elkaar toe. Dit is bij de meeste eendekkervleugels het geval. Uit een statisch oogpunt is het effect hiervan, dat de axiale krachten in de gordingen (P_1, P_2) een component in verticale richting hebben, welke in het onderhavige geval zoowel voor de boven- (druk-) gording als de onder- (trek-) gording omlaag, d.i. tegengesteld aan de belastende dwarskracht, gericht is. De dwarskracht Q, welke door den wand opgenomen moet worden, is dus kleiner dan de totale dwarskracht Q_{tot}.

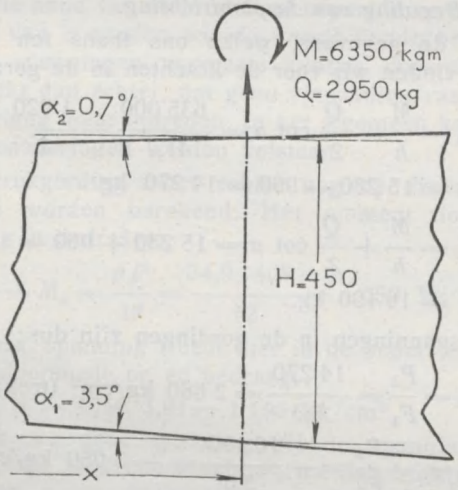


Fig. 10.

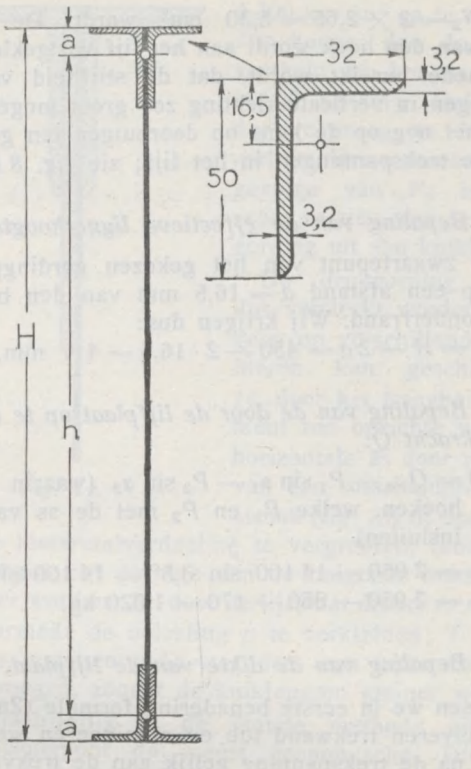


Fig. 11.

De achtereenvolgende etappes van de berekening loopen als volgt:

1. Eerste benadering van de axiale krachten in de gordingen:

$$P_1 = P_2 = \frac{M}{h} = \frac{635\,000}{45} = 14\,100 \text{ kg.}$$

2. Voorloopige dimensionneering van de gordingprofielen.

Indien we voorloopig — min of meer willekeurig — rekenen met een toelaatbare spanning gelijk aan de strekgrens van het materiaal, wordt de benoodigde gordingdoorsnede:

$$F_1 = F_2 = \frac{14\,100}{2\,800} \sim 5{,}0 \text{ cm}^2.$$

Aan de hand van dit getal moet nu een keuze gemaakt worden uit de verkrijgbare normaalprofielen, tenzij de constructeur een bedrijf achter zich heeft, dat beschikt over een outillage om zelf profielen te walsen. Nemen we aan, dat de keuze gevestigd wordt op een symmetrische constructie met twee L-profielen, dan komt de in *fig. 11* weergegeven doorsnede in aanmerking. Hierbij bestaan de gordingen elk uit twee profielen 50 × 32 × 3,2, waarmede

$F_1 = F_2 = 2 \times 2{,}65 = 5{,}30$ cm² wordt. De *lange* zijde van den hoek wordt aan het lijf vastgeklonken, waarmede bereikt wordt, dat de stijfheid van de gordingen in verticale richting zoo groot mogelijk is (met het oog op de kans op doorbuigen ten gevolge van de trekspanningen in het lijf; zie *fig. 8 B*).

3. Bepaling van de effectieve liggerhoogte h.

Het zwaartepunt van het gekozen gordingprofiel ligt op een afstand $a = 16{,}5$ mm van den boven-, resp. onderrrand. Wij krijgen dus:

$$h = H - 2\,a = 450 - 2 \cdot 16{,}5 = 417 \text{ mm.}$$

4. Bepaling van de door de lijfplaat op te nemen dwarskracht Q.

$Q = Q_{tot} - P_1 \sin \alpha_1 - P_2 \sin \alpha_2$ (waarin α_1 en α_2 de hoeken, welke P_1 en P_2 met de as van den ligger insluiten)

$$= 2\,950 - 14\,100 \sin 3{,}5° - 14\,100 \sin 0{,}7°$$
$$= 2\,950 - 860 - 170 = 1\,920 \text{ kg.}$$

5. Bepaling van de dikte van de lijfplaat.

Passen we in eerste benadering formule (**2a**) voor den zuiveren trekwand toe en elimineeren we daaruit d, na de trekspanning gelijk aan de trekvastheid k_T van het materiaal gesteld te hebben, dan wordt:

$$d = \frac{2\,Q}{h\,k_T} = \frac{2 \cdot 1\,920}{41{,}7 \cdot 4\,300} = 0{,}021 \text{ cm.}$$

Gewoonlijk maakt men echter om practische redenen de lijfplaat niet dunner dan 0,5 mm. Ook in dit geval nemen we daarom: $d = 0{,}05$ cm. De trekspanning in de plaat wordt dan $\sigma_t = 1\,840$ kg/cm².

6. Bepaling van de kritische schuifspanning in de lijfplaat.

Daar e in dit geval kleiner is dan h, is formule (**3c**) van toepassing. Met $h/e = a/b = 41{,}7/40 = 1{,}04$ wordt de coëfficiënt c (door interpolatie gevonden): 9,1. We krijgen dan:

$$\tau_{krit} = 9{,}1 \cdot 1{,}04^2 \frac{0{,}91 \cdot 720\,000 \cdot 0{,}05^2}{41{,}7^2} =$$
$$= 9{,}25 \text{ kg/cm}^2.$$

Bij deze uiterst dunne plaat is de kritische schuifspanning, zooals te verwachten was, zeer gering. Dit wil zeggen, dat wanneer deze plaat volgens de trekwand-theorie berekend wordt, de uitkomsten slechts weinig zullen afwijken van die welke met de nauwkeurigere semi-trekwand-formules verkregen worden. Het verschil tusschen de beide theorieën ligt immers hierin, dat bij eerstgenoemde niet en bij laatstgenoemde wèl met de kritische schuifspanning rekening gehouden is.

7. Dimensionneering van de staanders.

De axiale kracht in de staanders is (volgens de trekwand-theorie en met $\alpha = 45°$):

$$S = \frac{Q\,e}{h} \operatorname{tg} \alpha = \frac{1\,920 \cdot 40}{41{,}7} \cdot 1 = 1\,840 \text{ kg.}$$

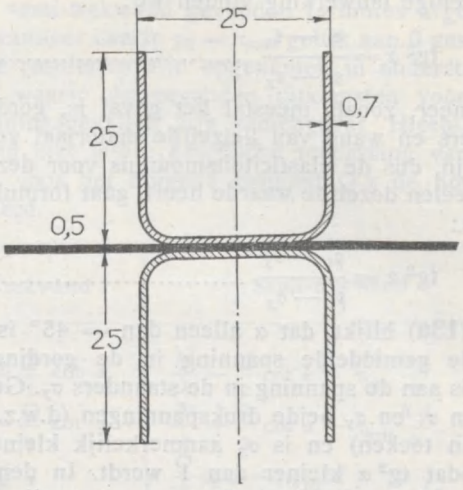


Fig. 12.

De staanders worden op knik berekend. In verband met de symmetrische bouwwijze van den ligger voeren wij ze in den in *fig. 12* afgebeelden dubbelen vorm uit. Bij de bepaling van het oppervlak en het traagheidsmoment van deze doorsnede wordt het gedeelte van het liggerlijf tusschen de twee staanderhelften medegerekend; de invloed van de aangrenzende deelen van de lijfplaat, welke niet met zekerheid te berekenen is, wordt veiligheidshalve verwaarloosd (zie ook Lit. II en IV).

Van de in *fig. 12* weergegeven doorsnede is het oppervlak $F = 1{,}155$ cm², het traagheidsmoment $I = 1{,}505$ cm⁴, de traagheidsstraal $i = \sqrt{I/F} = 1{,}14$ cm en de slankheid $l/i = 41{,}7/1{,}14 = 36{,}6$. Voor de berekening van de knikspanning passen wij de voor 24 ST-profielen geldende formule (zie Lit. V)

$$\sigma_k = 3\,500 - 30\,\frac{l}{i}$$

toe. Daarmede wordt:

$$\sigma_k = 3\,500 - 30 \cdot 36{,}6 = 2\,400 \text{ kg/cm}^2.$$

De bij den breuklast optredende spanning is:

$$\sigma_y = \frac{S}{F} = \frac{1\,840}{1{,}155} = 1\,590 \text{ kg/cm}^2 < 2\,400.$$

8. Bepaling van de plooirichting.

Met de gegevens, welke ons thans ten dienste staan, vinden wij voor de krachten in de gordingen:

$$P_1 = \frac{M}{h} - \frac{Q}{2} \cot \alpha = \frac{635\,000}{41{,}7} - \frac{1\,920}{2} \cdot 1 =$$
$$= 15\,230 - 960 = 14\,270 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{M}{h} + \frac{Q}{2} \cot \alpha = 15\,230 + 960 =$$
$$= 16\,190 \text{ kg.}$$

De spanningen in de gordingen zijn dus:

$$\sigma_1 = \frac{P_1}{F_1} = \frac{14\,270}{5{,}3} = 2\,680 \text{ kg/cm}^2 \text{ (trek)}$$

$$\sigma_2 = -\frac{P_2}{F_2} = -\frac{16\,190}{5{,}3} = -3\,050 \text{ kg/cm}^2$$

(druk),

zoodat de gemiddelde spanning in de gordingen wordt:

$$\sigma_x = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} = \frac{2\,680 - 3\,050}{2} = -185 \text{ kg/cm}^2.$$

(Bij de berekening van σ_1 en σ_2 is verondersteld, dat de gordingkrachten zich gelijkmatig over de gordingdoorsneden verdeelen, hetgeen strikt genomen alleen dan geldt, wanneer de hoogte van de gording oneindig klein is. In de meeste gevallen is de gordinghoogte echter zoo gering ten opzichte van de totale liggerhoogte, dat deze veronderstelling voldoend nauwkeurige uitkomsten geeft).

De drukspanning in de staanders is:

$$\sigma_y = -1\,590 \text{ kg/cm}^2.$$

De trekspanning in den liggerwand is:

$$\rho_t = 1\,840 \text{ kg/cm}^2.$$

Een en ander invoerende in formule (**13a**), vinden we:

$$\text{tg}^2\,\alpha = \frac{1\,840 + 185}{1\,840 + 1\,590} = 0{,}59,$$

waaruit volgt:

$$\alpha = 37{,}5°.$$

9. Tweede benadering van de krachten en spanningen in de liggeronderdeelen.

Bij toepassing van de nauwkeurige formules voor den semi-trekwand en onder invoering van de hierboven bepaalde waarde voor α, krijgen we:

Kracht in trekgording:	$P_1 = 13\,990$ kg
Spanning in trekgording:	$\sigma_1 = 2\,640$ kg/cm²
Kracht in drukgording:	$P_2 = 16\,470$ kg
Spanning in drukgording:	$\sigma_2 = -3\,110$ kg/cm²
Zijdelingsche belasting op gordingen:	$p = 34{,}9$ kg/cm
Kracht in staanders:	$S = 1\,395$ kg
Spanning in staanders:	$\sigma_y = -1\,210$ kg/cm²
Trekspanning in lijf:	$\rho_t = 1\,900$ kg/cm².

Bovenstaande getallen inzettende in de formule voor α, vinden we bij tweede benadering: $\alpha = 39{,}7°$.

10. De belasting van de drukgording.

Aan de hand van de hierboven bepaalde verbeterde waarde van α zouden wij de verschillende belastingen en spanningen nogmaals kunnen doorrekenen. Het blijkt dan echter, dat geen verschillen van practisch belang meer optreden. In het algemeen kan met twee benaderingen worden volstaan.

De drukgording moet echter nog op excentrisch knikken worden berekend. Het moment door de belasting p bedraagt:

$$M_1 = M_2 = \frac{p\,l^2}{12} = \frac{34{,}9 \cdot 40^2}{12} = 4\,650 \text{ kg/cm}.$$

De max. spanning treedt hier in de onderste vezel van de doorsnede op en bedraagt:

$$M_1/W = 4650/3{,}91 = 1\,190 \text{ kg/cm}^2.$$

Tellen we deze spanning bij de spanning ten gevolge van de axiale kracht P_2 op, dan blijkt in dit punt een totale drukspanning $= 3\,110 + 1\,190 =$ 4 300 kg/cm² op te treden, dus hooger dan de drukvastheid van het materiaal (4 000 kg/cm²). Ook zonder rekening te houden met de extra momenten ten gevolge van P_2 is dus reeds te zien, dat de drukgording uit zou knikken.

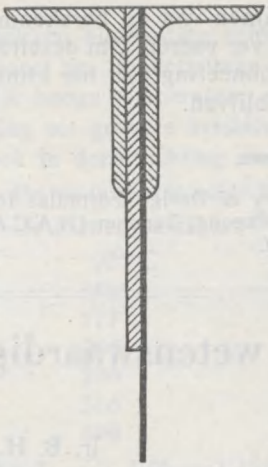


Fig. 13.

De drukgording moet dus versterkt worden, hetgeen op verschillende manieren kan geschieden: *1e.* door het traagheidsmoment ten opzichte van de horizontale as door middel van een tusschengevoegde strook (*fig. 13*) of door een andere materiaalverdeeling te vergrooten, zoodat de spanningen ten gevolge van de buigende momenten geringer worden; *2e.* door de lijfplaat dikker te maken en daarmede de belasting p te verkleinen; *3e.* door telkens tusschen twee staanders een extra staander in te voegen, zoodat de kniklengten kleiner worden.

Waarschijnlijk is de laatste methode uit een gewichtsoogpunt de meest economische. Dit kan echter pas beoordeeld worden, nadat meerdere doorsneden onderzocht zijn en men zich een beeld gevormd heeft van de constructie van den geheelen ligger.

11. Slotopmerkingen.

Uit het hierboven beschouwde voorbeeld blijkt o.m. het volgende:

1e. Bij geringe plaatdikten kan de kritische schuifspanning in de lijfplaat zoo gering zijn, dat men dan zonder aan de nauwkeurigheid afbreuk te doen de formules voor den zuiveren trekwand zou kunnen toepassen. Het verdient echter aanbeveling, in alle gevallen de nauwkeurigere en practisch even eenvoudige formules voor den semi-trekwand te benutten, omdat bij grootere plaatdikten τ_{krit} zeer snel toeneemt en dan vooral op de belasting van de staanders belangrijken invloed kan hebben.

2e. Door de zijdelingsche belasting ten gevolge van de trekspanningen in de lijfplaat kunnen de gordingen excentrisch knikken. De gordingen, in het bijzonder de drukgording, moeten derhalve zeer nauwkeurig worden nagerekend, ook omdat zij in den regel het grootste deel van het gewicht van den ligger uitmaken.

In de practijk komen soms afwijkingen van de hierboven doorgerekende constructie voor, die kleine detailwijzigingen van den gang der berekening noodig maken. Bij in vooraanzicht V-vormige vleugels staan bijv. de staanders veelal niet loodrecht op de as van de liggers, doch op de dwarsscheepsche as van het vliegtuig. Daardoor veranderen in de eerste plaats de hoek α en de gordingkrachten. Soms zijn in de lijfplaat verlichtingsgaten uitgespaard, welke plaatselijke spanningsconcentraties veroorzaken. Een bespreking van dergelijke bijzondere uitvoeringen,

die trouwens aan de hoofdlijnen van de berekening niets veranderen, zou hier te ver voeren. Om dezelfde reden moge ook de dimensionneering van het klinkverband thans onbesproken blijven.

Literatuur.

I. Paul Kuhn, A Summary of Design Formulas for Beams Having Thin Webs in Diagonal Tension (N.A.C.A. Technical Note Nr. 469, 1933).

II. H. Wagner, Ebene Blechwandträger mit sehr dünnem Stegblech (*Zeitschr. f. Flugtechnik u. Motorluftschiffahrt*, 1929).

III. John E. Younger, Structural Design of Metal Airplanes (Mc. Graw-Hill Book Cy., 1935).

IV. Niles & Newell, Airplane Structures (Chapman & Hall, 1938).

V. Strength of Aircraft Elements (Army-Navy-Commerce Committee on Aircraft Requirements, 1938).

VI. Timoshenko, Theory of Elastic Stability.

Metallografische wetenswaardigheden uit de kogellagerindustrie

door

ir. B. H. JACOBSON,

Chef v. d. Techn. Afd. der Nederlandsche Maatschappij van Kogellagers S.K.F.

In een vorig artikel *) hadden wij het genoegen U in gedachten rond te leiden door het productieproces van kogellagers. Door de bijzondere positie, die dit machineonderdeel in de technische industrie inneemt en door de speciale eischen, die eraan gesteld mogen en moeten worden, is de technologie bijzonder interessant.

Echter ook de metallografische problemen, die zich voordoen, zijn zeker niet minder wetenswaardig. De samenstelling van het materiaal, de meting van de hardheid van een staalsoort, die de pretentie hebben moet de hardste te zijn, die gefabriceerd kan worden en wel zoodanig, dat geen blijvende vormverandering in het materiaal optreedt, het vinden van metallografische fouten, dit alles heeft geleid tot onderzoekingen en oplossingen, die de techniek in de laatste 20 jaar zeker vooruit geholpen hebben.

Voor de opstelling van een legeeringsformule stonden de metallografen bij de vervaardiging van kogellagers voor de opgave een staal te vervaardigen, dat de volgende eigenschappen moest bezitten:

1e. uitermate groote hardheid,
2e. groote elasticiteit,
3e. door en door hardbaar zijn,
4e. zooveel mogelijke corrosiebestendigheid,
5e. uiterste homogeniteit.

De hardheid wordt bereikt door te zorgen steeds een over-eutectisch staal te fabriceeren, dat dus geen vrij ferriet bevat. De homogeniteit eischt echter ook het tegengaan van vrije carbiden, welke door hun groote hardheid een mooi snijmateriaal vormen, doch door kans van uitbrokkelen in kogellagerstaal ongewenscht zijn.

Hardbaarheid door en door wordt bereikt door legeering met materialen, die de critische afkoelsnelheid verlagen. Hier wordt voor dit doel Mn en Cr gebruikt. Cr heeft echter het nadeel, dat een Fe-Cr-staal zeer slecht warmtegeleidend is, waardoor het de lagere afkoelsnelheid weer teniet doet en het hart van een dikker voorwerp vaak toch nog ongehard blijft. Tevens geven deze slechte geleiding en de hierdoor ontstane hardingskorsten kans op scheuren.

Om de corrosiebestendigheid te bereiken, is het zaak legeeringen te gebruiken, die edeler zijn dan Fe. Hiervoor zou in de eerste plaats Ni in aanmerking komen. Dit is echter zeer duur en heeft bovendien het nadeel gemakkelijk vrije carbiden te vormen. Cr is ook corrosiebestendig en dit is opmerkelijk, aangezien het minder edel is dan Fe! De roestwerendheid van Cr berust dan ook niet op de lagere affiniteit tot zuurstof, doch integendeel op de hoogere affiniteit. Bij een Ni-legeering wordt de huid door oxydatie van Fe en daarna uitvallen van Fe-oxyden Ni-rijker en roest dus minder. Bij Cr-legeeringen vormt zich een dunne, zeer bestendige huid van Cr-oxyde, die mooi van uiterlijk is en waardoor verdere oxydatie wordt tegengegaan.

Door molybdeen te gebruiken, is Ni voor onze legeeringen overbodig, aangezien in het algemeen Mo in legeeringen Ni kan vervangen en wel zoo, dat één deel Mo 8 deelen Ni vervangt. Bovendien werkt Mo het vormen van kleine kristallen in de hand, hetgeen noodig is voor de vereischte homogeniteit. Hierdoor wordt een groote vermoeidheidssterkte verkregen, die voor kogellagers buitengewoon belangrijk is.

Wegens het verschil in afmetingen der diverse onderdeelen, is het gewenscht dat verschillende samenstellingen worden gebruikt. Een groote breede en dikke buitenring van een lager dient immers veel meer door en door hardbaar te zijn dan een kogeltje van eenige millimeters doorsnede.

Hieronder volgen eenige gepatenteerde kogellagerstaalsoorten met hun gebruik:

No. 1	C	0,95 — 1,05%	Toepassing: dikke ringen,
	Mn	0,95 — 1,25 „	groote rollen en kogels
	Si	0,5 — 0,7 „	(> 40 mm).
	Cr	0,9 — 1,15 „	

Het Mn en het Cr zorgen dat het product voldoende door en door hardbaar is; tegelijkertijd hebben deze metalen echter het perlietpunt naar links gedrukt, waardoor overdadige carbidevorming gevreesd kan worden. Het moet daarom zeer zorgvuldig gegloeid worden.

Het Si is een bijmetaal, dat zeer vaak gevonden zal worden in een staalsoort, waarbij hooge eischen gesteld worden aan de reinheid. Door zijn groote affiniteit tot zuurstof nl. werkt het desoxydeerend op

*) Dit tijdschrift No. 11 — 1941.

de smelt, waardoor een reiner bad is te verwachten. Het hooge C-percentage waarborgt een verzadigd en dus zoo hard mogelijk martensiet.

Het hardingsproces van deze staalsoort omvat:

gloeien tot 800 — 840° C,
harden in olie 30° C,
ontlaten gedurende 1 tot 3 uren, afhankelijk van dikte en vorm. De ontlaattemperatuur hangt af van de vereischte hardheid van het product.

Hieronder volgt een staatje met de temperaturen en de hardheid na de ontlating:

Ontlaattemperatuur	Hardheid Rockwell C
93° C	65
149	63
177	62
204	62
260	60
316	57
399	52

No. 2: C 0,9 — 1,0 % Toepassing: dikste werkstukken. Rollen en kogels > 60 mm.
Mn 1,4 — 1,75 „
Si 0,7 — 0,9 „
Cr 1,4 — 1,65 „

Het nog hoogere Mn- en Cr-gehalte wijst reeds in de richting van zeer dikke werkstukken welke door en door hardbaar dienen te zijn. Een hoog Mn-gehalte brengt echter het gevaar mede van austenietvorming (dit is zeer zacht). Om dit tegen te gaan is wat meer Si gewenscht, dat nl. austenietvorming tegengaat.

Het C-gehalte kon minder zijn, aangezien alle drie gebezigde bijmetalen het perlietpunt naar links verschuiven en dus angst voor ferrietvorming overbodig kan heeten. Tevens heeft Si de eigenschap de afscheiding van C in den vorm van graphiet te bevorderen, hetgeen wij allerminst kunnen gebruiken.

De harding en ontlating zijn dezelfde als voor No. 1.

No. 3 C 0,95 — 1,05% Toepassing: kleine ringen en kogels.
Mn 0,25 — 0,4 „
Si 0,25 — 0,4 „
Cr 1,4 — 1,65 „

De geringe percentages door en door hardende metalen wijzen reeds op de bedoeling om het materiaal voor kleine werkstukken te gebruiken. Door het lagere percentage Mn is het gevaar van scheuren verminderd, zoodat daarom in water (pekel) gehard kan worden. Aangezien verder door het kleinere percentage dezer bijmetalen het perlietpunt minder is verschoven, is weer een hooger percentage C noodig om een verzadigd martensiet te waarborgen. Si is nu minder noodig wegens het mindere Mn. Het meerdere Cr is er nog, behalve voor de harding door en door ook voor de betere corrosiebestendigheid.

Voor werkstukken onder 5/8″ kan nog in olie gehard worden. De gloeitemperatuur is dan 810 — 855° C. Voor werkstukken boven de 5/8″ is een waterkoeling noodig om harding door en door te verkrijgen. De temperatuur is dan 790 — 820° C.

De waterkoeling is voordeelig, aangezien de lagere gloeitemperatuur kleinere korrelgrootte geeft, die wij graag willen zien. Aangezien voor ingewikkelde werkstukken olieharding echter voorgeschreven kan zijn, moest het Si-percentage ook lager zijn. De betrekkelijk hooge temperatuur van 810 — 855° C geeft neiging tot grovere kristalvorming, terwijl het Si juist ook in deze richting werkt.

De ontlaatstaat volgt hieronder:

Ontlaattemperatuur	Hardheid Rockwell C
93° C	65
149	63
177	62
204	61
260	59
316	56
399	50

No. 7 C 1,05 — 1,15% Toepassing: draadsnijdtappen. Zeer kleine kogels.
Mn 0,25 — 0,4 „
Si 0,25 — 0,4 „
Cr 0,5 — 0,75 „

Bij beschouwing van de samenstelling vallen direct de lage percentages door en door hardende metalen op. Dit leidt tot de gevolgtrekking, dat dit staal niet voor werkstukken gebruikt zal worden, welke als eerste vereischte door en door hardbaar moeten zijn. Het hooge C-percentage doet een betrekkelijk groote hoeveelheid vrije carbiden verwachten. Beide gevolgtrekkingen wijzen in de richting van een snijdwerktuig en dit is inderdaad juist. Dit staal wordt gebruikt voor draadsnijdtappen. Hier immers is een zachte kern gewenscht voor grootere veerkracht, terwijl te diepe harding door en door scheuren zou kunnen veroorzaken bij het gebruik. De harde vrije carbiden verhoogen de snijdende werking.

Voor kogels en rollen van zeer kleinen diameter echter wordt ook dit staal gebruikt. Alsdan wordt het in water gehard.

De gloeitemperatuur ligt voor olieharding bij 800 — 840° C, voor waterharding bij 790 — 820° C. De ontlaatstaat luidt als volgt:

Ontlaattemperatuur	Hardheid Rockwell C
93° C	66
149	64
177	63
204	62
260	59
316	56
399	50

No. 21: C 1,0 — 1,1 % Toepassing: kogels, rollen (Amerika)
Cr 0,5 — 0,75 „
Mo 0,3 — 0,4 „

Dit staal ontstond door de poging Mn en Si te weren, teneinde grove kristallen en eventueele temperkool te vermijden. De samenstelling is een poging een staal te fabriceeren met de goede eigenschappen van Cr-Ni-staal, te weten het door en door hardbaar zijn, hooge ligging van de vermoeidheidsgrens, corrosiebestendigheid en de slechtere eigenschappen te weren, als daar zijn: kans op smeedscheuren en ontlaatbrosheid.

Bovendien is de prijsverhouding tusschen molybdeen en de overige metalen in Amerika gunstiger dan in Europa.

In grove trekken zou het staal No. 21 zijn te vergelijken met een samenstelling als volgt:

C 1,0 — 1,1 %
Cr 0,5 — 0,75 „
Ni 2,4 — 3,2 „ .

Dit staal wordt, ten einde homogeniteit te verkrijgen en ter verwijdering van overgebleven smeed- of walsstructuur, dubbel gehard vóór het ontlaten. Eerst wordt het van 820° in olie gehard, daarna van 800° in water. De ontlaatstaat komt overeen met dien van No. 3.

No. 22: C 0,95 — 1,05% Toepassing: Mijnboorstaal
Mn 0,25 — 0,35 „
Si 0,25 — 0,35 „
Cr 1,0 — 1,25 „
Mo 0,3 — 0,4 „

Deze staalsoort vertoont een groote gelijkenis met No. 3. Hier echter is Mo toegevoegd. De metallografen moesten hier n.l. een staal samenstellen voor de grondboren, die in de mijnen der fabriek gebruikt moesten worden. Een staalsoort, die doorgaans wordt gebruikt voor grondboren, heeft een zeer groote hoeveelheid C, n.l. ca 1,5%. Hierdoor wordt een ledeburitisch staal verkregen, dat een sterk verhoogde snijcapaciteit biedt door de vele harde Fe-carbiden.

Deze cementietkristallen liggen doorgaans bij de ledeburitische staalsoorten vrij los ingebed in de matrix en brokkelen daardoor gemakkelijk af. Bij eenvoudig snijgereedschap is dit geen bezwaar, aangezien het bijslijpen gemakkelijk gaat. De grondboren daarentegen hebben opgestuikte en ingewikkeld geslepen boorkronen en het bijslijpen daarvan veroorzaakt veel tijdverlies. Daarom mengde men een bijmetaal bij de samenstelling, dat sterke carbidevorming geeft en koos hiervoor Mo. Hierdoor kon dus met een zoodanige hoeveelheid C worden volstaan, dat geen ledeburiet ontstond.

Het harden geschiedt van 800 — 840° C in olie. De ontlaatstaat volgt hieronder:

Ontlaattemperatuur	Hardheid Rockwell C
93° C	66
149	64
177	63
204	62
260	60
316	57
399	53

Bij het harden van edelstalen is het van groote beteekenis, dat de juiste temperaturen worden aangehouden. Echter wijst de practijk uit, dat het bereiken en constant houden van een bepaalde temperatuur vaak zeer lastig is. Het bepalen van een hardingstemperatuur geschiedt theoretisch met behulp van het bekende Fe-C-diagram, doch om goede resultaten te boeken is het van belang te weten, welke grenzen voor de temperatuur moeten worden aangehouden om nog goede resultaten te bereiken. Zooals bij de voorwaarden van een goed kogellagerstaal reeds vroeger werd genoemd, is de korrelgrootte van groot belang. Een te groot kristal geeft lichter kans op scheuren en uitbrokkelen. Deze korrelgrootte is echter in groote mate afhankelijk van de hardingstemperatuur.

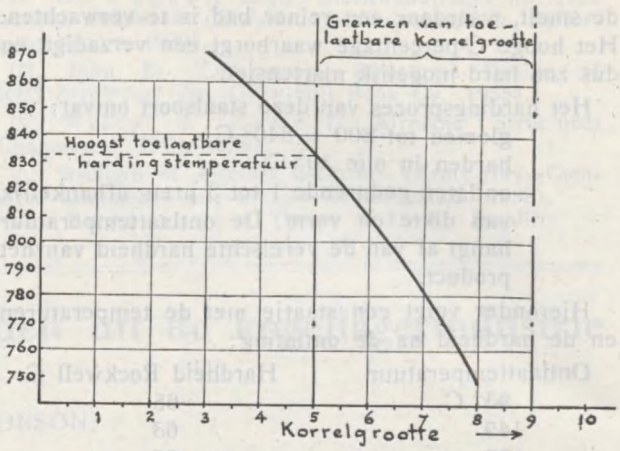


Fig. 1. Hardingsveld.

Ten einde te bepalen welke grenzen gebruikt kunnen worden, wordt van iedere staalsoort een z.g. „hardingsveld" bepaald (*fig. 1*). Dit bestaat uit een grafiek, die als ordinaat de hardingsstemperatuur en als abscis de korrel-grootte aangeeft. Teneinde deze korrelgrootte te determineeren, is een schaal gemaakt van proefstaven met verschillende korrelgrootten en deze zijn genummerd van 1 tot 10. No. 1 heeft de grofste, No. 10 de fijnste breuk. Vele proefstukken worden nu gehard op temperaturen, die verspreid liggen in het geheele gebied, dat voldoende hardheid geeft. De breuken worden vergeleken met die der standaard staven en aan ieder wordt een nummer toegekend. Dit nummer behoeft niet een geheel getal te zijn, doch breuken, zooals bijv. 5,7, kunnen ook gebruikt worden om een grootere gradueering te geven. Deze determineeringsmethode is zoo practisch gebleken in haar toepassing, dat ze in Amerika is gepatenteerd en deze proefstaven in den handel worden gebracht onder den naam van „Fracture grain size scale van Shepherd".

In de grafieken stellen twee verticale lijnen de toelaatbare korrelgrenzen voor, waardoor dus de temperatuursgrenzen voor de harding worden bepaald.

Bij de samenstelling van het staal wordt er daarom altijd naar gestreefd liefst een staalsoort te verkrijgen, welke een zoo groot mogelijk temperatuursverschil toestaat, waarbij de korrelgrootte aanvaardbaar blijft. Dat wil dus zeggen, dat de kromme in de grafiek liefst zoo steil mogelijk moet loopen.

Het staal, dat uit de Martin-ovens komt, wordt natuurlijk constant gecontroleerd. Het zou hier echter te ver voeren om deze contrôles, hoe interessant zij ook zijn, in extenso te behandelen.

Volstaan moge worden met eenige korte notities hierover.

Voor kogellagers is het van het grootste belang, dat het gebezigde staal zoo vrij mogelijk is van slakinsluitingen. Bij het gieten van de ingots werd door langzaam afkoelen en een groot verloren hoofd reeds getracht alle slakken te verwijderen, doch geheel afdoende is dit niet. De meest voorkomende slakken zijn Al- en S-slakken. De S-slak is door zijn hoog soortelijk gewicht moeilijk uit de ingot te drijven. De Al-slak daarentegen is zeer licht. Zij vormt zich echter in partikeltjes van ca 5 μ en zweeft daardoor

nog gemakkelijk in het hart van de stollende ingot. Velen zullen zich verwonderd afvragen hoe een Al-slak in dit materiaal komt. De oorzaak hiervan is, dat men het eraan toevoegt in den vorm van staafjes tijdens het ingotgieten. Het doel hiervan is poreusheid tegen te gaan. Tijdens het gieten kan nl. oxydatie plaats vinden. Hierdoor kunnen belletjes CO optreden, waardoor na de stolling poreusheid ontstaat, zich na het walsen wel voordoend in den vorm van lange capillairen. Al nu heeft een veel grootere affiniteit tot de zuurstof dan Fe of C, waardoor zich Al_2O_3 vormt, dat zeer hard en bros is. Weliswaar zijn de partikeltjes, zooals boven reeds genoemd, zeer klein, doch wegens eventueel uitgangspunt van breuken niettemin uitermate ongewenscht in kogellagerstaal.

De contrôle op de slakken geschiedt door middel van microscopisch onderzoek van eenige slijpplaatjes van iedere uitgewalste ingot. De Al-slak manifesteert zich als kleine ronde partikeltjes, de S-slak in langgerekten druppelvorm. Het is hier van belang, dat het preparaat eerst gehard wordt, aangezien de brosse, harde Al-slak tijdens het slijpen eruit gewipt kan worden, terwijl ook slijppartikelen in het staal gedrukt kunnen worden, die zich als slakken onder het microscoop zouden kunnen voordoen.

De poreusheid en slakinsluitsels zijn materiaalfouten, die tot veel schade aanleiding hebben gegeven, doch door een goede contrôle zijn te ondervangen, aangezien men de plaats en oorzaak van ontstaan kent.

In het kort worde hier in dit verband nog een staalfout beschreven, die gedurende tientallen jaren geleerde koppen over de geheele wereld bezig gehouden heeft en onnoemelijk veel schade heeft aangericht. Er is zelfs de meening verkondigd, dat deze fout een der redenen is geweest voor het verliezen van den oorlog van 1914 door Duitschland. In de kogellagerindustrie zijn ook zeer veel onaangename brekages voorgekomen, des te meer onaangenaam, omdat deze fout bijna altijd in groote stukken, dus dure lagers, optrad.

Deze fout doet zich voor als een rondachtige, glanzende, grofkristallijne vlek en wordt in de onderscheidene talen als volgt betiteld: Engelsch „Haircracks", Amerikaansch „Flakes", Fransch „Flocons", Duitsch „Flocken". In het Hollandsch hebben wij er geen naam voor, doch men kan het „vlokken" noemen (*fig. 2*). De moeilijkheid, die bij het tegengaan van deze „ziekte" naar voren trad was, dat aangezien de oorzaak tot voor kort onbekend was, een fundamenteele bestrijding niet mogelijk was; het bestaan ervan bleek pas bij gebruik van het werkstuk. Vele loopen der groote kanonnen in den vorigen wereldoorlog waren na 3 of 4 schoten over hun volle lengte gespleten en bij het onderzoek bleek, dat vlokken het begin van de breuk hadden veroorzaakt.

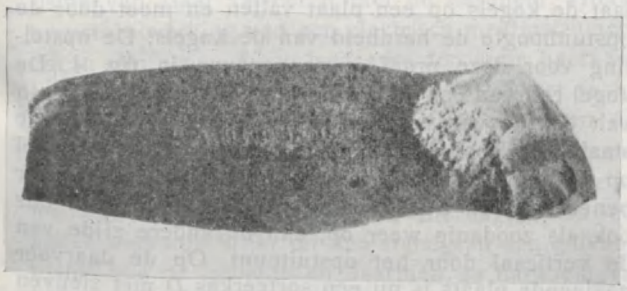


Fig. 2. Materiaalbreuk door „vlokken".

Om althans uit te vinden op welke plaats in het productieproces deze fout haar oorsprong had, was een ingewikkeld onderzoek noodig. Het staal, resp. het werkstuk, ondergaat de volgende bewerkingen:

1e. reduceeren in den hoogoven;
2e. smelten en legeeren in den Martinoven;
3e. walsen, afgewisseld met vele malen gloeien;
4e. draaien;
5e. harden;
6e. slijpen.

Velen der onderzoekers in vroegere jaren gingen reeds tot aan het Martin-proces terug en trachtten de fout in de samenstelling te vinden. Anderen weten het ontstaan aan het pletten en drukken tijdens het walsen. Anderen weer vermoedden een „verouderen" van het materiaal na gereedkomst van het product. De meesten echter onderzochten het warmteproces tijdens het harden. Het eigenaardige was, dat vele der in dien tijd gegeven voorschriften tegen vlokken resulteerden in een vermindering ervan, doch nooit in totale vermijding. Teneinde met zekerheid te kunnen aanwijzen, wanneer de vlokken ontstaan, is het noodzakelijk een grens te kunnen trekken, waarvóór zij nooit voorkwamen en een waarna men zeker was, dat geen nieuwe vlokken zouden ontstaan. Uit het feit, dat vlokken altijd een rond voorkomen hebben, kan men veilig concludeeren, dat zij ontstaan moeten zijn na de laatste walsbewerking. Welken vorm zij immers ook mogen hebben bij hun ontstaan, het is ondenkbaar dat zij zich na het walsen zouden voordoen als ronde vlokken. Men zou immers zeker een langgerekten vorm mogen verwachten na deze bewerking. Na het walsen echter ondergaat het materiaal geen bewerking meer, die zulke ingrijpende vormveranderingen ervan teweeg brengt, dat fouten in het hart kunnen ontstaan. Men is dus aldra geneigd aan te nemen, dat de oorzaak gevonden moest worden hetzij in de afkoeling na het walsen, hetzij in het hardingsproces.

Het lag voor de hand allereerst de afkoeling na het walsen na te gaan, hoewel men zich goed realiseerde, dat afkoeling na verwarming bij het hardingsproces ook optrad, en zelfs veel acuter. Na uitgebreide proeven bleek het, dat na het walsen geen enkele vlokvorming voorkwam, als er zeer langzaam werd afgekoeld. Hierdoor is het begrijpelijk, dat juist in den oorlog, waar alles in snel tempo moest geschieden, het optreden van vlokken zooveel menigvuldiger bleek.

Men nam deze langzame afkoeling als therapie aan, nog steeds echter zonder te weten wat de ziekte eigenlijk was. Bovendien vroeg men zich verwonderd af, hoe dat moest gaan bij de harding, waar juist de afkoeling zoo snel moet gaan. Het verbazingwekkende feit deed zich echter voor, dat nadat na het walsen langzaam was afgekoeld, na het harden geen vlokken meer optraden.

Eerst in 1934 hebben op een metallografisch congres in Parijs eenige onderzoekers het phenomeen „vlokken", gestaafd door proeven, die gelijktijdig in Frankrijk, Duitschland en Italië genomen waren, zoo duidelijk verklaard, dat men gevoegelijk aan kan nemen, dat nu de ontstaansoorzaak bekend is. Deze is nl. gelegen in de tijdens het Martin-proces in den oven opgenomen waterstof, welke tijdens de afkoeling wil ontwijken. Bij hoogere temperatuur is de oplosbaarheid grooter. Is de afkoelsnelheid te groot, dan heeft het gas geen gelegenheid te ontwijken, doch wordt vastgehouden en kan een druk doen ontstaan, die scheurtjes teweegbrengt.

Wellicht hebben wij in het kader van deze artikelen iets te lang stilgestaan bij het punt „vlokken". De reden hiervan was echter aan te toonen hoe door onvermoeide onderzoekingsarbeid een genezing van een staalziekte werd gevonden, die niet berustte op de wetenschap van het ontstaan der ziekte. Nu men de werkelijke oorzaak kent, zal het binnen niet al te langen tijd mogelijk zijn reeds tijdens het smeltproces zoodanige voorzorgsmaatregelen te nemen, dat waterstofopneming verhinderd kan worden en het tijdroovende langzame afkoelen na de spaanlooze bewerking kan worden vermeden.

Voor een product als kogellagers, waar de hardheid van het materiaal van overwegend belang is, ligt het voor de hand, dat metingen daarvan voortdurend moeten plaats vinden. Deze metingen geschieden per charge na het Martinproces en na het hardingsproces en verder op ieder afgewerkt onderdeel. De metingen op de steekproeven der charges en der staven zijn eenvoudig, aangezien iedere bekende en erkende meting daarvoor in aanmerking komt. Voor het eindproduct is dit veel moeilijker, aangezien een artikel als kogellagers natuurlijk nooit in den handel gebracht kan worden met de uiterlijke kenteekenen van een hardheidsmeting. Voor de metingen op de steekproeven wordt veelal de Brinell-methode toegepast. Dat zelfs op het geharde metaal de Brinell-proef kan worden uitgevoerd, is slechts te danken aan een aardige vinding.

De normaal in den handel te verkrijgen Brinell-kogels hebben een hardheid, die overeenkomt met ca 650° Brinell. Deze kunnen niet gebruikt worden voor de meting van materiaal, dat dezelfde hardheid bezit.

Het bleek echter uit een hardheidsmeting op een kogel van een gebruikt lager, dat de hardheid van dien kogel belangrijk veel hooger lag dan bij een nieuw lager. De reden hiervan bleek de koude vervorming van het materiaal te zijn. Dit probeerde men direct in de practijk te brengen, aangezien de hardheidsvermeerdering ca 50° Brinell bedroeg en dit verschil tusschen twee materialen juist voldoende is om een Brinell-meting toe te laten.

Men had een aanwijzing gevonden om het tot nu toe als hardste modificatie van staal bekend staande martensiet nog ca 50° Brinell harder te maken.

Het was nu noodig een methode te vinden om deze Brinell-kogels te fabriceeren. Het spreekt vanzelf, dat kogels uit oude lagers hiervoor niet gebruikt konden worden. Deze immers zijn afgesleten en dus niet nauwkeurig op maat, terwijl zij bovendien meestal reeds vermoeid zijn. Een verder nadeel zou zijn, dat men er nooit zeker van kon zijn, dat deze kogels overal aan den omtrek dezelfde hardheid zouden vertoonen, aangezien het bewezen is, dat in de practijk vaak kogels gedurende langen tijd om eenzelfde as draaien en dus slechts op hun loopvlak worden gehard.

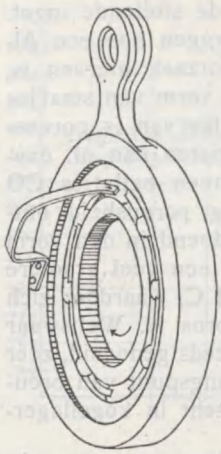


Fig. 3.

Men construeerde nu een lagerhouder waaraan een metalen veertje was bevestigd, dat in het onbelaste gedeelte van het lager, even onder het middelpunt, tegen de kogels tikte. Hierdoor verandert bij iedere omwenteling de kogel gedwongen van draaias (*fig. 3*). Gedurende korten tijd wordt nu het lager draaiende aan een zeer hooge belasting blootgesteld, waardoor de kogels gehard worden. De practijk heeft uitgewezen hoe groot precies de kogels moeten zijn om na deze koude vervorming de juiste afmetingen (10; 5; 2,5 mm) voor de gestandaardiseerde Brinell-proef te verkrijgen.

Zooals boven reeds aangegeven, zijn de normale methoden van hardheidsbepaling gebaseerd op het doen ontstaan van een indrukking in het proefmateriaal. Dit is goed voor proefstukken, welke kunnen worden weggegooid, doch natuurlijk ontoelaatbaar voor werkstukken, welke gebruikt moeten worden. Toch is het voor kogellagers van groot belang, dat ieder onderdeel wordt gecontroleerd, aangezien een mindere hardheid in een der deelen den levensduur van het lager direct nadeelig beïnvloedt.

Bovendien is het noodzakelijk, dat de hardheidsmeting snel geschiedt, aangezien vele honderdduizenden onderdeelen iederen dag moeten worden onderzocht.

Daarom is bij het gereed zijnde product van de absolute meting afgezien en meet men volgens het relatieve principe, door vergelijking met de hardheid van voorwerpen, welke getoetst zijn volgens de absolute methode.

Bij de kogels geschiedt dit door opstuiting. Een bekende hardheidsmeting berust op dit principe, nl. de skleroscoopmeting. Daarbij valt een voorwerp op het te meten werkstuk en de opstuithoogte is een maat voor de hardheid van dit werkstuk. Bij onze meting van de kogels gaat dit juist andersom: men laat de kogels op een plaat vallen en meet door de opstuithoogte de hardheid van de kogels. De opstelling voor deze proef is aangegeven in *fig. 4*. De kogel rolt van een eenigszins hellende aanvoergoot en valt daarna van ca 3 meter hoogte op een geharde staalplaat. Door de horizontale snelheid, die de kogel op de aanvoergoot verkrijgt, valt hij niet recht naar beneden, doch beschrijft een parabool en stuit dus ook als zoodanig weer op, aan de andere zijde van de verticaal door het opstuitpunt. Op de daarvoor geëigende plaats is nu een sorteerkas *D* met sleuven opgesteld, welke de kogels opvangt. De zachtste

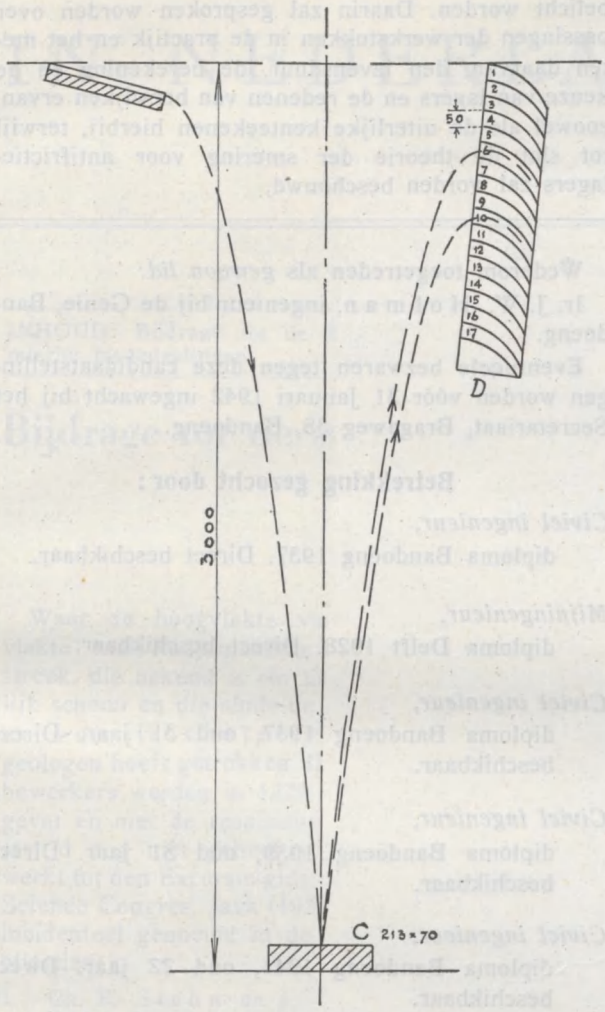


Fig. 4. Sorteering naar hardheid volgens opstuithoogte.

kogels sorteeren zich in de laagste gleuven, de hardste, dus de meest elastische, in de hoogste. Aan iedere sleuf is een nummer toegekend. Door kogels van gecontroleerde hardheid is van te voren bepaald, welke opstuithoogte overeenkomt met een zekere hardheid, waardoor dus een zeer snel en continu onderzoek plaats vindt. Iedere kogel, die in den handel wordt gebracht, heeft zoo'n apparaat gepasseerd.

Voor ringen en rollen kan deze methode niet gebruikt worden en heeft men zijn toevlucht tot de electriciteit moeten nemen. Het is nl. proefondervindelijk gebleken en ook zeer wel verklaarbaar, dat zoowel de coërcitiefkracht als het remanent magnetisme van staal varieeren met de hardheid. Hierop berust de werking van een electrisch meetinstrument, dat in zijn eenvoudigste gedaante den vorm heeft van een brug van Wheatstone, waarbij het te beproeven voorwerp in de wikkelingen van een der beenen is gelegd en men door een veranderlijken weerstand in een ander been den galvanometer op nul kan instellen (*fig. 5*). Bij inbrengen van een ander werkstuk blijkt uit den stand van den galvanometer hoe de inductie en daarmee de hardheid van het materiaal zich verhoudt tot het oorspronkelijke

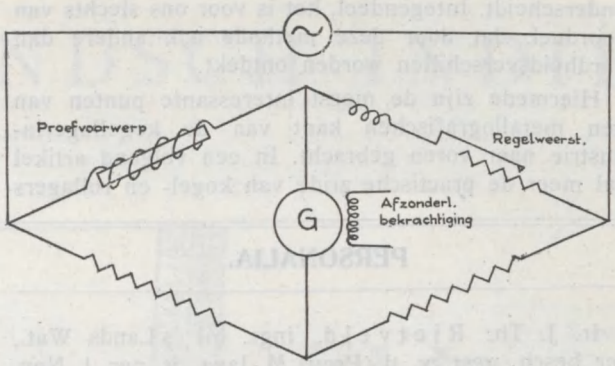


Fig. 5. Schema voor electrische hardheidsmeting.

proefstuk. Vooropgesteld natuurlijk, dat de twee stukken van denzelfden vorm en gelijk materiaal zijn.

Het voert hier te ver het uiteindelijke schema te bespreken van het apparaat, dat gebruikt wordt, doch de uitvoeringsvorm blijkt uit *fig. 6*. Door een eenvoudige en snelle handgreep wordt het te onderzoeken voorwerp langs geleiderails op zijn plaats gebracht in het magnetische veld van een primaire spoel. Hierdoor wordt een spanning geïnduceerd in een secundaire spoel. Door een regelbare spoel wordt de afzonderlijk bekrachtigde galvanometer, met ingebracht modelstuk, op nul gesteld en de afwijking hiervan bij inbrengen van de volgende stukken is een maat voor hun hardheid. De meettijd is ca 1 seconde per proefstuk.

Men moet zich natuurlijk wel realiseeren, dat hardheidsbepaling volgens deze methode als zoodanig met het grootste voorbehoud moet worden aangenomen. Immers zijn mechanische spanningen, inhomogeniteit, chemische samenstelling, enz. van grooten invloed op den uitslag van den galvanometer. Voor ons is dit echter niet van belang, aangezien het er slechts om gaat of een werkstuk door een door deugdelijk is in zijn serie en of dit nu niet het geval is wegens een mechanisch effect, een chemische fout, dan wel een warmtebehandelingsfout, maakt geen verschil. De hoofdzaak is dat de ring of de rol zich van de rest

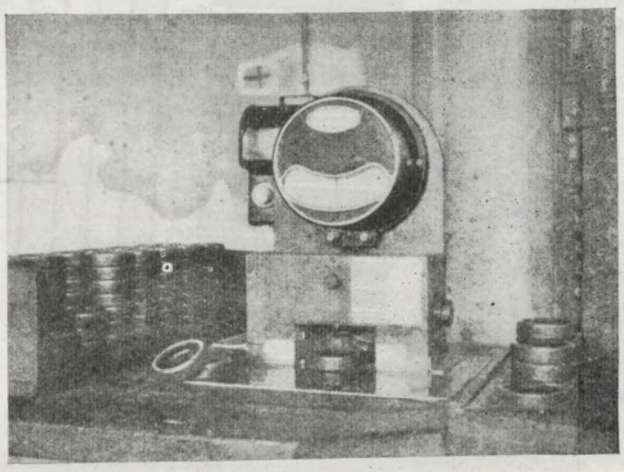


Fig. 6. Apparaat voor de electrische hardheidsmeting.

onderscheidt. Integendeel, het is voor ons slechts van voordeel, dat door deze methode ook andere dan hardheidsverschillen worden ontdekt.

Hiermede zijn de meest interessante punten van den metallografischen kant van de kogellagerindustrie naar voren gebracht. In een volgend artikel zal meer de practische zijde van kogel- en rollagers belicht worden. Daarin zal gesproken worden over passingen der werkstukken in de practijk en het meten daarvan, den levensduur, de berekening en de keuze van lagers en de redenen van bezwijken ervan, zoowel als de uiterlijke kenteekenen hierbij, terwijl tot slot de theorie der smering voor antifrictielagers zal worden beschouwd.

PERSONALIA.

Ir. J. Th. Rietveld, ingr. bij 's Lands Wat., ter besch. gest. v. d. Prov. M.-Java, is per 1 Nov. 1941 werkz. gest. op het Hfdktr. v. d. Prov. Wat. afd. „Serajoe" te Poerworedjo.

Ir. J. P. N. Jansen, ingr. b. d. Prov. Wat. v. W.-Java, is overgepl. van Batavia naar Poerwakarta.

KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS, Groep Ned.-Indië.

BESTUURSMEDEDEELINGEN.

Aangenomen en voorgestelde leden.

Van de in No. 10 van dezen jaargang *voorgestelde* leden zijn aangenomen de heeren:

J. M. de Lange, Onderdirecteur van het Dept. van Verkeer & Waterstaat, Bandoeng;

Ir. B. F. Schröder, Ingenieur bij de Hollandsche Beton Mij., Soerabaja;

Tan Giok Tjiauw, Tio Keng Lim, Ch. W. L. Tupang, } student a/d Technische Hoogeschool, Bandoeng;

Ir. J. T. van der Noordaa, chef Techn. Dienst N. V. Bataafsche Petroleum Mij., Handelszaken, Soerabaja, (voormalig lid);

C. H. de Quant, Inspecteur van het Wapen der Genie, Hoofd van de IVde Afdeeling van het Dept. van Oorlog te Bandoeng (idem).

Thans worden voorgesteld als *gewoon lid:*

Drs. L. Boomgaart, geoloog bij den Dienst van den Mijnbouw, Bandoeng,

en als *junior lid:*

Abdul Kader, M. Obdeyn, } student aan de Technische Hoogeschool, Bandoeng.

Wederom toegetreden als *gewoon lid:*

Ir. J. W. Hofman, ingenieur bij de Genie, Bandoeng.

Eventueele bezwaren tegen deze candidaatstellingen worden vóór 31 Januari 1942 ingewacht bij het Secretariaat, Bragaweg 38, Bandoeng.

Betrekking gezocht door:

Civiel ingenieur,
diploma Bandoeng 1937. Direct beschikbaar.

Mijningenieur,
diploma Delft 1928. Direct beschikbaar.

Civiel ingenieur,
diploma Bandoeng 1937, oud 31 jaar. Direct beschikbaar.

Civiel ingenieur,
diploma Bandoeng 1939, oud 31 jaar. Direct beschikbaar.

Civiel ingenieur,
diploma Bandoeng 1941, oud 22 jaar. Direct beschikbaar.

Civiel ingenieur,
diploma Delft 1935, oud 28 jaar. Wenscht bij voorkeur in dienst te treden bij Aannemersfirma. Over eenige maanden beschikbaar.

Electrotechnisch ingenieur,
diploma Delft 1936, oud 28 jaar, Januari 1942 beschikbaar.

Inlichtingen bij het Secretariaat van de Groep Ned.-Indië van het Kon. Instituut v. Ingenieurs, Bragaweg 38, Bandoeng.

8e JAARGANG
NUMMER 12

DE INGENIEUR
IN NEDERLANDSCH-INDIË

DECEMBER
1941

IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE.
„DE MIJNINGENIEUR"

INHOUD: Bijdrage tot de stratigrafie van het Tagogapoe - Gg. Masigit gebied, door dr. H. Küpper. — Economische mededeelingen.

Bijdrage tot de stratigrafie van het Tagogapoe-Gg. Masigit gebied

(Noord Priangan, Java)

door

dr. H. KÜPPER, Bandoeng.

Waar de hoogvlakte van Batoedjadjar naar de vlakte van Radjamandala afdaalt, vindt men een streek, die bekend is om haar pittoresk landschappelijk schoon en die sinds de dagen van Junghuhn en von Hochstetter de aandacht van de geologen heeft getrokken. De gegevens van de oudere bewerkers werden in 1929 door Harting samengevat en met de resultaten van een nieuwere, toentertijd nog niet geheel voltooide veldopname, verwerkt tot den Excursie-gids C.I. van het Fourth Pacific Science Congres, Java (1929). Sindsdien is dit gebied incidenteel genoemd in de volgende geologische publicaties:

1. Ch. E. Stehn en J. H. F. Umbgrove,
   Bijdrage tot de geologie der vlakte van Bandoeng.
   T.K.N.A.G., 1929, pp. 301.
2. S. Hanzawa,
   Note on the *Foraminifera* found in the *Lepidocyclina* limestone from the Pabeasan, Java.
   Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., Sendai, Vol. XLV, No. 1., 1930, pp. 85.
3. W. Leupold & I. M. van der Vlerk,
   The Tertiary.
   Feestbundel Martin, Leidsche Geol. Mededeel., No. V, 1931.
4. L. A. J. Bakx,
   De genera *Fasciolites* en *Neoalveolina* in het Indo-Pacifische gebied.
   Verh. Geol. Mijnbk. Genootsch., Geol. Serie, deel IX, 1932, pp. 237.
5. B. Caudri,
   Lepidocyclinen von Java.
   Verh. Geol. Mijnbk. Genootsch., Geol. Serie, deel XII, 1940, pp. 139.

Het is de bedoeling van ondervolgende mededeelingen om van dit gebied de stratigrafie, voornamelijk van het diepere Mioceen, te bespreken.

Aanduidingen als „in het Noorden" of „in het Zuiden" hebben betrekking tot den Noord- resp. Zuidvleugel van een structuur, waarvan de as globaal genomen samenvalt met den autoweg van km 21 t/m km 26; verder naar het Westen verloopt de autoweg op de aldaar steilstaande Noordflank.

I. De stratigrafische volgorde.

Figuur I geeft een overzicht van de stratigrafie van het gebied. Het door Harting in 1929 ontworpen stratigrafische schema werd bevestigd; op grond van aanvullende waarnemingen zouden wij thans aan dit schema willen toevoegen een onder de rifkalken gelegen „basis groep"; voorts zijn wij geneigd de *Lepidocyclina*-kalksteenen met hun facieele aequivalenten, de mergels, samen te vatten tot een „Kalksteen-Mergel groep". Voor een vergelijking van de indeeling van 1929 en 1941 moge naar onderstaand tabel worden verwezen:

Indeeling Harting 1929:	Indeeling Küpper 1941:
conglomerate beds sandstone beds *Lepidocyclina* limestone	3. zandsteen groep 2. kalksteen-mergel groep 1. basis groep
..... unconformity	..... hiaat .....
„Eoceen"	Eoceen

Nadere bijzonderheden omtrent de stratigrafie van de verschillende tot het Mioceen behoorende groepen, gerangschikt van oud naar jong, volgen hieronder:

1. Basisgroep. Deze omvat drie hierna te noemen facies-typen, die elkaar in horizontalen zin vervangen.

a. Basisconglomeraat; een kalkige grondmassa, met een bijmenging van fijne, hoekige kwartszand, bevat tot erwt-groote, goed afgerolde, witte en grijze kwartsrolsteen en verder tot noot-groote componenten van een donkere, soms iets fijn kristallijne kalksteen, die rijk is aan „kleinforaminiferen". Af en toe komen in de grondmassa bivalven en gasteropoden voor, foraminiferen w.o. *Neoalveolina*, *Spiroclypeus* zijn schaarsch. Typische voorkomens vindt men aan den voet der kalkwanden aan den rechteroever van den Tji Lampegan (SW van km 24) alsmede N van Tagogmoending (ESE van den Pr.

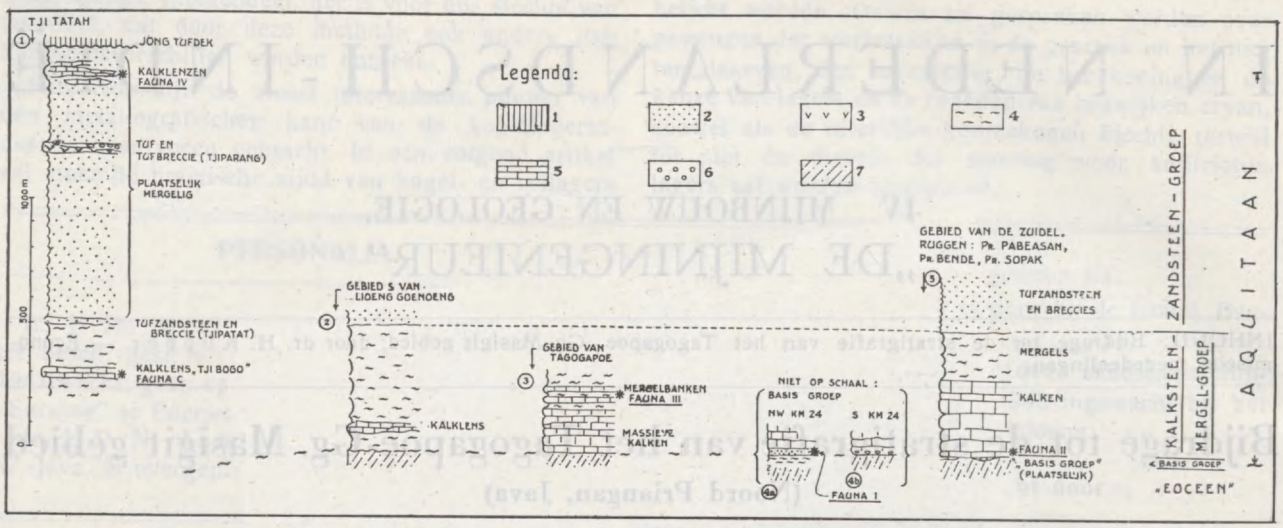


Fig. 1. Overzicht van de stratigrafie van het Tagogapoe — Gg. Masigit gebied.

Legenda: 1 : jong tufdek.
2 : overwegend zandige gesteenten.
3 : opvallende tufbanken.
4 : overwegend mergelige gesteenten.
5 : kalksteenen.
6 : grindhoudende banken.
7 : grindhoudend Eoceen.

Pawon). Het geheel maakt den indruk van een slechts plaatselijk ontwikkelde afzetting nabij een toenmalige kustlijn; de dikte dezer afzetting is minder dan 5 m.

b. *Lepidocyclina*-Kalkzandsteen; ook dit is een uitgesproken strandafzetting. In het algemeen overheerscht een lichtbruin, fijn zand, met ingeschakelde lenzen en banken (lumachelles), die voornamelijk uit groote, platte Lepidocyclinen (Eulepidinen) zijn opgebouwd. De gemakkelijke herkenbaarheid te zamen met de relatief groote verspreiding, maken deze formatie tot een geschikten gidshorizont voor het onderkennen van den onderkant van de kalkgroep, niettegenstaande haar dikte hoogstens op 10 m — 20 m geschat moet worden. Het gesteente bevat soms goed afgerolde kwartsen van erwtgrootte en behalve banken van gave Lepidocyclinen ook veel foraminiferengruis; voorts lenzen van een blauwe *Eulepidina*-kalksteen, die met een gele korst verweert.

Het meest representatieve voorkomen ligt NW van km 24 aan den N oever van de Tji Sitoe, even over de brug aan het voetpad, dat van den autoweg naar de grotten van den Pr. Pawon leidt. De basis dezer *Lepidocyclina*-kalkzandsteenen is in het gebied van den Pr. Masigit niet ontsloten; op een enkel punt (waar de Tji Sitoe het dichtst bij den Pr. Masigit komt) werd opgemerkt, dat de Lepidocylinen-kalkzandsteenen naar beneden overgaan in knollige, zandige mergels met kleine foraminiferen. Aan de basis van de kalkzandsteenen werd fauna I gevonden.

c. *Spiroclypeus*-kalken. Ten zuiden van km 24 komen lenzen voor van zwarte, grijze, soms witte kalken, die opvallen door hun rijkdom aan fossielen, w.o. talrijke spiroclypeën. Soms zijn het zuivere foraminiferen-, soms zuivere koraalkalken; hun dikte is steeds gering en nooit is hun habitus over grooteren afstand constant. Al moge dit gesteente practisch vrij zijn van klastisch materiaal, zij moeten desondanks als neritische afzettingen worden beschouwd.

De basisgroep als geheel genomen ligt met een duidelijk hiaat op het „Eoceen", maar concordant onder de hooger liggende kalken. De groote verscheidenheid van gesteentetypen, die deze groep omvat, weerspiegelt duidelijk de onrustige sedimentatie tijdens de Oudmiocene transgressie.

2. Kalksteen-Mergelgroep.

De kalken zijn uniform van uiterlijk door het naar voren treden van een grijze tot witte, fijne grondmassa en door een meer regelmatige verdeeling van foraminiferen, koralen en algen over het geheele rifcomplex. Wel is het diepere gedeelte in het algemeen meer knollig ontwikkeld, terwijl daar ook meer koraalstokken voorkomen dan in de hoogere deelen.

De dikte van de kalksteenen bedraagt rond 200 à 250 m. In de Tji Lampegan bevatten de diepste kalken soms een bijmenging van kwarts rolsteentjes, tot erwtgrootte zonder dat aan de grondmassa zand bijgemengd is. Een en ander wijst erop, dat tijdens de sedimentatie van de kalkgroep elders — vermoedelijk in het Zuiden — de transgressie nog voortduurt. In het uiterste Zuidwesten (bovenloop Tji Tatah) gaat een dunner worden van de kalkgroep gepaard met het optreden van wijnroode, iets zandige kalken, hetgeen mogelijk erop wijst, dat de „basisgroep" uitgevallen is en de kalkgroep hier direct op het „Eoceen" rust.

De soms duidelijke gelaagdheid van de kalkgroep wordt veroorzaakt door tusschenschakelingen van meestal dunne, iets zandige mergelbanden. In het bovenste deel nemen deze banden aan dikte en aantal sterk toe. De kalkgroeven van Tagogapoe vertoonen duidelijk den overgang van massieve kalken (westelijk deel) naar zuivere mergels (bovenrand oostelijk deel). Een roodachtige (tuffige) mergelband in het hoogste deel van de steengroeve heeft zijn vermoedelijk aequivalent in rose, zanderige mergelinschakelingen, die in het bovendeel van de oosthelling van den Pr. Pawon voorkomen.

Groote foraminiferen zijn in het diepste deel der mergellaagjes, tusschen de kalken aan den voet van den Pr. Pabeasan (S van km 21) te vinden (fauna II), in het hoogste deel van de kalkgroep worden zij in de mergelbanken van Tagogapoe aangetroffen (fauna III).

De zuidelijke kalkcoulisse wordt over haar geheele lengte in het Zuiden gevolgd door een depressie, die ingenomen wordt door groen-grijze tot geel-bruine mergels, welke stratigrafisch op de kalken liggen. Ten N van den Pr. Masigit, alsook ten W van den Pr. Bantjana, wordt de mergelstrook breed; men vindt hierin kalklenzen tusschengeschakeld. De kalklenzen wijzen erop, dat de voorwaarden, welke tot de afzetting van de kalkgroep hebben geleid, plaatselijk persisteerden. De mergels zijn rijk aan globigerinen en dit is soms het eenige kenmerk, waardoor zij zich van de „Eocene" mergels en kleisteenen onderscheiden.

In het gebied van de Tji Bogo komt een foraminiferenrijke, wit-gele kalklens stratigrafisch hoog in de mergels voor. Het mergelige gedeelte van de Kalksteen-Mergelgroep is uitstekend te bestudeeren in een over honderden meters nagenoeg samenhangende ontsluiting in de Tji Tatah (SW van km 27.5).

De rifkalken vormen in het Zuiden een aaneengesloten geheel; in het gebied van den Pr. Pawon, Gg. Masigit en Pr. Bantjana zijn het meer geïsoleerde massieven, die tenslotte nog verder noordelijk als dunne kalklenzen in mergels uitwiggen. Genoemde massieven liggen o.i. dicht bij den Noordrand van een vroegere rifplaat.

Het feit dat deze rifkalken in noordelijke richting vervangen worden door mergels is aanleiding geweest, om kalksteenen en mergels tot een stratigrafische groep samen te vatten, ofschoon in den zuidelijken heuvelrug de stratigrafische opeenvolging — mergels op kalken — constant is.

3. Zandsteengroep.

In het Zuiden volgt aan den overkant van de mergeldepressie een topografisch markante rug (Pr. Lampegan-Pr. Sopak), die uit een complex van conglomeratische zandsteenen van meerdere honderd meters dikte bestaat. Uitvoerige waarnemingen zijn hierin niet meer gedaan; voor een vergelijking met den Noordvleugel zij medegedeeld, dat in den zandsteenrug een zeer karakteristiek gesteente voorkomt, n.l. een tufbreccie met conglomeraatcomponenten. Het gesteente is op het versche breukvlak donker groen gekleurd, Onder het microscoop bestaat het uit een grondmassa van gebroken veldspaten van uiteenloopende grootte. De grondmassa bevat voorts microscopische, tot zelfs eigrootte, goed afgerolde stukken van een donker, veldspaatrijk, augiethoudend eruptiefgesteente. Megascopisch werden ook insluitsels van groene, hoekige klei- of kleisteenbrokken waargenomen.

In de Noordflank treden langs den autoweg bij de kalkbranderij Tji Patat (km 27,5) en in de Tji Parang gesteenten op, die hiermede geheel overeenkomen. De kleisteen insluitsels kunnen op laatstgenoemde vindplaats tot 10 cm lang zijn. Stratigrafisch weinig dieper, dus iets zuidelijker, ligt in de Tji Parang een pakket, dat voorloopig als kristaltuf beschreven moge worden en dat van de Tji Parang tot de Tji Bogo gevolgd is.

In het algemeen hebben wij den indruk gekregen, dat de zandsteengroep in het Zuiden grofklastisch is, terwijl in het Noorden fijner zandige gesteenten, soms zelf met bijmengingen van mergel, overwegen.

In het westelijke deel van den benedenloop van de Tji Tatah werden foraminiferenrijke kalklenzen gevonden (fauna IV), waarvan de fossielinhoud principieel niet verschilt met de diepere fauna's. De grens tusschen de Kalksteen-Mergelgroep en de Zandsteengroep is dus geen belangrijke stratigrafische grens, de verandering in de lithologie beteekent slechts, dat na de betrekkelijk rustige sedimentatie van de kalksteenen en mergels opnieuw een belangrijke hoeveelheid detritus werd toegevoerd, blijkbaar een gevolg van veranderingen in het relief in het achterland, gepaard gaande met vulkanische activiteit.

5. „Eoceen".

Het is ons niet mogen gelukken uit het gebied van de in deze streek onder de basisgroep voorkomende kwartszandsteenen en kleisteenen gegevens omtrent den „eocenen" ouderdom van deze gesteenten bijeen te brengen, zoodat deze, zooals tot dusverre te doen gebruikelijk is, per analogiam als „Eoceen" worden beschouwd. Een nader onderzoek van de als componenten in het basisconglomeraat optredende zwarte kalken kan wellicht aanwijzingen geven omtrent den ouderdom van deze oudste gesteenten.

II. Fossielinhoud en ouderdom.

Voor een overzicht van de aangetroffen fossielen moge naar tabel I. worden verwezen *):

Tabel I. Fossiellijst.

Voor de ligging van de vindplaatsen zie fig. 1.	Fauna: I.	II.	III.	C.	IV.
Eulepidina formosa Schl.			×		×
,, *atuberculata* v. d. Vl.			×		
,, *planata* Opp.	×				
,, cf. *mediocolumnata* v. d. Vl.	×				
,, *papulifera* Douv.	×				
,, sp. indet.		×	×	×	
Nephrolepidina sumatrensis Brady	×		×	×	
,, ,, var. *inornata* Rutt.	×				
,, ,, var. *minor* Rutt.			×		×
,, *borneensis* Prov.			×		
,, *angulosa* Prov.				×	
,, *Martini* Schl.				×	
,, *verrucosa* Scheffen				×	
,, cf. *japonica* Yabe		×			×
,, cf. *Verbeeki* N. & H.	×				
,, cf. *flexuosa* Rutt.				×	
,, cf. *perornata* Douv.				×	
Spiroclypeus Leupoldi v. d. Vl.			×		×
Cycloclypeus sp. sectio *eidae* Tan	×		×		
Heterostegina borneensis v. d. Vl.	×				
Miogypsinoides complanata Schl.			×		×
Neoalveolina sp.			×		
Anomalina			×		
Bigenerina					×
Bolivinella	×		×		×
Bulimina	×				
Chilostomella					×
Cibicides	×				×
Eponides					×
Frondicularia					×
Glandulina			×		
Globigerina	×		×		×
Globorotalia			×		
Hemicristellaria	×				×
Nodosaria	×		×		×
Operculina	×				
Operculinella	×		×		
Pleurostomella			×		
Robulus			×		
Textulariella	×				
Trifarina	×		×		
Uvigerina					×

In deze tabel werd de fossiellijst van Caudri uit Lit. 5 als fauna C opgenomen; de gegevens van Hanzawa (Lit. 2) zijn echter buiten beschouwing gelaten, omdat wij een vrij groot aantal *Eulepidina's* aantroffen (voorloopig samengevat als *Eulepidina* sp.), die eerst aan een uitvoerige analyse onderworpen moeten worden, voordat gezegd kan worden, of ze al dan niet bij de door Hanzawa genoemde typen behooren; hetzelfde geldt voor de kleine *Nephrolepidina's* van het *melanesia* type, voor de *Neoalveolina's* en ook voor de Spiroclypeën.

*) De „kleinforaminiferen" zijn slechts zeer globaal onderzocht.

Wat het onderzoek van eigen materiaal betreft, zij vermeld, dat bij de determinaties de gangbare systematische en nomenclatorische werkwijze werd gehandhaafd, hoewel verwacht mag worden, dat bij een nadere analyse verschillende species anders gegroepeerd of afgegrensd zullen moeten worden. Vooral hebben wij den indruk, dat het meer in overeenstemming zou zijn met den vormenrijkdom van sommige der species, indien deze tot ruimer begrensde, systematische eenheden — wij denken aan de „Untergruppen" van Caudri Lit. 5 — samengevat zouden worden.

Tabel I geeft geen volledig beeld van de fauna, omdat de numerieke verhoudingen voorloopig nog buiten beschouwing zijn gebleven en omdat slechts de in mergelige gesteenten voorkomende foraminiferen genoemd zijn, die door slibben konden worden gewonnen. Ter aanvulling werd aan de hand van een vrij ruim aantal microscopische preparaten der harde kalksteenen de frequentie van de voornaamste foraminiferen-genera, zij het globaal, nagegaan. De resultaten hiervan zijn in Tabel II samengevat.

Het voorkomen van enkele foraminiferen genera in kalksteen bepaald aan de hand van microscopische preparaten.

Tabel II.

Stratigrafische ligging en gesteente:	Frequentie van de genera: E	N	S	C	NA	M
Kalklenzen in de Kalksteen-mergelgroep (en Zandsteen groep)	s	t	zt	t	t	s
Rifkalken van de Kalksteen-mergel groep	t	t	t	s	s	s
Basisgroep:						
Spiroclypeus-kalken	—	t	zt	s	s	t
Lepidocyclina-kalkzandsteen	zt	—	s	t	—	—
basisconglomeraat	—	s	—	—	s	—

Toelichting: s — schaarsch, t — talrijk, zt — zeer talrijk, E — *Eulepidina*, N — *Nephrolepidina*, S — *Spiroclypeus*, C — *Cycloclypeus*, NA — *Neoalveolina*, M — *Miogypsinoides*.

Een globale indruk van de totale samenstelling van de fauna van het Oudmioceen wordt dus verkregen uit de combinatie van de tabellen I en II.

Op grond van de groote foraminiferen kan de ouderdom van de verkende sedimenten als Aquitanien (Tertiair e) worden beschouwd. (Zie Tan, Remarks on the letter classification of the East Indian Tertiary. Dit tijdschr. 1939, Vol VI, pp. 93). De vraag, met welk deel van het Aquitanien de transgressie aanvangt, moet voorloopig worden opengelaten.

III. Regionale stratigrafie.

Door Leupold & van der Vlerk (Lit. 3) werd het Tertiair van het Tagogapoe-gebied gerekend bij de zuidelijke facies van het Javaansche Jong-

Tertiair, afgezet langs den zuidrand van de Jongtertiaire geosynclinaal van Noord Java. Het zeldzamer worden van de klastische componenten in de zandsteengroep in noordelijke richting is hiermede in overeenstemming.

In nevenstaande tabel is ten slotte de stratigrafie van het Tagogapoe-Gg. Masigit gebied vergeleken met verder westelijk gelegen, regionaal overeenkomstige Tertiairvoorkomens:

Noordrand blad Baja, Geol. Kaart v. Java blad 14, 1933.	Residentie Buitenzorg Jb. Mijnw. Alg. Ged. 1939, pp. 18:	Noord Priangan (Tagogapoe-Gg. Masigit gebied)
Tjimapag lagen	6. Djampangserie 5. Zure tuffen etc. 4. Mergels en tuf-zandsteen 3. Rifkalken	3. Zandsteen groep 2. Kalksteen-Mergel groep 1. Basisgroep
..... discordatie	..... zwakke discordantie	..... hiaat .....
Oudmioceen/ Jongoligoceen	Oligoceen	„Eoceen"

ECONOMISCHE MEDEDEELINGEN.

N. V. Mijnbouw Maatschappij „Simau".

Gedurende de maand October 1941 werden:

7 304 tons erts verwerkt { 8,3 dwts goud per ton en
van gemiddeld { 113,— „ zilver „ „ .

Geëxtraheerd werden: totaal ca 2 815 ozs. goud en ca 33 960 ozs. zilver, ter gezamenlijke waarde van ca *f* 192 000,—.

Bovenstaande taxatie is gebaseerd op een prijs van *f* 61,— per oz. voor het goud en *f* 0,60 per oz. voor het zilver.

De bedrijfskosten over October j.l. bedroegen ca *f* 104 400,— terwijl voor montage werd uitgegeven ca *f* 7 100,— en voor prospecteeren ca *f* 2 300,—.

N. V. Mijnbouw Maatschappij „Zuid Bantam".

Gedurende de maand October 1941 werden:

5 992 tons erts verwerkt van { 9,4 gram goud per ton
gemiddeld { 671,— „ zilver „ „

Geëxtraheerd werden: totaal ± 49 738,— gram goud en ± 3 279 586,— gram zilver ter gezamenlijke waarde van ± *f* 159 300,—.

Bovenstaande taxatie is gebaseerd op een prijs van *f* 1 950,— per kg voor het goud en *f* 19,— per kg voor het zilver.

De bedrijfskosten over October j.l. bedroegen ± *f* 95 300,— terwijl voor montage werd uitgegeven ± *f* 7 300,— en ten laste van het 5a-vergunningsterrein ± *f* 3 100,—.

Gedurende de periode van 2-11-'41 t/m 8-11-'41 werden 1 150 tons erts verwerkt van gemiddeld 8,— gram goud en 550,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 9-11-'41 t/m 15-11-'41 werden 1 400 tons erts verwerkt van gemiddeld 8,5 gram goud en 550,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 16-11-'41 t/m 22-11-'41 werden 1 500 tons erts verwerkt van gemiddeld 8,5 gram goud en 600,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 23-11-'41 t/m 29-11-'41 werden 1 450 tons erts verwerkt van gemiddeld 8,— gram goud en 550,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 30-11-'41 t/m 6-12-'41 werden 1 400 tons erts verwerkt van gemiddeld 7,— gram goud en 550,— gram zilver per ton.

GOEDE REMVOERING
is de
BESTE VERZEKERINGSPOLIS

De moderne automobielen zijn berekend op hooge snelheden.
Meer dan ooit is het daarom van belang, dat Uw remmen in orde zijn. Elk remsysteem zal beter functionneeren, als U de remschoenen voorziet van

UNARCO REMVOERING

Unarco remvoering is van de allerbeste kwaliteit en heeft een buitengewoon langen levensduur door de wetenschappelijke samenstelling van de met de aluminium doorweven voering, die geen vet opneemt.
Circa 80% der Amerikaansche automobielen zijn hiermede uitgerust.
De Unarco „Precision Sets" zijn alle kant en klaar geboord, zoodat het verwisselen van remband in een oogwenk klaar is. De voordeelen hiervan zijn:

- Geen tijdverlies.
- Geen incourante stock.
- Geen verlies van onbruikbare kleine stukjes remband.
- Gebogen in den vorm van den remschoen.
- Geen kans, dat U de juiste maat niet in voorraad heeft.

Vraagt inlichtingen bij:

LINDETEVES-STOKVIS
Afdeeling Insulinde

voordeelen van Océ-

LICHTDRUKPAPIER:

1 Men kan er zeer snel mee afdrukken.
2 Correcties zijn gemakkelijk aan te brengen.
3 Weinig rek en krimp.
4 Bespaart U tijd.
5 Het beeld is positief.
6 Offertes, vergezeld van Océ-drukken, vallen op.
7 Océ is een Nederlandsche vinding en wordt hier te lande in licentie gefabriceerd door de Papierfabriek Padalarang.

Vraagt monters of demonstratie aan de alleenvertegenwoordigers

G. C. T. VAN DORP & Co.
SEMARANG — SOERABAIA — BANDOENG

8e JAARGANG
NUMMER 12

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

DECEMBER
1941

V. VERKEERSWEZEN.

INHOUD: Het gebruik van rubberpoeder in asphaltmengsels voor den wegenbouw, door G. J. van der Bie en P. Th. Wijnhamer.

Het gebruik van rubberpoeder in asphaltmengsels voor den wegenbouw

door

G. J. VAN DER BIE en P. TH. WIJNHAMER.

Afd. Rubber Research
Proefstation West-Java,
Buitenzorg.

Nederlandsch-Indische
Wegenvereeniging,
Bandoeng.

Inhoud.

		Pag.
I.	Inleiding	21
II.	Laboratorium-onderzoek	21
III.	Practische toepassing als wegbedekking	24
	a. Slijtproeven	24
	b. Proefvakken	26
	c. Verwachtingen voor de practijk	28

I. INLEIDING.

Dit artikel is een samenvatting van de voor practijk belangrijke resultaten van een uitvoerig onderzoek [1]), dat in de jaren 1938 — 1940 werd verricht en dat een voortzetting en uitbreiding vormde van het werk, dat op instigatie van de Nederlandsch-Indische Regeering in de jaren 1936 — 1938 werd opgezet ten behoeve van het opstellen van een prae-advies over het gebruik van rubber in den wegenbouw voor het VIIIste Internationale Wegencongres, dat in 1938 in Scheveningen gehouden werd.

Dit prae-advies [2]), alsmede een verslag der onderzoekingen in 1936 — 1938, werden reeds gepubliceerd [3]).

1) *Archief Rubbercultuur* 1941, *25*, (1), 18-141.

2) Rubber voor wegendoeleinden, door jhr. ir. C. Ortt, ir. R. E. Kerkhoven, dr. ir. Th. G. E. Hoedt en ir. G. J. van der Bie. Prae-advies No. 5 (vraag 1 c), VIIIste Internationale Wegencongres 1938. Publicatie No. 141 der Ned.-Ind. Wegenvereeniging.

3) *Archief Rubbercultuur* 1938, *22*, (22), 23-125.

II. LABORATORIUM-ONDERZOEK.

a. Bereiding van de mengsels.

Terwijl bij het voorafgaand onderzoek volstaan werd met de beproeving van slechts *één* asphaltbitumen, nl. Wonokromo 40/50, werden thans een aantal andere bitumina van diverse herkomst onderzocht met het doel eenerzijds verband te vinden tusschen de indices en het gedrag na toevoeging van rubber en anderzijds na te gaan of de bij Won. 40/50 gevonden verschijnselen eveneens optreden bij bitumina van andere herkomst.

De volgende asphaltbitumina werden in het onderzoek betrokken:

Naam	Afkorting
Wonokromo asphalt 40/50	Won. 40/50
„ „	Won. 40/50a
Socony F asphalt 40/50	Soc. 40/50
Wonokromo asphalt 20/30	Won. 20/25
„ „	Won. 20/30
B.P.M. asphalt I	BPM. I
Mexphalt 25	Mex. 25
Mexphalt 40/50	Mex. 40/50
B.P.M. asphalt II	BPM. II
Mexicaansch asphalt 50/60	Mex. 50/60
Mexphalt 55	Mex. 55
Socony asphalt-cement 116	Soc. 116
Socony geblazen asphalt CC	Soc. CC

De Wonokromo-asphaltbitumina zijn afkomstig van de B.P.M.-fabriek bij Soerabaja. Met Socony 40/50 zijn dit de in Ned.-Indië meestgebruikte asphaltbitumina; uiteraard wordt bij het onderzoek aan deze bitumina de meeste belangstelling gewijd.

Mexphalt 25 en 55 werden door het Laboratorium van de Bataafsche Petroleum Maatschappij te Amsterdam verstrekt door bemiddeling van de Rubber Stichting; zij vertegenwoordigen de in Holland meestgebruikte asphaltbitumina.

B.P.M. I en II werd van de B.P.M. in Soerabaja verkregen als overeenkomend met Mexphalt 25 en 55.

Het Mexicaansche asphalt 50/60 werd op verzoek door het Rijkswegenbouwlaboratorium in Den Haag toegezonden.

De eigenschappen van deze bitumina zijn vermeld in *tabel 1*, waarbij de bitumina gerangschikt zijn volgens opklimmenden temperatuurgevoeligheidsindex volgens Pfeiffer & van Doormaal [4]).

4) *Koll. Z.* 1936, *76*, (1), 95-111.

Tabel 1. Eigenschappen der asphaltbitumina (zonder rubber).

Naam	Won. 40/50	Won. 40/50 a	Soc. 40/50	Won. 20/25	Won. 20/30	BPM I	Mex. 25	Mex. 40/50	BPM II	Mex. 40/50	Mex. 55	Soc. 116	Soc. cc		
Na waterbad (3 uur 95° C):															
penetratie	45,5	38,3	38,0	22,0	25,0	42,5	22,0	43,0	43,0	51,0	47,0	26,5	24,5	0,1 mm	pen.
verweekingspunt	48,0	52,0	50,5	59,0	54,0	54,0	61,7	55,0	57,0	57,0	59,6	71,0	83,5	°C	verw.
index	−2,0	−1,3	−1,8	−1,0	−1,7	−0,6	−0,5	−0,3	−0,0	+0,4	+0,8	+1,9	+3,0	—	index
ductiliteit N.I.W.V.	42,5	48,8	62,5	15,5	49,0	62,0	7,0	11,0	12,0	27,0	5,0	1,5	0,5	cm	duct.
„ normaal	100 +	100 +	100 +	100 +	100 +	100 +	90,0	78,0	79,0	100 +	21,0	7,0	3,5	cm	„ n.
vloeilengte	144,5	123,0	111,0	51,0	84,0	70,0	33,0	67,5	55,0	82,5	35,0	22,0	18,0	mm	vloei
onopl. in CS_2	—	—	—	—	—	0,31	0,36	—	0,46	—	0,87	—	—	gew. %	CS_2
benzine-asphaltenen	6,3	10,1	7,7	22,0	12,8	14,6	17,9	23,0	22,8	22,8	24,9	23,4	25,0	gew. %	benz.
Verdampingsverlies 5 uur 163° C	0,08	0,28	0,06	1,40	0,26	0,09	0,07	0,20	0,07	0,30	0,17	0,00	0,04	gew. %	verd.
Na verdamping:															
penetratie	39,5	36,7	35,5	16,0	19,9	37,0	18,3	32,0	37,5	48,0	40,5	26,0	23,0	0,1 mm	pen.
verweekingspunt	50,1	52,5	51,0	64,5	57,0	57,0	64,0	60,0	60,0	58,5	62,0	77,5	85,5	°C	verw.
index	−1,8	−1,2	−1,7	−0,7	−1,5	−0,3	−0,5	0,0	+0,3	+0,6	+1,0	+2,3	+3,0	—	index
ductiliteit N.I.W.V.	36,8	52,0	62,6	5,5	79,0	35,0	5,0	7,0	7,0	26,0	3,0	1,0	0,5	cm	duct.
„ normaal	100 +	100 +	100 +	69,0	100 +	100 +	36,0	52,0	70,0	100 +	13,0	5,0	3,0	cm	„ n.
vloeilengte	—	117,0	—	—	66,0	64,0	30,0	—	49,0	—	31,0	—	—	mm	vloei
onopl. in CS_2	—	—	—	—	—	0,40	0,41	—	0,55	—	0,92	—	—	gew. %	CS_2
benzine asphaltenen	—	—	—	—	—	15,3	20,3	—	23,9	—	25,1	—	—	gew. %	benz.
Zwavel	0,34	—	1,18	0,65	0,31	2,78	2,97	3,39	4,49	4,82	2,75	—	1,29	gew. %	S

De normale eigenschappen, zooals penetratie, verweekingspunt, enz. der bitumina zijn bepaald, zoowel na een verwarming onder voortdurend roeren gedurende 3 uren bij ca 95° C ter verwijdering van eventueel aanwezig water en ter verkrijging van een homogene massa, als na een verhitting gedurende 5 uren op 163° C, waarbij dus de lichtere bestanddeelen zijn verdampt.

Ook werden na de verwarming bepaald het *asphaltenengehalte* (echter met normaal-benzine in plaats van aether) en het *verdampingsverlies* na de verhitting op 163° C gedurende 5 uren.

Opmerkelijk zijn hierbij de betrekkelijk groote verschillen tuschen de beide zendingen Wonokromo-asphalt 40/50, n.l. Won. 40/50 en Won. 40/50a. Tusschen de beide zendingen Wonokromo-asphalt 20/30 was wel eenig verschil te verwachten, aangezien voor de penetraties resp. 20/25 en 20/30 werd aangegeven.

Een beschouwing van deze cijfers voor de bitumina gerangschikt volgens opklimmenden index, leert het volgende.

Van groot belang bij de bereiding van de asphaltbitumina-rubbermengsels is het *verweekingspunt*. Immers een bereidingstemperatuur van 175 — 180° heeft voor bitumina met uiteenloopende verweekingspunten niet dezelfde beteekenis. Een bitumen met een laag verweekingspunt zal bij die temperatuur vloeibaarder zijn en het bijgemengde rubberpoeder beter in zich kunnen opnemen dan een bitumen met een hooger verweekingspunt. Voor de bitumina ware het dus beter geweest, indien de bereidingstemperatuur geregeld werd naar het verweekingspunt, bijv. een temperatuur van 100° boven het verweekingspunt.

Voor bijv. Won. 40/50 zou dit dus ca 150° en voor Soc. CC ca 180° moeten zijn. Aangezien echter temperaturen boven de 100° voor de rubberpoeders reeds hoog zijn, zou op deze wijze bij Soc. CC de rubber tijdens de bereiding meer ontleed worden dan bij Won. 40/50, hetgeen ook niet juist zou zijn. Wel zou men, daar reeds bekend is, dat mealorub eerst bij hoogere temperaturen dan pulvatex uitwerking toont, Soc. CC bij 180° met mealorub en Won. 40/50 bij 150° met pulvatex kunnen bereiden en hier is inderdaad veel voor te zeggen. Aangezien het echter de bedoeling was om, behalve het gedrag van diverse bitumina met rubberpoeder in 't algemeen, ook nog een eventueel verschil tusschen de beide rubberpoeders te vinden, werd besloten een uniforme bereidingswijze voor alle asphaltbitumen-rubbermengsels toe te passen.

Als gevolg hiervan zal dus in 't algemeen te verwachten zijn, dat de bitumina met lagere verweekingspunten, door betere opname van rubber, in hun eigenschappen duidelijker den invloed van rubber zullen toonen. Iets dergelijks is te zeggen van het verschil tusschen de rubbersoorten. Ingeval de temperatuur van 175 — 180° voor pulvatex goed is, zal zij voor mealorub te laag zijn en de invloed van dit laatste rubberpoeder minder sprekend zijn. Anderzijds zou een juiste temperatuur voor mealorub te hoog zijn voor pulvatex, met als gevolg het ontstaan van ontledingsproducten van het laatste. In verband hiermede

zijn de bitumina bovendien onderzocht met rubberolie, een ontledingsproduct van rubber bij hoogere temperatuur, terwijl ter completeering ook nog gemalen gevulcaniseerde roode rubber in het onderzoek is opgenomen.

Voor het onderzoek werden de beide *rubberpoeders* pulvatex en mealorub gebruikt.

Pulvatex (vroeger genoemd rubberpoeder-S t a m) wordt thans bereid door latex (of roomlatex) te verstuiven in een warmen luchtstroom, terwijl gelijktijdig een hoeveelheid droge infusoriënaarde wordt ingeblazen, met het gevolg, dat de ingedroogde deeltjes rubber niet samenkleven en als rubber-p o e d e r de installatie verlaten.

Eenvoudigheidshalve werd aangenomen, dat het gehalte aan actieve rubber voor de verschillende partijen gelijk is en steeds 70% bedraagt, hierbij wordt dan gerekend op een gehalte van ca 15% infusoriënaarde en 15% niet-rubber bestanddeelen uit de latex.

Mealorub (vroeger genoemd rubberpoeder-P.W.J. of rubberpoeder-v a n D a l f s e n) wordt bereid door versche latex met bepaalde chemicaliën te verwarmen, waarbij zwavel wordt vastgelegd. Het product wordt vervolgens met zuur geflocculeerd, ontwaterd, gemalen en gedroogd.

Voorts werden gebruikt *rubberolie*, een taaie dikvloeibare massa, welke bereid was door hitte-depolymerisatie van crêpe-rubber en een poeder, verkregen door fijnmalen van *roode gevulcaniseerde rubber* met een rubbergehalte van ca 50%.

b. Invloed van rubber op de rheologische eigenschappen der asphaltbitumina.

Bij het onderzoek werd de volgende gedachtengang als *werkhypothese* genomen [5]).

5) Vgl. J. M. v a n R o o y e n. *Med. Rubber Stichting* No. 7, 1938; *De Ingenieur* 1938, Mk. 5, 19-26.

a. Het asphaltbitumen wordt beschouwd als een colloïdaal systeem, bestaande uit koolstofrijke deeltjes (de z.g. asphaltenen) in een olie-achtig medium (de z.g. maltenen).

b. Bij toevoeging van rubber aan een asphaltbitumen blijven de asphaltenen onveranderd (bij definitie; m.a.w. de peptiseerende en stabiliseerende stoffen worden bij de maltenen gerekend).

c. Een deel van de rubber zal in de maltenenfractie oplossen en dientengevolge de viscositeit en de ductiliteit van deze maltenen-fractie — en dus van het geheele asphaltbitumen — verhoogen.

d. Het grootste deel van de rubber blijft, althans aanvankelijk, in korrelvorm aanwezig; de rubberkorrels zullen een, waarschijnlijk selectief, deel van de maltenen opnemen en daardoor zwellen. De resteerende bitumenphase wordt daardoor harder. Afhankelijk van de mate van zwelling zullen de rubberkorrels onder bepaalde omstandigheden harder of zachter dan de resteerende bitumenphase kunnen zijn.

In *fig. 1* worden de algemeene eigenschappen der asphaltbitumen-rubber mengsels met elkander vergeleken; uit deze waarnemingen blijkt, dat voor het Wonokromo asphaltbitumen het oplossen zal overwegen en voor de andere asphaltbitumina het zwellen.

De rangschikking volgens opklimmenden temperatuurgevoeligheidsindex volgens P f e i f f e r & v a n D o o r m a a l geeft een aanwijzing over de te verwachten veranderingen in het verweekingspunt R. & K.

Over het verschil tusschen de rubberpoeders mealorub en pulvatex is op te merken, dat pulvatex bereid wordt door verstuiven van latex en dus in een oplosmiddel zeer sterk zwelt, totdat uiteindelijk

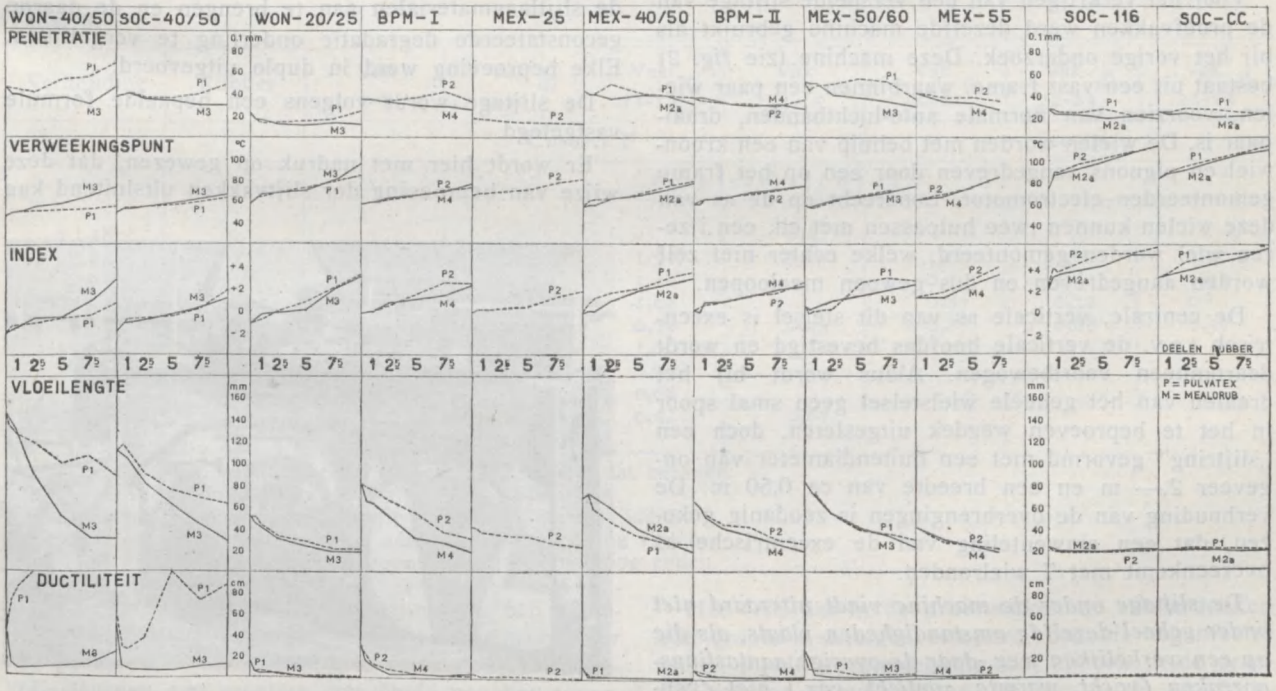


Fig. 1. Grafische vergelijking van de algemeene eigenschappen der asphaltbitumen-rubbermengsels.

een homogene oplossing is verkregen. Mealorub is een rubberpoeder, dat een kleine hoeveelheid gebonden zwavel bevat en dat, onder dezelfde omstandigheden als pulvatex, slechts tot een zekere grens zwelt; de deeltjes uit de latex behouden hun individualiteit. Voor pulvatex zal dus een groote neiging tot oplossen bestaan, mits de maltenen voldoende „oplosmiddel" voor de rubber bevatten; voor mealorub zal het beperkte zwellen overwegen.

In het algemeen blijkt, dat de gemiddelde invloed van mealorub vrijwel even groot is als die van pulvatex, behalve wat betreft de rekbaarheid, welke door pulvatex grooter en door mealorub kleiner wordt.

De temperatuurgevoeligheid der asphaltbitumen-rubbermengsels werd bepaald met behulp van penetratie-metingen bij verschillende temperaturen. Er werd aangetoond, dat een penetratie-temperatuur van 25° C over het algemeen niet geschikt is om groote veranderingen ten gevolge van de toevoeging van rubber te constateeren en dat een penetratie-temperatuur van 15° C of van 35° C beter voor dit doel gebruikt kan worden. Verder bleek, dat de temperatuurgevoeligheidsindex volgens Pfeiffer & van Doormaal niet constant blijft bij toeneming van de penetratie-temperatuur. Door middel van penetratiemetingen bij 25° C met een regelmatig toenemende belasting werd nagegaan in hoeverre de asphaltbitumina een zuiver-visqueuze vloei bezitten en hoe deze verandert tengevolge van de toevoeging van rubber. Sommige asphaltbitumen-rubbermengsels blijken een skeletstructuur te bezitten.

Na gedurende een week bij 60° C bewaard te zijn, vertoonen de rubberhoudende asphaltbitumen-mengsels minder veranderingen in eigenschappen dan de bitumina zonder rubber. Bij het onderzoek werd een uniforme verhitting van 15 minuten op 175 — 180° C toegepast voor alle asphaltbitumina en rubbersoorten. Er werden echter aanwijzingen verkregen, dat een verhitting op een temperatuur van ongeveer 125° C boven het verweekingspunt R. & K. van elk bitumen de voorkeur verdient.

Om den invloed van de toevoeging van rubber op de eigenschappen van een asphaltbitumen te bepalen, zijn de volgende kencijfers noodig:

a. penetratie, bij voorkeur bij 15° of 35° C, althans niet bij 25° C;
b. verweekingspunt R. & K.;
c. temperatuurgevoeligheidsindex, af te leiden uit de penetratie en het verweekingspunt;
d. vloei;
e. rekbaarheid (ductiliteit).

Wat betreft den invloed van de toevoeging van rubber op de eigenschappen van een mineraal asphalt, n.l. Boetonasphalt, bleek, dat de door het reeds aanwezige minerale materiaal gevormde structuur gemakkelijk door de rubber versterkt wordt.

Uit verschillende hechtproeven blijkt, dat door de toevoeging van rubber aan een asphaltbitumen de cohesie van het bindmiddel wordt vergroot, terwijl de adhesie aan mineraal materiaal afneemt. De toelaatbare grens van deze afneming zal voor elke toepassing afzonderlijk bepaald moeten worden.

III. PRACTISCHE TOEPASSING ALS WEGBEDEKKING.

a. Slijtproeven.

Beschrijving der methode van beproeving.

Voor het verkrijgen van een versnelde slijtage van de proefvakken werd dezelfde machine gebruikt als bij het vorige onderzoek. Deze machine (zie *fig. 2*) bestaat uit een vast frame, waarbinnen een paar wielen, voorzien van normale auto-luchtbanden, draaibaar is. De wielen worden met behulp van een kroonwiel en pignons aangedreven door een op het frame gemonteerden electromotor. Loodrecht op de as van deze wielen kunnen twee hulpassen met elk een ijzeren wiel worden gemonteerd, welke echter niet zelf worden aangedreven en dus gewoon meeloopen.

De centrale, verticale as van dit stelsel is excentrisch t.o.v. de verticale hoofdas bevestigd en wordt daaromheen voortbewogen. Aldus wordt bij het draaien van het geheele wielstelsel geen smal spoor in het te beproeven wegdek uitgesleten, doch een „slijtring" gevormd met een buitendiameter van ongeveer 2,— m en een breedte van ca 0,50 m. De verhouding van de overbrengingen is zoodanig gekozen, dat een omwenteling van de excentrische as overeenkomt met 7 wielronden.

De slijtage onder de machine vindt uiteraard niet onder geheel dezelfde omstandigheden plaats, als die op een werkelijken weg, daar de overige aantastingsoorzaken (vocht, warmte, zonlicht, enz.) niet eveneens versneld worden. In verband hiermede wordt de waargenomen slijtage niet absoluut gewaardeerd in tonnen verkeersgewicht, doch slechts relatief door op een slijtring, in 4 kwarten verdeeld, verschillende slijtlaagmaterialen aan te brengen en de daarop geconstateerde degradatie onderling te vergelijken. Elke beproeving werd in duplo uitgevoerd.

De slijtage wordt volgens een bepaalde formule vastgelegd.

Er wordt hier met nadruk op gewezen, dat deze wijze van beproeving der slijtvakken uitsluitend kan

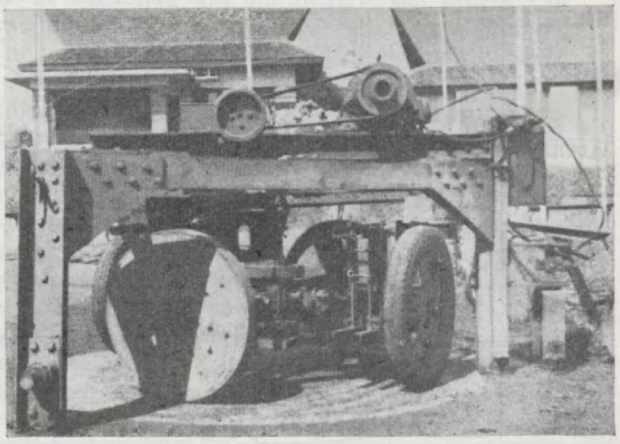


Fig. 2. Slijtmachine der N. I. W. V.

aantoonen, dat er *onderlinge* verschillen bij de toepassing van de diverse mengsels optreden en dat dus het eene mengsel zich vermoedelijk in de practijk beter zal gedragen dan het andere, doch dat het een en ander nog geen uitsluitsel geeft ten aanzien van de *grootte* der onderlinge verschillen, welke in de practijk zullen optreden.

Bovendien geldt de wijze van berekening slechts voor het geval dat een dunne gesloten asphalthuid aanwezig is. Het blijkt dan ook, dat de berekening niet toegepast kan worden bij de toepassing van splittapijten of andere mengconstructies.

Het resultaat der slijtvakken met warm asphalt is vermeld in *tabel 2*.

Tabel 2.

Vakken	Asphalt-bitumen	l/m²	Rubber	Kwaliteit	Opmerkingen
1 en 2	Won. 40/50	2,5	—	1,—	ongeprimed
			3 P	1,15	(lastig uitstrijken)
			3 M	1,33	
			5 M	1,36	
3 en 4	Won. 40/50	1,6	—	1,—	14 dagen tevoren
			3 P	1,02	geprimed met 0,9
			3 M	0,85	l/m² Primer 20
			5 M	1,06	Socony.
5 en 6	Won. 40/50	1,6	—	1,—	70 dagen tevoren
			3 P	1,20	geprimed met 0,9
			3 M	1,30	l/m² Primer 20
			5 M	1,34	Socony.

Uit deze cijfers volgt, dat 3 M meer invloed heeft dan 3 P en dat (althans direct na den aanleg!) 5 M slechts weinig meer invloed heeft dan 3 M.

Primen van het wegdek verdient aanbeveling in verband met het toch al lastige uitstrijken der mengsels. Echter dient dit geruimen tijd tevoren te geschieden, daar sporen flux de eigenschappen van het asphaltbitumen-rubber wegdek ongunstig beïnvloeden.

Toevoeging van meer dan 1% rubberpoeder aan het Wonokromo 40/50 asphaltbitumen bemoeilijkt het uitstrijken van het mengsel, waarbij pulvatex het asphaltbitumen veel taaier en dikker maakt dan mealorub.

Uit de slijtage valt op te merken, dat *toevoeging van rubberpoeders het asphaltbitumen ten goede komt*. Vermeerdering van de hoeveelheid rubber boven 3 M geeft geen noemenswaardige verbetering (althans bij deze versnelde aantasting!). Het mengsel 3 P is voor ruim 15% en 3 M en 5 M voor ruim 30% beter dan asphaltbitumen zonder rubber.

Splittapijt met koud asphalt.

Dit wegdek bestaat uit vertind steenslag, zonder zand of vulstof. Het rubberpoeder wordt vooraf met de cutback vermengd, waarna het mengsel gebruikt wordt voor het vertinnen van het steenslag (split); hoewel de toevoeging van rubber de cutback doet opstijven, hebben de steenslagstukjes een voldoende wrijvende werking om een snel vertinnen tot stand te brengen. Uit metingen bleek, dat bij het uit de hand mengen van een charge van 9 liter cutback met steenslag 1 : 15 de mengtijd van ca 5 minuten door de toevoeging van rubber hoogstens met een $\frac{1}{2}$ minuut werd verhoogd. De toevoeging van rubber heeft bij de menging een eenigszins verschralende, verdrogende en kleverig makende werking.

Na eenigen tijd staan ter verdamping van de fluxolie wordt het mengsel op den weg gespreid en gewalst; meestal wordt vóór het spreiden de weg behandeld met ca 0,5 l/m² cutback. Gewoonlijk wordt 3 cm dik gespreid. Een mengsel met rubber kan ongeveer een dag eerder gelegd worden dan zonder, aangezien de mengsels spoediger opstijven. Door de open structuur verdampen de laatste resten fluxolie vrij spoedig.

Tabel 3.

Verhouding	Rubber	Vak 7-8	Vak 9-10 a)	Vak 11-13 b)	Vak 14-15	Vak 20-21 c)	Vak 22-23 d)	Vak 22-23 e)
		Cutback F				Socofalt		
		Kwaliteitscijfers						
1 : 18	0				0,62			
1 : 15	0	1,—	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00
	5 P		0,58	1,46		0,79	1,14	1,29
	5 M		0,58	1,02		0,87	0,22	0
	$7\frac{1}{2}$ M	0,43	0,26	0,78	0,43	0,87	0,88	0,57
1 : 12	0			1,00				
	5 P			0,97				
	5 M			0,68				
	$7\frac{1}{2}$ M			0,52	0,67			

a) Deze vakken zijn slechts zeer kort droog en *niet* nat bereden.
b) Vak 13 is eerst 6 maanden later nat bereden.
c) Beproeving 10 dagen na aanleg: één keer droog rijden.
d) ,, 3 maanden na aanleg: één keer droog rijden.
e) ,, 3 maanden na aanleg: twee keer droog rijden.

Uit de slijtproeven is op te merken, dat een toeneming van het rubberpoeder — en wel mealorub meer dan pulvatex — een grootere uitslijting, doch als gevolg daarvan een grootere stroefheid van het oppervlak ten gevolge heeft.

Het feit, dat in de proefvakken de rubberdekken een grootere slijtage vertoonen, behoeft nog niet te leiden tot de gevolgtrekking, dat zij ook in de practijk minder zullen voldoen. Immers in de proefvakken heeft in enkele weken tijds een zeer intensieve

(wrikken en wrijven, ongeveer overeenkomende met remmen op den weg en slijtage in bochten) en onafgebroken slijtage plaats, die in de practijk pas na jaren optreedt. Bovendien geeft de verkeersbelasting, die belangrijk minder intensief en met grootere en kleinere tusschenpoozen plaats heeft, aan de structuur van het dek ruimschoots de gelegenheid om zich te herstellen, zoodat daar in het algemeen een toestand van evenwicht heerscht, in tegenstelling met de geforceerde slijtage in de proefvakjes.

Ook weersinvloeden zijn voor de wegen van veel grootere beteekenis dan voor de proefvakjes.

Waar een verhooging van de kwaliteit der splittapijten door een grooter cutback-gehalte een beperking vindt in de vrees voor een te snel dichtslaan van het oppervlak en als gevolg daarvan een te groote gladheid van het oppervlak, *opent de stroefheid der rubberdekken de mogelijkheid tot het verwerken van meer cutback en dus tot het verkrijgen van een sterker tapijt.*

Asphaltbeton.

Een proef met warm asphaltbeton en een proef met koud asphaltbeton werden slechts op het oog beoordeeld, daar onvoldoende gegevens beschikbaar waren om een slijtformule toe te passen, mede tengevolge van het feit dat deze constructies tot dusver hier te lande nog weinig werden toegepast.

Als algemeen resultaat kan worden vermeld, dat de mealorub-vakken zonder vulstof zeer stroef zijn, doch spoedig degradeeren. Mealorub + vulstof gedraagt zich even goed of beter dan de blanco. Pulvatex zonder vulstof wordt spoedig glad, slijt echter weinig; pulvatex + vulstof wordt droog en degradeert op den duur.

Boeton-asphalt.

Eenige proeven werden verricht met het toevoegen van rubberpoeder aan Boeton-asphaltkalksteen.

Daar het Boeton-asphalt te schraal is om het te kunnen smelten en mengen met rubber, kon slechts de methode van de Boeton Mij. gevolgd worden: hierbij wordt gebruik gemaakt van een flux in den vorm van een vaste stof in fijn verdeelden toestand. Deze stof, welke door de maatschappij wordt geleverd, is vermoedelijk een koolteerproduct.

De aanleg van het wegdek geschiedt aldus, dat de asphaltkalksteen en de flux afzonderlijk worden fijngestampt en vervolgens goed vermengd. Daarna wordt het rubberpoeder toegevoegd en wordt het mengen voortgezet tot een homogene verdeeling is verkregen. Vervolgens wordt het mengsel uitgespreid in een hoeveelheid van 15 kg/m^2 en goed ingewalst.

Het deel met 5 M werd, vooral bij het natrijden, spoedig beschadigd. Hierbij bleek duidelijk, dat het mealorub zich niet met het Boetonasphalt-fluxmengsel vereenigd had, daar het mealorub als gave witte korrels teruggevonden werd. Het is duidelijk, dat aldus de homogeniteit van het wegdek nadeelig werd beïnvloed.

Pulvatex werkte beter op het asphalt in. Alle sectoren hebben bij zonbestraling een neiging tot golfvorming.

Als *conclusie* kan vermeld worden, dat bij de gebruikte verhouding van Boetonasphalt en flux $2\frac{1}{2}$ en 5 P eenige verbetering opleveren, terwijl mealorub stoort, doordat geen opname plaats vindt. $7\frac{1}{2}$ P is reeds een te groote hoeveelheid rubber.

Als algemeene conclusie kan dus het volgende vermeld worden.

Sterkte en duurzaamheid van het wegdek.

Bij slijtlagen van met asphaltbitumen omhuld steenslag (split) geeft toevoeging van mealorub aan het bindmiddel een open structuur aan het wegoppervlak, terwijl toevoeging van pulvatex tot een meer gesloten oppervlak leidt.

Bij gebruik van mealorub vindt een iets grooter slijtage plaats dan bij pulvatex.

De open structuur is te verklaren door de grootere toeneming van de cohaesie in het bindmiddel (en dus kleinere vloei) bij gebruik van mealorub, terwijl de grootere slijtage zoowel veroorzaakt wordt door de meer open structuur als door de afneming van de adhaesie.

Bij een versnelde slijtageproef werd voor splittapijten gevonden, dat de rubberhoudende vakken bij een zelfde hoeveelheid bindmiddel een iets grooter slijtage vertoonden dan de vakken zonder rubber. In de proefvakken op den weg kon dit verschil tot op heden niet waargenomen worden.

In een oppervlakte-behandeling met warm asphalt vertoonden de rubberhoudende vakken na de versnelde slijtageproef een tot 30% gunstiger resultaat dan de vakken zonder rubber.

b. Proefvakken.

Een tiental proefvakken werd op den weg aangelegd, waarbij diverse constructies werden toegepast. In *fig. 3* en *4* ziet men het aanbrengen van een rubberhoudend splittapijt.

De proefvakken werden op geregelde tijden geïnspecteerd en, zooals te verwachten is, gedurende de eerste jaren zijn nog weinig gegevens over de sterkte en duurzaamheid der vakken beschikbaar, daar een normaalasphalteering zeker een 3 — 4 jaar bestand moet zijn tegen klimaat en verkeer.

In deze eerste jaren valt dus de nadruk op de stroefheid van de vakken met rubber ten opzichte van de blancovakken.

Methode der stroefheidsmetingen (methode N.I.W.V.) [6]).

Als maatgevend voor de stroefheid van een wegoppervlak wordt aangenomen de schijnbare coëfficiënt van glijdende wrijving in beweging, tusschen glad afgesleten autobanden en het wegoppervlak. Ten einde deze te bepalen wordt met een normalen auto (Ford V 8 touring), waarvan alleen de achterwielen geremd kunnen worden (voorremmen losgezet), met eenparige snelheid over den betrokken weg gereden.

Het te onderzoeken wegdek wordt over een lengte van 30 — 40 meter nat gemaakt.

6) *Publicaties van de Ned.-Ind. Wegenvereeniging*, No. 135, 135a, 143 en 151.

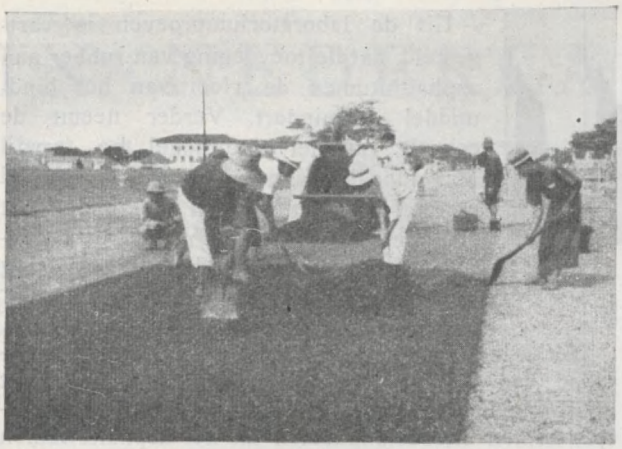


Fig. 3. Aanleg van een rubberhoudend splittapijt.

Fig. 4. Aanleg van een rubberhoudend splittapijt.

Op de te onderzoeken plaats gekomen wordt de motor uitgeschakeld en zoo sterk geremd, dat de achterwielen van den auto geblokkeerd worden. Door het slepen van de geblokkeerde wielen wordt de auto geremd, dus de voortbeweging vertraagd en deze vertraging wordt in den auto met behulp van een vertragingsmeter gemeten. Uit de grootte van deze vertraging wordt de door de geblokkeerde wielen ondervonden wrijvingskracht en hieruit de wrijvingscoëfficiënt tusschen banden en wegdek afgeleid.

Bij deze berekening worden correcties ingevoerd voor: de langshelling van den weg, het vooroverkippen van den auto, de verandering in asbelasting van den auto ten gevolge van het kipmoment, e.d.

De vertragingsmeter bestaat uit een U-vormige buis, met het vlak van de U geplaatst evenwijdig aan de lengteas van den auto en de beenen van de U in loodrechten stand; deze buis is tot halverhoogte met vloeistof gevuld. Bij het remmen van den auto stijgt de vloeistof in het voorste U-been en daalt in het achterste. Uit de grootte van deze stijging is de vertraging van het voertuig te berekenen.

Het instrument is zelfregistreerend, doordat de hoogte van den vloeistofspiegel gedurende de meting voortdurend wordt vastgelegd op een zich langzaam afrollende fotografische film. In *fig. 5* ziet men een waarnemingsstrook van een stroefheidsmeting.

Resultaten der stroefheidsmetingen.

Tabel 4.

Proefvak Tjitjalengka.

Asphalteering met emulsie, aangelegd 16 September 1937.

Datum meting	3-38	9-38	2-39	10-39	4-41
Ouderdom proefvak in maanden	6	12	17	25	43
Colas blanco f =	0,39	0,35	0,23	0,30	0,32
id. + 7½ rubber uit ongevulc. latex	0,64	0,44	0,29	0,31	0,37
id. + 7½ rubber uit gevulc. latex	0,75	0,55	0,32	0,35	0,38

Er werd slechts 1½ kg bitumen per m² gebruikt, zoodat het vak na 1 jaar gerepareerd moest worden.

Proefvak Lembangweg.

Splittapijt, aangelegd December 1938.

Datum meting	2-39	10-39	4-41
Ouderdom proefvak in maanden	2	8	29
Blanco (Socofalt) 1 : 18 f =	0,71	0,64	0,68
id. ,, 1 : 15	0,61	0,51	0,56
5 pulvatex ,, 1 : 15	0,52	0,42	0,48
5 mealorub ,, 1 : 15	0,61	0,53	0,59
7½ ,, ,, 1 : 15	0,67	0,63	0,65

Proefvak Tjisalak.

Splittapijt, aangelegd Augustus 1939.

Datum meting	10-39	4-41
Ouderdom proefvak in maanden	2	20
1 : 18 Socofalt blanco f =	0,66	0,39
1 : 15 ,, ,,	0,62	0,29
1 : 15 ,, 5 P	0,63	0,35
1 : 15 ,, 5 M	0,61	0,46
1 : 15 ,, 7½ P	0,57	0,47
1 : 15 ,, 7½ M	0,65	0,47
1 : 18 Cutback F blanco f =	0,67	0,32
1 : 15 ,, ,,	0,65	0,33
1 : 15 ,, 5 P	0,59	0,34
1 : 15 ,, 5 M	0,59	0,27
1 : 15 ,, 7½ P	0,56	0,20
1 : 15 ,, 7½ M	0,60	0,37

Bij het beoordeelen van deze cijfers moet men rekening houden met het feit, dat in den drogen tijd (Juli-Sept.) het asphalt meer opkomt en dus het wegdek gladder maakt, terwijl in den natten tijd het wegdek eerder beschadigd zal worden.

Samenvatting van de practische resultaten.

Door toevoeging van rubber wordt de *stroefheid* aanmerkelijk vergroot. Na verloop van tijd neemt deze stroefheid af, doch blijft relatief steeds grooter dan die van de overeenkomstige vakken zonder rubber. De toeneming van de stroefheid is evenredig met

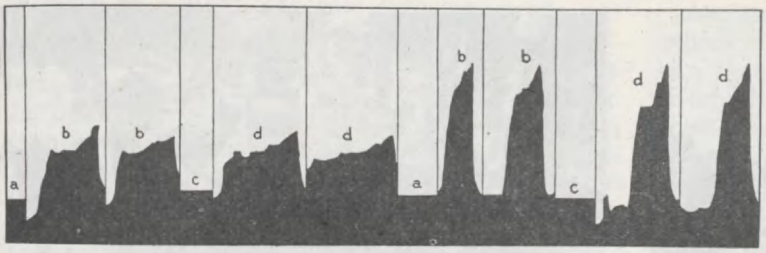


Fig. 5. Stroefheidsmetingen-grafiek.

de hoeveelheid rubber, berekend op de totaal in het wegdek aanwezige hoeveelheid asphaltbitumen; bij een herasphalteering op een oude asphaltlaag zal deze invloed dus minder naar voren treden dan bij het asphalteeren van een nieuw wegdek.

Proefvakken te Bandoeng (Lembangweg op 800 m boven zee) en nabij Batavia (Tjisalak op 50 m boven zee), waarin dezelfde hoeveelheden bitumen en rubber zijn verwerkt, laten zien, dat in het warmere klimaat de invloed van de toevoeging van rubber na korter tijd duidelijk is waar te nemen. De optimale hoeveelheid rubber zal dus, behalve van de hoeveelheid bindmiddel in het wegdek, ook afhangen van het klimaat. Zoo blijkt bijv. te Bandoeng het gebruik van 7½ deelen mealorub reeds een te schraal mengsel op te leveren, terwijl nabij Batavia deze verhouding goed voldoet; omgekeerd voldoet het gebruik van 5 deelen pulvatex te Bandoeng vrij goed, terwijl dit nabij Batavia waarschijnlijk te zacht zal blijken. (Dit feit zou ook erop kunnen wijzen, dat pulvatex eerder dan mealorub depolymeriseert en aldus het asphaltbitumen zacht maakt).

Wat betreft de slijtage kan op dit oogenblik slechts opgemerkt worden, dat de vakken met een hoog gehalte aan rubber in een koel klimaat (7½ mealorub op den Lembangweg) te schraal blijken en dus spoedig beschadigd worden. De overige rubberhoudende vakken zijn beter of even goed in vergelijking met de blanco-vakken.

c. Verwachtingen voor de practijk.

In het ideale geval is een asphalt-wegdek samengesteld uit een hoeveelheid mineraal materiaal, dat zoodanig is gegradeerd, dat de aanwezige holle ruimte tot een minimum is gereduceerd, en een hoeveelheid bindmiddel, welke juist toereikend is om de holle ruimte geheel op te vullen. Uiteraard is dan het gehalte aan bindmiddel gebonden aan nauwe grenzen.

Het is te verwachten, dat, naarmate een wegdek meer tot de ideale samenstelling nadert, de eigenschappen van het bindmiddel minder op den voorgrond treden. Omgekeerd heeft een verbetering van de eigenschappen van het bindmiddel het meeste effect bij een wegdek, dat aanmerkelijk afwijkt van de ideale gradeering; dit is o.a. het geval bij de eenvoudige splittapijten, waarin slechts steenslag, en geen zand of vulstof, wordt gebruikt.

De hoeveelheid bindmiddel wordt in de wegconstructies, welke in Ned.-Indië worden toegepast, naar beneden begrensd door de vereischte duurzaamheid en sterkte van het wegdek en naar boven door de gladheid van het wegdek ten gevolge van het naar de oppervlakte komen van het bindmiddel.

Uit de laboratoriumproeven is vastgesteld, dat de toevoeging van rubber aan asphaltbitumen de vloei van het bindmiddel vermindert. Verder neemt de cohesie van het bindmiddel toe, terwijl de adhesie aan mineraal materiaal meestal afneemt. Dat wil dus zeggen, dat door de toevoeging van rubber de eigenschappen van het bindmiddel zoodanig veranderen, dat het wegdek een schraler indruk maakt.

Het is bekend, dat asphaltbitumen onder den invloed van het klimaat op den duur harder wordt en tenslotte zijn plasticiteit verliest. De rubberdeeltjes nemen oliebestanddeelen uit het asphaltbitumen op, waardoor dit harder wordt, doch tevens vormen de gezwollen rubberdeeltjes een soort „olie-reservoirs"; het asphaltbitumen-rubbermengsel zal dus onder den invloed van het klimaat gedurende langeren tijd plastisch blijven in vergelijking met gewoon bitumen.

Uit het gedrag van de wegen-proefvakken bleek, dat de toevoeging van rubber aan het bindmiddel de stroefheid van het wegdek verhoogt en dat deze verhooging op den duur relatief behouden blijft in vergelijking met de overeenkomstige vakken zonder rubber. Het verdient aanbeveling niet meer dan 7½ deelen rubber op 100 deelen bitumen te gebruiken, met het oog op de toelaatbare slijtage.

In een *koel* klimaat mag niet meer dan 5 deelen mealorub op 100 deelen bitumen gebruikt worden. Pulvatex zal in een warm klimaat waarschijnlijk minder goed voldoen dan mealorub, daar het neiging heeft tot depolymerisatie en aldus het bindmiddel zacht maakt. In een *warm* klimaat kan men tot 7½ deelen rubber op 100 deelen bitumen gebruiken.

Bij de toepassing van asphaltbitumen-rubbermengsels kan men nu twee richtingen onderscheiden, waarin gebruik gemaakt wordt van de gunstige veranderingen in de eigenschappen van het bindmiddel. Uiteraard geldt dit vooral voor de min of meer primitieve wegdekconstructies, waarin een ruime speling in de hoeveelheid bindmiddel mogelijk is.

In de eerste plaats kan men *de stroefheid* van een bepaalde wegdekconstructie *verhoogen* door toevoeging van rubber aan het bitumen. De toelaatbare schraalheid van het mengsel wordt dan bepaald door de te verwachten slijtage; eventueel kan men een deel van de vulstof uit het mengsel weglaten.

In de tweede plaats kan men genoegen nemen met een zekere stroefheid en men kan nu de *hoeveelheid bindmiddel verhoogen*, hetgeen de sterkte en duurzaamheid van het wegdek en den weerstand tegen vocht ten goede komt.

De toevoeging van rubber in een mengconstructie zal minder effect hebben, naarmate het mineraalmengsel meer volkomen gegradeerd is, daar zoowel de weerstand tegen slijtage als de stroefheid nauw samenhangen met den bouw van het mineraal skelet.

De hier te lande gebruikelijke primitieve splittapijten zijn echter een vorm van mengconstructie, waarbij de invloed van de rubber zich eerder zal laten gevoelen.

Buitenzorg, April 1941.

8e JAARGANG
NUMMER 12

DECEMBER
1941

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

VII. CHEMIE EN TECHNOLOGIE.

Tevens Orgaan van de Ned. Chemische Vereeniging in Ned.-Indië.

INHOUD: Mededeelingen van het Alg. Bestuur der Ned. Chem. Verg. in Ned.-Indië. — De scheikundige opleiding in Ned.-Indië. — Chemisch onderzoek over pedah, een gezouten vischproduct, door prof. dr. A. G. van Veen. — Laboratorium mededeeling, door ir. L. H. Tollenaar.

Mededeelingen van het Alg. Bestuur der Ned. Chem. Ver. in Nederlandsch-Indië.

Algemeene Vergadering.

In verband met de oorlogsomstandigheden gaat de Algemeene Vergadering op Maandag 29 en Dinsdag 30 December te Bandoeng *niet* door.

H. J. Hardon,
Secretaris-Penningmeester.

Candidaat-leden.

Ir. W. J. Burck, Grissseeweg 47, Batavia-C.

Ir. R. M. P. Soerachman, hoofd onderafd. Nijverheidsvoorlichting, Departement van Economische Zaken, Kebon Sirih 8, Batavia-C.

Ir. J. E. Heesterman, leeraar Geneesk. School, Postbox 123, Paramaribo.

Ir. M. de Blank, c/o hoofdkantoor B.P.M., Koningsplein Oost, Batavia-C.

Prof. ir. W. J. Th. Amons, hoogleeraar Technische Hoogeschool, Bandoeng.

Dr. H. J. Müller, landb. scheik., Paramaribo.

Overleden.

Ir. L. Adam (1941, datum onbekend).

De scheikundige opleiding in Ned.-Indië.

In aansluiting op de mededeeling over de scheikundige opleiding in Ned.-Indië in het Octobernummer laten wij hieronder volgen een nota van prof. dr. ir. C. P. Mom over de plaatsingsmogelijkheid van de aan de Technische Hoogeschool te Bandoeng op te leiden scheikundig-ingenieurs. Deze nota werd tegelijk met het reeds gepubliceerde rapport gezonden aan den Directeur van Onderwijs en Eeredienst.

Door de Faculteit van Technische Wetenschap werd in haar schrijven aan den Directeur van Onderwijs en Eeredienst No. 9384/40 dd. 25 September 1940 uit gegevens van de Vereeniging van Delftsche ingenieurs berekend, dat de jaarlijksche behoefte aan scheikundig-ingenieurs in Indië gedurende de jaren 1937 tot 1940 geweest is 23 dezer ingenieurs per jaar.

Door dr. E. de Vries (van het Departement van Economische Zaken) is over de jaren 1910 — 1940 berekend een gemiddelde jaarlijksche opname van nieuwe chemici (scheikundig-ingenieurs en doctoren in de chemie) in Indië van 18.

Door het Bestuur der Nederlandsche Chemische Vereeniging in Ned.-Indië is blijkens het schrijven, dat deze nota begeleidt, de plaatsingsmogelijkheid van scheikundig-ingenieurs aangenomen op 10 à 20 te vervullen functies per jaar.

Al deze cijfers betreffen de plaatsingsmogelijkheid van chemici bij thans bestaande instellingen, die geheel op Westersche leest zijn geschoeid. Zij wettigen de conclusie, dat de instelling eener opleiding tot scheikundig-ingenieur aan de Technische Hoogeschool te Bandoeng in het huidig tijdsgewricht gemotiveerd is.

Van verschillende zijden is de vraag in beschouwing genomen in hoeverre aan de Technische Hoogeschool te Bandoeng op te leiden ingenieurs werkzaam zouden kunnen zijn in Indische middenstandsbedrijven en in hoeverre zij daarin een factor van maatschappelijke beteekenis zouden kunnen vormen. Dienaangaande bestaan aanmerkelijk uiteenloopende meeningen.

Het komt ondergeteekende voor, dat hier niet onbelangrijke sociale perspectieven aanwezig zijn.

De geschiedenis van *vele* groote industrieele bedrijven laat zien hoe een kleine zaak groot kon worden door de medewerking van academische krachten, gerecruteerd uit den eigen familiekring van den eigenaar-bedrijfsleider (van Houten, Lips, Philips). Er bestaat geen reden om niet te mogen verwachten, dat deze mogelijkheid ook zou bestaan voor de ontwikkeling der Indische middenstandsbedrijven.

De antwoorden, die door de Faculteitscommissie op haar enquête uit deze kringen ontvangen zijn, maken deze mogelijkheid tot een waarschijnlijkheid.

Feitelijke gegevens ten aanzien van dit perspectief levert de statistiek van de tusschen 1924 en 1940 te Bandoeng afgestudeerde civiel-ingenieurs.

Een overzicht van de indeeling der werkkringen van Bandoengsche ingenieurs geeft het volgende te zien.

	Onderwijs (1)	Lands- en prov. diensten (2)	Zelfbesturen, Regentschappen, Gemeenten (3)	Particuliere bedrijven groote (4)	Particuliere bedrijven kleine (5)	Werkkring onbekend (6)	Overleden (7)
Europeanen	6	67	19	11	8	6	3
Inheemschen	7	19	14	—	5	11	2
Chineezen	3	12	2	3	2	2	—
Totaal	16	98	35	14	15	19	5 / 202

Het blijkt, dat van de 202 Bandoengsche civielingenieurs 50 werkzaam zijn in technische betrekkingen van een landelijk Indisch karakter (3de en 5de kolom), waarvan de overgroote meerderheid niet of nauwelijks te vervullen zou zijn door Delftsche ingenieurs.

Zonder hieraan nu al te groote verwachtingen te verbinden t.a.v. de plaatsingsmogelijkheid van Indische scheikundig-ingenieurs in werkkringen van denzelfden locaal-Indischen aard, wil het schrijver dezes toch voorkomen, dat deze gegevens bepaaldelijk uitzicht geven op een nieuwe ontwikkeling der industrialisatie van den Indischen middenstand, wanneer bovenbedoelde Indische ingenieurs beschikbaar zullen zijn. Dit aspect staat geheel los van de behoefte aan middelbare technici.

De sociale beteekenis der onderhavige ingenieursopleiding, die niet in aanmerking is genomen bij de bovenvermelde schattingen, mag zeker niet over het hoofd gezien worden.

In dit verband is het hier de plaats om terzake de meening te releveeren van den Directeur van Economische Zaken, neergelegd in zijn brief aan den Directeur van Onderwijs en Eeredienst No. 16719/A.N. dd. 1 Augustus 1940. ZijnHoogEdelGestrenge acht het van groot belang dat de technologische studie, ook in de Inheemsche maatschappij, meerdere belangstelling krijgt en meent dat het een daad is van wijs beleid, vooral ook onder de huidige omstandigheden, om aan de Technische Hoogeschool te Bandoeng een cursus te verbinden, alwaar het voorbereidend onderwijs voor scheikundig-ingenieur, alsmede wellicht een technologisch onderwijs ten aanzien van de reeds in Indië aanwezige industrietakken, haar centrum zal vinden.

Naar schrijvers meening bevestigt dit advies de juistheid van de provisorische instelling der scheikundige opleiding aan de Technische Hoogeschool in Augustus 1940, het sluit geheel aan bij de feiten, die in het voorgaand betoog zijn vermeld en het ondersteunt de daarin gegeven beschouwingen aangaande de richting, welke voor het hooger technisch-chemisch onderwijs te volgen ware.

(w.g.) C. P. Mom.

Chemisch onderzoek over pedah, een gezouten vischproduct *)

door

prof. dr. A. G. VAN VEEN.

Inleiding.

De inhoud van deze publicatie omvat het chemisch onderzoek van *pedah Siam* (een soort gezouten kemboeng, een ook hier te lande welbekende zeevisch), waarover reeds eerder een gelijknamige publicatie van meer algemeenen inhoud verschenen is [1]). Behalve dat in de onderhavige publicatie meer den nadruk op het *chemische* deel van het pedah-onderzoek gelegd is, zijn hierin tevens de resultaten verwerkt van onze nieuwere onderzoekingen op dit gebied [2]). Pedah Siam is gezouten, maar niet gedroogde kemboeng (*Scomber kanagurta* R. = k. lelaki of banjar, en *Sc. neglectus* v. K. = k. prempoean of poeket), die over het algemeen niet opengesneden is, maar waarvan de ingewanden met de kieuwen door de keel verwijderd zijn. Pedah wordt op Java geïmporteerd uit de Straits, Siam en voor een klein deel uit Borneo (Pontianak, Poeloe Laut). Er komen op Java in hoofdzaak twee soorten op de markt, n.l. *merah basah* (malsch, soepel, vet, en bruin van kleur) en *poetih kering* (droog, hard en wit); vooral de eerste en meest gewaardeerde soort munt uit door een typische geur en smaak en (zoolang het product althans in groote kratten verpakt blijft) goede houdbaarheid. In de grootverpakking, waarin de pedah hier arriveert, is ze meestal niet van extra zout voorzien; bepaalde kwaliteiten pedah *merah basah* (waarschijnlijk de minder versch verwerkte; zie vorige publicatie) komen met zout vermengd aan (*merah basah garam*).

*) Mededeeling van de Chemische Afdeeling van het Eijkman Instituut en het Instituut voor de Zeevisscherij, Batavia.

1) Mededeeling No. 6 van de Onderafd. Zeevisscherij van het Departement van E.Z. blz. 5 (1940).

2) Wederom zijn wij dr. J. Reuter en den heer Oey Sioe Tjoan zeer dankbaar voor den door hen verleenden steun.

Over de juiste bereidingswijze is niet al te veel bekend; de gezouten visch wordt gedurende korten tijd bewaard, daarna afgewasschen, zeer kort gedroogd, en vervolgens (een enkele maal dus met nieuw zout) in groote kratten verpakt, waarin ze gedurende meerdere weken of maanden een soort rijpingsproces ondergaat. Voor beschrijving en beoordeeling der kwaliteiten, prijzen, houdbaarheidskwesties, e.d., wordt naar de voorgaande publicatie verwezen, waar ook de resultaten van onze eerste chemische onderzoekingen zijn vermeld, alsmede de verschillende probleemstellingen.

Voor deze gewesten bestaat er een groote behoefte aan onderzoekingsmethodes voor eenvoudige vischconserven (gezouten of gedroogde visch) om tot een betere en meer objectieve kwaliteitsbeoordeeling te komen dan in den handel gebruikelijk is. Het kwam ons voor, dat wij in dit verband met vrucht voor onze doelstelling gebruik zouden kunnen maken van soortgelijke onderzoekingen elders, die te maken hebben met het conserveeren van visch met ijs, enz. en die dan meestal tot doel hebben den graad van bederf na te gaan. Immers de meeste hier te lande geconsumeerde gezouten of gedroogde vischsoorten zijn wegens de simpele manier van conserveering vaak min of meer „bedorven" in de westersche beteekenis van het woord.

Daar noemt men echter al spoedig vrijwel alles bedorven wat de visch in uiterlijk, reuk en smaak doet afwijken van wat men gewoon is als, volgens geijkte methodes toebereide of verwerkte, versche visch (c.q. haring, ansjovis, etc.) te beschouwen en wat te maken heeft met schimmels, bacteriën, vluchtige aminen en minder aangename geur.

In werkelijkheid is de situatie echter deze, dat vischproducten onder den invloed van bepaalde bacteriën of schimmels, zelfs al hebben zij een minder aangenamen reuk of smaak, toch zeer goed houdbaar en consumeerbaar kunnen zijn. In een land met een grootendeels vrij armoedige bevolking zijn drogen en zouten vrijwel de eenige middelen om visch op goedkoope manier min of meer houdbaar te maken (ook de bereiding van pindang, en van nuoc-mam in Indo-China behooren daartoe) en daarbij moet men alle secundaire veranderingen van de visch, zoo lang deze niet schadelijk voor de gezondheid blijken te zijn, op den koop toe nemen. Dit heeft ook grooten invloed op appreciatie van geur en smaak. Producten als tempe bosok, trassi, ikan kering, telor asin, e.d. worden door den westerling vaak in het geheel niet geapprecieerd, terwijl een principieele afkeer van toch zeer smakelijke schimmelproducten zooals tempe zelfs zeer lang kan blijven bestaan.

Bij het beoordeelen van vischconserven uit deze gewesten moet men dus de westersche normen in den steek laten, maar kan men echter van de westersche methoden toch vaak met vrucht gebruik maken.

De literatuur over de veranderingen (c.q. bederf), die in met ijs of anderszins geconserveerde visch plaats vinden, is zeer uitgebreid [3]). Een gedeelte der in deze publicaties genoemde werkwijzen was ook voor ons goed bruikbaar.

Het ligt voor de hand, dat het aandeel van de micro-biologische onderzoekingen bij dit soort problemen vaak aanzienlijk moet zijn; immers door micro-organismen bewerkte omzettingen vormen een voornaam deel van wat er bij het zouten en drogen van visch in de weefsels alzoo plaats heeft. Voor het vloeibaar vischproduct uit Indo-China, de nuoc-mam, is aangetoond, dat de daarin aanwezige micro-organismen op de hydrolyse van de eiwitten en het ontstaan van den typischen geur een zeer grooten invloed hebben.

Het onderzoek.

Het onderzoek over pedah Siam bestaat uit de volgende deelen:

a. De *gewone analyses* van het vischvleesch (pedah-brij) op het gehalte aan *vet, eiwit, zout, asch,* enz. Deze zijn in de eerste publicatie over dit onderwerp uitvoerig besproken. Men onderscheidt bij pedah verschillende soorten (bijv. merah basah, poetih kering), die ook een uiteenloopende chemische samenstelling hebben. Men zij hiervoor verwezen naar genoemde publicatie, alsmede naar het hoofdstuk: „Bespreking der resultaten."

Van deze gewone bestanddeelen is waarschijnlijk alleen het resultaat der *vetbepaling* een nadere bespreking waard. Wij vonden nl., dat de verhouding vet : eiwit bij het bewaren der pedah veranderde, waardoor men den indruk krijgt, dat de pedah vetrijker wordt t.o.v. het uitgangsproduct. Zoo had een portie kemboeng prempoean, die wij voor een pedahproef gebruikten, tijdens het zouten een vetgehalte van 4,5% en een vet : eiwit-factor van 0,19; na zes weken bewaren was het vetgehalte 5,4% en de vet: eiwit-factor 0,24. Deze waarneming deden wij meer; de verschillen treden pas op na enkele weken bewaren; na enkele dagen is hiervan nog niets merkbaar. Zoo vonden wij voor „magere" kemboeng prempoean een vetgehalte van 2,5% en een eiwitgehalte van 20,0%; na 3 weken bewaren in 4% formol werden deze cijfers resp. 3,7 en 20,1%. Voor kemboeng lelaki vonden wij op dezelfde manier eerst 1,0% vet en 21,4% eiwit; na 3 weken in 4% formol 1,64% vet en 20,4% eiwit. Waarschijnlijk is de verandering van dezen vet : eiwit-factor te wijten aan het feit, dat door de in de visch onder invloed van zout, resp. formol, optredende veranderingen verschillende lipoiden beter extraheerbaar worden, die in de rauwe visch aan eiwitten e.d. gebonden waren.

Dat het vetgehalte ten opzichte van de „totale droge stof" verhoogd is, zegt op zichzelf niets, daar tijdens het zouten een gedeelte van het water uit de visch door zout vervangen wordt.

3) Golmon, *Z. f. Anal. Ch. 116,* 269 (1939); Firssow, ibidem 270; Beatty en Gibbins, ibidem 270 (referaten); Strohecker, Vaubel en Kirchberg, *Z. f. Anal. Ch. 110,* 1 (1937); Rep. of the Food Invest. Board for 1938, blz. 79.

Högl, Flam en Schanzern, *Mitt. aus dem Gebiete der Lebensm. Unters. u. Hyg. 31,* 130 (1940). Hilig en Clark, *J. Ass. Off. Agr. Chem. 21,* 688 (1938).

b. De *eiwitveranderingen* onder invloed van autolyse en micro-organismen. Alles wijst er op, dat de visch-eiwitten onder invloed van het zouten en bewaren sterk kunnen veranderen. Het is echter niet gemakkelijk dit chemisch aan te toonen. Hierover zal later een aparte publicatie verschijnen.

Wel moge opgemerkt worden, dat indien men tijdens de pedahbereiding op verschillende tijden monsters trekt en de voorhanden eiwit-fracties tracht te scheiden op basis van hun uiteenloopende oplosbaarheid in water, zoutoplossing, alcohol, verdunde loog, enz. er geen significante verschillen voor den dag komen.

c. Het onderzoek naar de *reukstoffen,* ingedeeld in zure, basische en neutrale vluchtige stoffen (zie onder).

d. *Kleur.* In de vorige publicatie deelden wij mede, dat in de z.g. pedah merah basah een eigenaardige bruine kleurstof aanwezig is met zeer karakteristieke eigenschappen, die voor de kwaliteitsbeoordeeling een groote rol speelt. Het is gebleken, dat deze kleurstof tijdens het bewaren van de pedah uit, of althans onder medewerking van het kemboeng-vet ontstaat. Hoe vetter de kemboeng is, hoe sneller de bruine kleur optreedt.

e. *Practische vraagstukken* zooals consistentie van het vleesch, invloed van den ouderdom van de pedah op de kwaliteit, graad van bederf, e.d., die allen samenhangen met de hierboven genoemde kwesties.

Van de bovengenoemde rubrieken zal hier nog speciaal de kwestie van de reukstoffen nader besproken worden, terwijl in het laatste hoofdstuk: „Bespreking der resultaten" een overzicht van de resultaten van het tot nog toe verrichte onderzoek in zijn geheel gegeven zal worden.

Indien men de pedah ontdoet van kop, staart en vinnen en het restant in een mortier tot een brij (pedah-brij) gaat verwrijven, blijkt, dat de typische pedah-lucht door aanzuren met verdund zwavelzuur practisch onveranderd blijft. Het aanwezige ammoniak en de aminen hebben dus op den geur weinig invloed.

Wanneer echter de pedah van slechte kwaliteit is, of nog niet voldoende rijp is, of te oud wordt en begint te rotten, treedt de reuk van aminen (vischlucht) en ammoniak (bederf) duidelijk naar voren.

Indien men de versche pedahbrij vermengt met een verzadigde zoutoplossing en voorzichtig (event. in vacuum) destilleert is de typische pedahlucht in het destillaat aanwezig. Wordt dit met zuur behandeld dan blijft de geur eveneens onveranderd.

Voegt men aan de pedahbrij of het destillaat een reagens toe als 2-4-dinitrophenylhydrazine in zoutzuur dan verdwijnt echter de reuk geheel, hoewel soms een zwakke onaangename lucht (rioollucht, vluchtige vetzuren) achterblijft. Het grootste gedeelte der reukstoffen moet dus behooren tot de groep der ketonen en aldehyden.

Indien men de pedahbrij met alkali behandelt treedt er een duidelijke lucht naar ammoniak en aminen op.

Hieruit volgt, dat men het onderzoek naar de reukstoffen (die òf, zooals de stikstofbasen, als zoodanig vluchtig zijn, òf, zooals de vetzuren en ketonen, met waterdamp vluchtig zijn) in drie deelen kan verdeelen.

Vluchtige stoffen.

A. VLUCHTIGE VETZUREN.

De *vluchtige vetzuren* werden, evenals dit bij boter e.d. het geval is, verdeeld in vluchtige vetzuren, die in water oplosbaar en vluchtige vetzuren, die in water onoplosbaar zijn. Van de laatste categorie was practisch niets aanwezig, terwijl de hoeveelheid van de eerstgenoemde vetzuren ook steeds laag was (het laagst bij pedah poetih kering). Hierom scheen een verder onderzoek overbodig. Naar den reuk te oordeelen was in hoofdzaak boterzuur aanwezig.

Experimenteel deel.

10 g pedah-vleesch wordt in een mortier zorgvuldig fijngewreven met 150 cm^3 water, dat bij kleine hoeveelheden wordt toegevoegd. De emulsie wordt overgebracht in een rondbodem van 250 cm^3, zwavelzuur ($2\frac{1}{2}$%-ig) toegevoegd (tot Congopapier blauw wordt) en in 30 à 40 minuten na begin van het koken 110 cm^3 overgedistilleerd. Een en ander geschiedt in een destilleerapparaat van constante dimensies onder zoo constant mogelijke uitwendige omstandigheden. Verder zij men verwezen naar den vetcodex (bepaling van het R.M.W.- en Polenske-getal). Het R.M.W.-getal, aangevende het aantal cm^3 0,1 n loog, dat voor neutralisatie van 100 cm^3 van het gefiltreerde destillaat (vermeerderd met 10%), dus van de in water *oplosbare, vluchtige* vetzuren noodig is, bedroeg slechts 2,5 à 6,5 (voor 10 g pedah-brij); de lagere cijfers behoorden meestal bij pedah poetih kering; de hoogere bij pedah merah basah, hetgeen in verband met het vetgehalte niet te verwonderen is.

Het Polenske-getal (de overeenkomstige waarde van de afgefiltreerde, *onoplosbare, vluchtige* vetzuren) was steeds nagenoeg nul.

B. VLUCHTIGE STIKSTOFBASEN.

Wij deelden reeds mede, dat deze bij goede pedah een zeer ondergeschikte rol moeten spelen bij de geur-ontwikkeling; met het oog op verouderingsverschijnselen en rotting werd echter toch een nader onderzoek geëntameerd.

Bovendien is trimethylamine één van de voornaamste vluchtige producten, die bij bederf van zeevisch optreden. Indien men boven een pedah-brij van pH 6,2 (d.i. van goede kwaliteit) een vochtig rood lakmoespapiertje houdt, wordt dit blauw door hydrolyse van de NH_4-verbindingen; met α-dinitronaphtol kan men microchemisch NH_3 aantoonen (Behrens-Kley).

Een scheiding van de zouten van ammoniak en aminen in het destillaat van pedah-brij met behulp van absolute alcohol was niet door te voeren wegens de groote vochtigheid van het tropenklimaat.

Daarom werd volstaan met een scheiding van het ammoniak en de aminen met behulp van geel kwikoxyde en alkali volgens de methode van Fran-

çois [4]), waarna het methylamine afzonderlijk in het van Slyke-apparaat bepaald werd door nitroseering.

Het ammoniak zelf werd apart in het oorspronkelijke destillaat bepaald met behulp der formolreactie [5]) en het trimethylamine, gebruik makende van het feit, dat dit door HNO_2 niet ontleed wordt, wat NH_3, mono- en dimethylamine wel doen [6]).

Het dimethylamine kan volgens de literatuur [7]) zeer goed bepaald worden met behulp van het koperzout van het dithio-dicarbamaat van het amine; daar de hoeveelheid hiervan echter slechts gering kan zijn, (blijkens de gevonden waarde voor totaal-basen, NH_3, mono- en trimethylamine) lieten wij dit achterwege.

Het blijkt, dat ammoniak verreweg het grootste deel van de vluchtige basen uitmaakt, zoodat wij later volstaan hebben met de bepaling van het totale gehalte aan vluchtige basen zonder op een verdere scheiding in te gaan.

Voor deze bepaling destilleeren wij de vischbrij, na ze met water gemengd te hebben, bij eigen pH, hetgeen voor het routine-werk betere resultaten opleverde dan destillatie met magnesiumoxyde in vacuo, waarbij veel hoogere waarden verkregen werden.

Tevens werd hierbij steeds de pH der versch gemaakte pedahbrij bepaald en het bleek, dat bij goede pedah het totaal gehalte aan vluchtige basen steeds relatief laag is en de pH lager dan 6,5 (zie tabel). Bij slecht houdbare of reeds iets bedervende pedah wordt het basengehalte hooger, terwijl ook de pH stijgt. Steeds echter blijft ammoniak het voornaamste bestanddeel.

Experimenteel deel.

A. De pedah wordt ontdaan van kop, staart en vinnen en in een mortier zorgvuldig fijngestampt.

B. 15 g van de versche brij wordt met water gewreven, de pH bepaald (BDH-capillator en lakmoespapier), overgebracht in een destilleerkolf, met water aangevuld tot 200 cm^3 en 3/4 hiervan afgedestilleerd (contrôle van het afloopende destillaat met lakmoespapier). Het destillaat wordt opgevangen in 20 cm^3 0,1 n zuur. Tenslotte wordt ter verdrijving van het koolzuur opgekookt en de overmaat zuur teruggetitreerd. Overgegaan zijn niet alleen vluchtige basen, maar ook een kleine hoeveelheid vluchtig vetzuur. Als indicator wordt gebruikt methylrood. De in de destilleerkolf achterblijvende brij heeft steeds dezelfde pH als vóór de destillatie. Destillatie bij lagere temperatuur en met MgO in vacuo biedt géén voordeelen.

C. Het neutrale destillaat wordt in een destilleerkolf gebracht, aangevuld tot 250 cm^3, 5 cm^3 50%-ige loog toegevoegd (deze hoeveelheid is steeds voldoende) en weer 3/4 overgedestilleerd (contrôle met rood lakmoespapier). Het destillaat wordt opgevangen in 20 à 25 cm^3 0,1 n zuur en tenslotte even opgekookt. De helft wordt teruggetitreerd met 0,1 n loog op methylrood. De hieruit te berekenen hoeveelheid door het totale destillaat geneutraliseerde zuur (C) is een maat voor de totale hoeveelheid ammoniak en aminen.

D. De andere helft van het in zuur opgevangen destillaat sub C wordt op phenolphtaleïne getitreerd en hieraan 5 cm^3 t.o.v. phenolphtaleïne geneutraliseerde 40%-ige formaline toegevoegd. De vloeistof ontkleurt zich en wordt nu weer met 0,1 n loog bijgetitreerd. De temperatuur van de vloeistof mag hierbij bij voorkeur niet hooger zijn dan 30°. Deze hoeveelheid loog is een maat voor het aanwezige NH_3 (en gedeeltelijk van de zeer kleine hoeveelheid primair amine). In de tabel hebben wij deze hoeveelheid uitgedrukt in cm^3 0,1 n (D) voor het *geheele* volume destillaat van C. C — D is een maat voor de totale hoeveelheid vluchtig amine, feitelijk exclusief het methylamine; deze hoeveelheid is te klein om voor de practijk in rekening gebracht te worden.

E. De niet voor de formoltitratie gebruikte helft van het destillaat sub C wordt in een destilleerkolf aangevuld tot 150 cm^3, 6 à 7,5 g $NaNO_2$ toegevoegd, 12,5 cm^3 ijsazijn en gedurende 40 minuten gekookt. Hierbij ontleden primaire en secundaire aminen en ammoniak; alleen het tertiaire amine resteert. De vloeistof wordt met 30%-ige loog alkalisch gemaakt, 3/4 van het volume overgedestilleerd en opgevangen in 0,1 n zuur. Na opkoken wordt dit met 0,1 n loog op methylrood teruggetitreerd. De hoeveelheid zuur benoodigd voor binding van het totale destillaat, is een maat voor de hoeveelheid trimethylamine (E). C — D — E geeft aan de hoeveelheid primair en secundair amine.

Deze geheele analyse-reeks werd op bruikbaarheid gecontroleerd met oplossingen van ammoniumsulfaat, prim., sec. en tertiaire aminen van bekende sterkte.

Een scheiding van de HCl-zouten [6]) van NH_3 en de aminen met behulp van absoluten alcohol (waarin alleen de laatstgenoemde zouten goed oplossen) was onuitvoerbaar, wegens het hooge vochtgehalte van de buitenlucht.

In enkele gevallen bepaalden we het primair-aminegehalte, door scheiding van NH_3 en amine volgens François [4]) en bepaling van het methylamine in het apparaat van van Slyke. Hiertoe werd het destillaat van 15 g brij na aanzuring en concentreering tot ca 10 cm^3 behandeld met 0,8 g geel HgO, 2 cm^3 alkali (volgens voorschrift) en 8 cm^3 water. Het filtraat werd voor de van Slyke-bepaling na aanzuring sterk geconcentreerd. Contrôle-bepalingen met bekende hoeveelheden NH_3 en mono-methylamine geven bevredigende, maar niet zeer nauwkeurige uitkomsten.

C. NEUTRALE VLUCHTIGE STOFFEN (KETONEN EN ALDEHYDEN).

In onze eerste publicatie deelden wij reeds mede, dat wij als voorname reukstof een methylketon konden aantoonen, dat volgens de fraaie en zeer

4) François, volgens Rep. of the Food Invest. Board *1937*, blz. 69.

5) De hoeveelheid mono-amine is zoo gering, dat de formoltitratie beschouwd kan worden als alleen het NH_3 aan te geven.

6) P. Okoloff, *Z. Unters. Lebensm. 63*, 129 (1932).

7) Rep. of the Food Invest. Board *1937*, blz. 69; *1938*, blz. 84.

gevoelige salicylaldehyd-reactie van Täufel en Thaler nog in zeer kleine hoeveelheden aan te toonen was, terwijl bovendien de hoeveelheid van dit methylketon samenhing met de kwaliteit der pedah. Naast dit nog onbekende methylketon vonden wij bovendien een vrij groote hoeveelheid butylaldehyde (zie voorloopige mededeeling *)), dat wij in den vorm van het 2-4-dinitrophenylhydrazon konden aantoonen. Bovendien is nog een derde zeer oxydabele en intensief ruikende aldehydachtige stof aanwezig (zie experimenteel deel). Hoewel het butylaldehyde in veel grootere hoeveelheden voorkomt dan het methylketon is het veel moeilijker kwantitatief aan te toonen, zoodat wij dit niet verder geprobeerd hebben.

Wij zochten ook nog naar het voorkomen van epihydrinaldehyde volgens Kreis (micro-reactie [8]), naar diacetyl [9]) en naar acetylmethyl-carbinol [9]), maar konden deze geen van drieën aantoonen.

Tenslotte trachtten wij het methylketon te isoleeren. De scheiding van het butylaldehyde was echter niet eenvoudig. Ten langen leste voerde een scheiding met behulp van zwak alkalisch zilveroxyde tot het gewenschte doel. Hierdoor wordt het methylketon bijna niet aangetast. Wij konden van deze aangenaam riekende stof een olieachtig dinitro-hydrazon bereiden, dat echter niet wilde kristalliseeren, zoodat wij voorloopig geen uitspraak over den aard van dit methylketon kunnen doen. De hoeveelheid hiervan is echter gering ondanks het feit, dat dit keton zich zoo goed kwantitatief laat meten.

Experimenteel deel.

1) *Kwantitatieve bepaling van het methylketon.*

Hiervoor werd gebruik gemaakt van de salicylaldehyde-reactie volgens Täufel, Thaler en Hohner [10]). Voor de uitvoering der bepaling zij naar de genoemde publicatie verwezen. Het salicylaldehyde werd steeds zelf bereid en via de bisulfietverbinding gezuiverd. De aflezing geschiedde in den tintometer en werd uitgedrukt in „eenheden rood." De eenheden geel, die ter verkrijging van de kleurgelijkheid noodig zijn, kunnen niet als kwantitatieve maatstaf dienen.

Voor een bepaling wordt de pedah van kop, vinnen en staart ontdaan en zorgvuldig in een mortier fijngestampt. 5 gram van de versche brij (bij een oudere brij kan het resultaat soms anders uitvallen, zie eerste publicatie) wordt in 15 cm³ verzadigde NaCl-oplossing gesuspendeerd, met H_2SO_4 tot op Congoblauw aangezuurd en 4 cm³ afgedestilleerd. Hieraan worden 0,3 cm³ alcohol, 10 druppels salicylaldehyde en 2 cm³ geconc. H_2SO_4 toegevoegd, omgeschud, 15 minuten op kokend waterbad verhit, snel afgekoeld en na toevoeging van 5 cm³ alcohol na 15 minuten in den tintometer afgelezen (zie tabellen in vorige publicatie).

2) *Isolatie van het butylaldehyde.*

100 g versche pedah-brij van een goede kwaliteit, pedah merah basah (zonder zout), werd in 100 cm³ verzadigde NaCl-oplossing gesuspendeerd en na aanzuren met verdund H_2SO_4 (tot Congo-blauw) op het kokend waterbad gezet. Door de brij werd droog CO_2-gas geleid en de mee-overgaande carbonylverbindingen opgevangen in 50 mg 2-4-dinitrophenylhydrazine, opgelost in 10 cm³ 5%-ig HCl in een door zwart papier omgeven ontvanger. Na 2 uur doorleiden ontstaat geen verder neerslag. Het oranjegele precipitaat wordt afgecentrifugeerd, met koud verdund HCl en met koud water nagewasschen. Opbrengst (afhankelijk van de pedah soort en kwaliteit) 1,5 — 9 mg; smeltpunt ongeveer 80°, onscherp.

Na omkristalliseering uit alcohol-chloroform stijgt het smeltpunt niet verder dan 119 — 120° (ongecorrigeerd).

Analyse (na drogen in vacuo boven P_2O_5):

2,889 mg stof geven 0,566 cm³ N_2 (27° en 761 mm) = 22,32% N.

2,597 mg stof geven 0,519 cm³ N_2 (27° en 761 mm) = 22,34% N.

3,080 mg stof geven 5,330 mg CO_2 en 1,410 mg H_2O = 47,20% C en 5,12% H.

3,365 mg stof geven 5,820 mg CO_2 en 1,470 mg H_2O = 47,17% C en 4,88% H.

3,110 mg stof geven 5,420 mg CO_2 en 1,280 mg H_2O = 47,53% C en 4,60% H.

Berekend voor $C_{10}H_{12}N_4O_4$: 47,6% C, 4,8% H en 22,2% N.

De procentische samenstelling komt dus overeen met die van methylaethylketon of van het isomere butylaldehyde. Met het bij ongeveer 115 — 116° smeltende 2-4-dinitrophenylhydrazon van de eerstgenoemde stof gemengd geeft het een smeltpuntdepressie van meer dan 20 graden, met dat van butylaldehyde (smeltpunt 120°) ontstaat geen depressie. Trouwens ook de vanilline-kleurreactie op methylaethylketon [11]) in het pedahdestillaat is negatief.

3) *Scheiding van keton en aldehyde.*

Daar het ruwe 2-4-dinitrophenylhydrazon blijkens het lage smeltpunt, alsook door de aanwezigheid van het methylketon nog andere carbonylverbindingen moet bevatten dan butylaldehyde alleen, werd getracht met behulp van chromatografische analyse van de petroleumaetherbenzoloplossingen op Al_2O_3 (Brockmann) tot een scheiding te komen, hetgeen echter op geen enkele manier gelukte.

Inderdaad bleek, dat ook een mengsel van de zuivere dinitrophenylhydrazonen van butylaldehyde en methylaethylketon op deze manier niet te scheiden was.

8) Täufel & Sadler, *Z. Unters. Lebensm. 67*, 268 (1934).

9) Schmalfusz & Werner, *Z. Unters. Lebensm. 76*, 113 (1938).

10) Täufel, Thaler en Hohner, *Z. Unters. Lebensm. 74*, 119 (1937).

*) *Natw. T. v. N. I. 101*, 147 (1941).

11) H. Meyer, Nachweis, Bestimmung org. Verbindungen, blz. 63.

Er werden nu pogingen gedaan om tot een scheiding te komen door in een pedahbrij-destillaat butylaldehyde met ijskoud 0,1 normaal $KMnO_4$ te oxydeeren; hierbij werd direct ontkleuring van het $KMnO_4$ waargenomen, terwijl een deel van de karakteristieke pedahgeur verdween. Het meeste butylaldehyde is dan echter nog voorhanden (dinitrophenylhydrazon). Er is dus behalve het butylaldehyde nog een andere zeer oxydabele aldehyd-achtige stof voorhanden in zeer kleine hoeveelheid, die sneller oxydeert dan het butylaldehyde en drager is van een deel van de karakteristieke pedahgeur. Bij toevoeging van meer 0,1 n $KMnO_4$ en iets soda oxydeert niet alleen het butylaldehyde, maar ook (blijkens de roodwaarde bepaling met salicylaldehyde) het grootste deel van het methylketon. De aldehyde-lucht verdwijnt geheel en een aangename vruchtenessence-reuk blijft over, klaarblijkelijk van het resteerende methylketon.

Alle oxydaties met verdund $KMnO_4$ bij 0° C zoowel in soda-alkalisch, als in neutraal en zuur milieu verliepen evenzoo onbevredigend. Ook oxydaties met Fehling-oplossing, met ammoniakaal zilveroxyde, met CrO_3-oplossing bij 0° C, met H_2O_2, gaven alle slechte resultaten.

Bruikbare resultaten gaf de volgende methode:

Uit voorproeven bleek, dat indien een mengsel van 5 mg butylaldehyde en 5 mg methylaethylketon in 20 cm³ water gedurende een half uur bij 40° C geschud werd met 1 g $AgNO_3$, waaraan iets meer natronloog was toegevoegd dan voor precipitatie van het zilveroxyde noodig was (tot phenolphtaleïne juist rood gekleurd wordt), alle aldehyde geoxydeerd werd (dinitrophenylhydrazon), maar het methylaethylketon (salicylaldehyde-reactie) onaangetast bleef.

Evenzoo vertoonde het destillaat van 50 g brij na behandeling met alkalisch zilveroxyde van 1 g $AgNO_3$ geen verandering van de roodwaarde.

Door een brij van 150 g pedah, gesuspendeerd in 150 à 250 cm³ verzadigde NaCl-oplossing en met H_2SO_4 aangezuurd tot pH 3, werd bij 100° C CO_2 doorgeleid en het destillaat in weinig ijswater opgevangen. De destillaten van zeven dergelijke porties werden samengevoegd.

De genoemde bewerking werd nu toegepast op de zeven verzamelde destillaten (met 7 × 2 g $AgNO_3$). Het aldus behandelde destillaat, werd na verzadiging met zout, nogmaals in een CO_2-stroom gedestilleerd en opnieuw met alkalisch $AgNO_3$ (van 2 g $AgNO_3$) behandeld.

In de tweemaal met alkalisch $AgNO_3$ behandelde methylketon-oplossing werd nog eens bij 100° C CO_2 geleid en het methylketon (overeenkomende met ongeveer 2 000 eenheden rood) opgevangen in een oplossing van 20 mg 2-4-dinitrophenylhydrazine in 10 cm³ 5%-ig HCl in donker.

Het resulteerende olieachtige hydrazon werd met verdund HCl en water gewasschen en bleef ondanks alle pogingen olieachtig.

Bespreking der resultaten.

Hierboven is een onderzoek beschreven, dat een voortzetting vormt van een oriënteerend onderzoek, vermeld in een gelijknamige publicatie.

Het chemisch deel van dit onderzoek is hier meer uitgebreid vermeld en tevens zijn hierbij onze nieuwe waarnemingen en analyses vermeld.

Deze betreffen niet alleen de gewone chemische analyses, maar ook die van de vluchtige stoffen, die den geur veroorzaken (zure, basische en neutrale), voorts de bruine kleurstof van de pedah merah basah, de veranderingen in het eiwit tijdens het „rijpen," alsook meer practische kwesties, enz. Die betreffende het eiwit zijn nog niet in een vergevorderd stadium.

Inderdaad blijkt bij het voortgezet onderzoek, dat pedah merah basah gewoonlijk veel vetrijker is dan pedah poetih kering en hiermede hangt samen, dat eerstgenoemde soorten gewoonlijk afkomstig zijn van kemboeng prempoean (de kustvorm), de laatstgenoemde van kemboeng lelaki (de volle zee-vorm); met het geslacht heeft dit echter niets te maken. Over het algemeen zijn beide kemboeng-soorten, indien afkomstig van de Straits en Siam, veel vetter dan de overeenkomstige uit den omtrek van de baai van Batavia. K. lelaki van Siam bevat zelfs vaak meer vet dan k. prempoean van Batavia. Het valt dan ook niet te verwonderen, dat een enkele maal een pedah merah basah werd aangetroffen, die afkomstig was van vette k. lelaki, alsook een pedah poetih kering, afkomstig van magere k. prempoean. Dit schijnen uitzonderingen te zijn.

Pedah poetih basah blijkt bij nader onderzoek een slecht gedefinieerd product te zijn; soms is het van pedah poetih kering feitelijk niet te onderscheiden. Grootere of relatief vette exemplaren van kemboeng lelaki kunnen echter soms een eenigszins soepele pedahsoort geven, die op den naam poetih basah wel eenigszins aanspraak kan maken; ook niet volledig „rijpe" p. merah basah, die nog geen bruine kleur aangenomen heeft, kan aldus betiteld worden.

De bruine kleurstof van pedah merah basah blijkt nl. geleidelijk bij het „rijpen" uit of onder medewerking van het kemboengvet te ontstaan. Hoe vetter het uitgangsproduct, hoe sneller de bruine kleur ontstaat. De bruine kleur heeft een goeden invloed op de kwaliteitsbeoordeeling en den prijs; men zie hiervoor de eerste publicatie, waar ook op de merkwaardige eigenschappen van deze kleurstof gewezen is. Hoe vetter de kemboeng, hoe minder moeilijk het in principe is, om een goede pedah merah basah te bereiden; wat hiervoor de laagst mogelijke grens van het vetgehalte is durven we niet te zeggen. Uit kemboeng prempoean met een (laag) vetgehalte van het vleesch van 4,5% konden wij zeer goede pedah merah basah bereiden. In het bovenstaande werd gewezen op het feit, dat tijdens de pedahbereiding het vetgehalte (t.o.v. het eiwit) schijnbaar toeneemt en de verklaring hiervoor gegeven.

Het voortgezet chemisch onderzoek wees uit, dat een vleeschbrij, gemaakt van de goed houdbare pedah-kwaliteiten door verwrijven van het vleesch met iets gedestilleerd water, inderdaad een iets zuur-

dere pH (6,0 — 6,4) vertoont dan dat van de minder houdbare, of iets oud wordende pedahkwaliteiten (pH 6,5 — 6,6). Hiermede in overeenstemming is, dat de goed houdbare soorten een lager gehalte aan vluchtige stikstofbasen hebben dan de spoedig bedervende (zie tabel).

Goed houdbare pedah poetih kering heeft meestal een nog lager gehalte hieraan dan goede pedah merah basah. De vluchtige stikstofbasen, die vanwege hun geringe hoeveelheid bij den geur practisch geen rol spelen (wèl bij de slecht houdbare of reeds bedervende, die een duidelijke ammoniakgeur kunnen hebben en bij de „onrijpe" pedah, die een markante amine- (visch) lucht vertoonen), bestaan grootendeels uit ammoniak naast kleine hoeveelheden primair, tertiair en waarschijnlijk secundair amine. *De pH van de vleeschbrij en gehalte aan totale vluchtige stikstofbasen zijn dus voor de houdbaarheidsbeoordeeling van groot belang.*

Hierbij houde men in het oog, dat pedah in grootverpakking (waarbij de lucht buitengesloten is) veel houdbaarder is dan na de ontpakking, waarbij de buitenlucht een rol gaat spelen, evenals infecties met nieuwe micro-organismen (zooals rottingsbacteriën) en schimmels en dientengevolge de pedah geleidelijk in kwaliteit en houdbaarheid achteruitgaat.

Een direct verband tusschen pH, vluchtige basen, kleur, vet, geur, e.d. eenerzijds en prijs anderzijds bestaat er niet, daar grootte, ouderdom en uiterlijk van de visch, vraag en aanbod, enz. hierbij een zeer groote rol spelen. Exemplaren van 40 — 60 gram zijn klaarblijkelijk het meest gevraagd (met het oog op verkoop per stuk).

Grootere exemplaren zijn vaak meestal minder goed verkoopbaar, kleinere bevatten minder eetbare bestanddeelen, enz.

Het onderzoek naar de vluchtige reukstoffen werd voortgezet; in de vorige publicatie werd ook reeds meegedeeld, dat vluchtige basen en vetzuren practisch geen belangrijke rol spelen, maar wel de neutrale vluchtige verbindingen, die alle in het bezit van een carbonylgroep (ketonen, aldehyden) blijken te zijn. Diacetyl, acetylmethylcarbinol en epihydrinaldehyde waren nooit aanwezig.

Goede en versche pedah-kwaliteiten hebben een hoog gehalte aan methylketonen, die met de zeer gevoelige salicylaldehyde-reactie van Täufel en Thaler[10]) kwantitatief zelfs in sporen aangetoond kunnen worden; slechte of oude pedah heeft vaak een lager methylketongehalte (naast een hooger gehalte aan vluchtige stikstofbasen).

Voor het verband tusschen kwaliteit en methylketongehalte, alsmede geur- en methylketon-ontwikkeling in pedahvleeschbrij, e.d. zij men naar de eerste publicatie verwezen.

Ondanks het groote nut en de groote gevoeligheid van deze kwantitatieve methylketonreactie (vooral in het begin van ons onderzoek) is het ons tot nu toe niet gelukt aan te toonen met welk methylketon (of mengsel van methylketonen) wij te maken hebben, daar de totale hoeveelheid hiervan slechts zeer gering is. Uit 1 kg vleeschbrij van een goede pedah merah basah kan men slechts (zonder veel verlies aan „roodwaarde") een paar mg (nog onzuiver, olieachtig) 2-4-dinitrophenylhydrazon van het methylketon verkrijgen.

Daarentegen is een veel grootere hoeveelheid butylaldehyde in de neutrale reukstoffen aanwezig (zie voorloopige mededeeling hierover l.c.); men kan 3 à 9 mg ruw dinitrophenylhydrazon van butylaldehyde verkrijgen uit slechts 100 g pedahbrij.

Naast deze beide stoffen (butylaldehyde en een of meer methylketonen) is nog minstens een derde reukstof, een aldehyde met intensieven geur en zeer groote oxydeerbaarheid voorhanden, die we echter niet konden isoleeren. Hiervan moet de hoeveelheid echter ook zeer gering zijn, veel geringer althans dan die van butylaldehyde.

De scheiding van weinig methylketon van relatief veel butylaldehyde bleek niet mee te vallen; door behandeling met versch, zwak alkalisch zilveroxyde kon echter het aldehyde geoxydeerd worden en bleef het aangenaam riekende methylketon over, zonder dat hiervan veel verloren ging.

Daar het methylketon waarschijnlijk ontstaan zal zijn door β-oxydatie van vetzuren uit het kemboengvet, gevolgd door decarboxyleering, is het principieel niet te verwonderen, dat de methylketon-concentratie grootendeels maatgevend is voor de pedah-kwaliteit, immers deze laatste hangt eenigszins samen met het vetgehalte, terwijl het zeer begrijpelijk is, dat secundaire factoren, zooals pH, hoeveelheid vluchtige basen, rottingsbacteriën en andere micro-organismen (welke mede maatgevend zijn voor mate van bederf, ouderdom, enz.) op het ontstaan van het methylketon en op het aandeel hiervan in den geur, van grooten invloed zijn.

Over het ontstaan van de relatief groote hoeveelheid butylaldehyde zijn momenteel nog geen gegevens voorhanden. Met het micro-biologisch deel van dit onderzoek is ternauwernood een begin gemaakt.

Niet alleen in pedah en nuoc-mam (het vloeibaar vischproduct uit Indo-China) vonden we methylketon, doch ook in ikan gaboes en ikan sepat (volgens de „roodwaarde" van de salicylaldehyde-reactie echter in *zeer kleine hoeveelheid*). Dit behoeft a priori niet te verwonderen, daar eventueel dezelfde reacties (of micro-organismen) hiervan de oorzaak kunnen zijn en bovendien vaak op deze droge visch schimmels aanwezig zijn, waarvan bekend is dat ze methylketonen (de z.g. „ketonranzigheid" van vetten) kunnen vormen.

Brand	Quality	Price	Merah basah	Salt or not	Putih kering	Putih basah	Fat	Units. Red. (Methyl Ketones)	pH	Total N-bases	NH_3	Total amines	Tert. amines	Prim. + sec. amines.	Prim. amines	Remarks
PrI	good	high	+	+	—	—	7,7	4,6	—	10,6	8,2	2,4	0,6	1,8	—	
PrII	good	high	+	—	—	—	8,37	4,6	—	7,0	3,6	3,4	0,6	2,8	—	
TII	bad	low	—	—	+	—	6,9	2,6	—	13,2	10,8	1,4	1,6	0,8	—	lelaki, high fat content (failure as merah basah).
OI	good	high	—	—	—	+	2,5	2,9	—	3,2	2,2	1,0	0,6	0,4	—	smell bad, not very basah, hard.
OII	good	high	+	+	—	—	high	—	—	6,6	3,4	3,2	0,5	1,7		
OII	good	high	—	—	—	+	2,1	2,9	—	3,4	2	1,4	0,4	1,0	0,25	not very basah, hard.
OII	bad	low	+	—	—	—	—	—	—	3,6	2,4	1,2	0,4	0,8	0,45	
OIII	bad	low	+	—	—	—	—	3,8	6,6	15,3	—	—	—	—	—	soon rotten, thence low price.
OIII	good	high	+	—	—	—	—	5,0	6,0	4,8	—	—	—	—	—	
OIII	good	high	—	—	—	+	6,5	4,9	6,0	—	—	—	—	—	—	really basah, strong smell developed in pulp.
OV	mode-rate	low	—	—	+	—	2,8	1,9	6,6	18,5	—	—	—	—	—	beginning to decay, smell of trassi.
OV	bad	low	—	—	+	—	2,7	1,7	6,0	3,5	—	—	—	—	—	very durable, small specimens.
OV	good	high	+	—	—	—	14,5	3,5	5,9	9,0	—	—	—	—	—	
OVI	good	high	+	—	—	—	5,2	3,1	6,5	13,0	—	—	—	—	—	acc. to information: not durable.
OVII	bad	low	—	—	—	+	2,3	1,7	6,3	10,2	—	—	—	—	—	slightly basah, very hard.
OVIII	good	high	+	—	—	—	13,3	—	6,4	10,2	—	—	—	—	—	
—	good	—	+	—	—	—	5,4	—	6,4	9,3	—	—	—	—	—	subjective judgment, personally prepared, raw fat content 4,5%, methylketone determin. unreliable.
OIX	good	high	+	—	—	—	10,0	3,3	6,4	9,7	—	—	—	—	—	lelaki, very fat however. Methylketone determination unreliable.
—	good	—	+	—	—	—	8,9	3,7	6,2	8,3	—	—	—	—	—	
—	good	—	+	—	—	—	7,6	3,3	6,4	7,7	—	—	—	—	—	subj. judgment. prep. by Seafisheries Institute.
OX	good	high	—	—	—	+	3,4	2,2	6,2	7,7	—	—	—	—	—	
PrV	good	high	from lajang				3,2	4,6	—	10,6	8,0	2,6	0,6	2,0	—	old
TIIC	good	high	lajang				4,8	2,2	—	3,8	2,4	1,4	0,6	0,8	—	fresh.

Explanation of table.

In the table only part of the figures is mentioned.

The trade *quality* is denoted by: good, moderate or bad; as to the many factors decisive for this judgment cf. text.

The *price* varies strongly with the seasons; thence only high and low have been indicated.

In the columns 4 — 7 the *kind* of pedah is indicated.

The *fat* content refers to the pedah meat (pulp).

The *Red value* (column 9) is expressed in units Red of the Tintometer, and has been determined by means of the salicylaldehyde test of Täufel and Thaler.

The pH is determined in the meat pulp rubbed with neutral water.

As to the *determination of NH_3 and volatile amines* (columns 11 — 16) and the method of calculation cf. text. The amounts have been expressed in cm^3 0,1 n from 15 g of pulp.

As to chemical composition, quality and Red value cf. also the tables of the first publication [1]).

„Merah, basah", high fat content, and „prempuan" practically always go side by side; OIX and TII are exceptions.

High volatile base content, high pH and poor durability practically always go side by side.

„Putih kering" often seems to have a lower content of volatile total N-bases thans „merah basah".

Discussion of results.

An investigation has been described which forms the continuation of a preliminary investigation published under the same title [1]).

In the present treatise the results previously obtained are checked and extended. Pedah Siam is salted, but not dried kembung (*Scomber kanagurta* R. = k. lelaki or banyar, and *Sc. neglectus* v. K. = k. prempuan or puket), which is generally not slit open but the entrails of which have been taken out through the throat together with the gills. Pedah is imported in Java from the Straits Settlements, Siam and a small amount from Borneo (Pontianak, Pulu Laut). In Java there are principally two kinds in the market, viz. *merah basah* (tender, soft, fat and browncoloured) and *putih kering* (dry, hard and white). Especially the former, more valued kind is characterized by a typical smell and flavour and good keeping quality (i.e. while remaining packed in large crates). In the wholesale packing in which pedah arrives here it is usually not provided with extra salt. Certain qualities of pedah *merah basah* however (probably those that have been salted when less fresh, cf. former publication) arrive mixed with salt *(merah basah garam)*.

Not very much is known about the exact method of preparation; the salt fish is kept for a short time, then washed, very rapidly dried and then (very rarely therefore with new salt) packed in large crates in which during several weeks or months it undergoes a sort of maturing process. As to description and valuation of

quality, price, questions of durability etc. we may refer to the previous publication in which the outcome of our first chemical investigations has also been laid down together with various problems.

The chemical part of this investigation is now being published in greater detail and at the same time our new observations and analyses are mentioned. They concern not only the ordinary chemical analyses but also those of the volatile substances that cause the smell (acid, basic and neutral), furthermore the brown pigment of the pedah merah basah, the changes in the protein during „maturation" and also more practical questions, etc.. Those relating to protein have not yet proceeded far.

As a matter of fact it appears on further investigation that pedah merah basah contains much more fat than pedah putih kering and connected with this is the fact that the former kinds are as a rule made from kembung prempuan (the coastal species), the latter from kembung lelaki (the high sea species). On the whole both the kembung kinds, if originating from the Straits Settlements and Siam, are much fatter than the same when from the Bay of Batavia. Kembung lelaki from Siam even frequently contains more fat than kembung prempuan from Batavia. So we need not be astonished to find that some very few times there occurred a pedah merah made from (fat) kembung lelaki and also a pedah putih kering made from (lean) kembung prempuan. These seem to be exceptions.

Pedah *putih basah* (more or less soft and white) on closer examination proves to be a poorly defined product, sometimes it is hardly to be distinguished from pedah putih kering. Larger or relatively fatter specimens of kembung lelaki may however sometimes yield a somewhat softer kind of pedah which may lay some claim to the name of putih basah. Also not fully „matured" pedah merah basah which has not yet acquired the brown colour may be named thus. For the brown pigment of pedah merah basah proves to arise gradually during „maturing" from or under the influence of the kembung fat. The fatter the original material the quicker the the growth of the brown colour. The brown colour has a favourable influence on the judgment of quality and price, cf. our first publication in which the peculiar qualities of this pigment have also been pointed out. The fatter the kembung the easier it is fundamentally to prepare a good pedah merah basah. What is the lowest limit of fat content we dare not say. From kembung prempuan the meat of which had a (low)fat content of 4,5% we ware able to prepare a very good pedah merah basah.

In the above the fact was pointed out that during the preparation of the pedah the fat content (in relation to protein) increases apparently and the explanation thereof was given.

Continued chemical investigation proved that a meat pulp made from the most durable pedah qualities when rubbed with some aq. dest. will show a somewhat more acid pH (6,0 — 6,4) than that of the less durable or ageing pedah qualities (pH 6,5 — 6,6). In concord with this is the fact that the durable kinds have a lower content of volatile nitrogen bases than those that are liable to decay (cf. table).

Durable pedah putih kering has as a rule an even lower content of these bases than good pedah merah basah. The volatile nitrogen bases, which by reason of their slight quantity play practically no part in the smell (which they do however in poorly preservable or already decaying matter, which may have a decided smell of ammonia, and in „immature" pedah, which may have a strong amine- (fish) smell), consist for the greater part of ammonia besides small quantities of primary, tertiary and probably secondary amine. *The pH of the maat pulp and its total content of volatile nitrogen bases are therefore of primary importance for the valuation of the durability.*

It should be observed here that pedah in wholesale packing (the air being excluded) is far more durable than after unpacking, when the air will exercise its influence as will also infections by new micro-organisms (such as putrefactory bacteria) and mould and that consequently the quality and durability of the pedah will gradually decrease after unpacking.

A direct connection between pH, volatile bases, colour, fat, smell etc. on the one hand and price on the other hand does not exist, since size, age and outward appearance of the fish, supply and demand play a very large rôle here. Specimens of 40-60 g are apparently most requested (in view of the piecemeal sale). Larger specimens are often more difficult to sell, smaller ones contain less edible matter, etc.

The investigation as to volatile aromatic substances is being continued; in the previous publication it was already mentioned that volatile bases and fatty acids take practically no important part but that the neutral volatile compounds do, which later all of them prove to contain a carbonyl group (ketones, aldehydes). Diacetyl, acetylmethylcarbinol and epihydrinaldehyde were never present.

Good and fresh pedah qualities have a high methylketone content which by means of the very sensitive salicylaldehyde test of Täufel and Thaler[10]) can be quantiatively estimated even in traces. Bad or old pedah often has a lower methylketone content (and at the same time a higher content of volatile nitrogen bases). As to the relation between quality and methylketone content, as also to smell and methylketone development in pedah pulp etc. we may refer to the first publication.

Notwithstanding the great use and the great sensitiveness of this quantitative methylketone test (especially at the beginning of our investigation) we have so far not succeeded in demonstrating which methylketone (or mixture of methylketones) we are here dealing with, since the total amount is but slight. From 1 kg of meat pulp of a good pedah merah basah one can (without any great loss of „red value") obtain only a few mg of (even impure, oily) 2-4-dinitrophenylhydrazone of the methylketone.

On the other hand a far greater amount of butylaldehyde is present in the neutral aromatic substances (cf. preliminary communication on this subject l.c.). 3 — 9 mg of crude dinitrophenylhydrazone of butylaldehyde may be obtained from merely 100 g of pedah pulp.

By the side of these two substances (butylaldehyde and one or more methylketones) there is at least one more aromatic substance, an aldehyde of an intense odour and highly oxidizable, which however we could not isolate. This must however likewise be very slight in quantity, far slighter at least than the butylaldehyde.

The separation of little methylketone from relatively

much butylaldehyde proved to be rather difficult; through treatment with fresh, slightly alcalic silver oxide the aldehyde could however be oxidized and the fragrant methylketone was left over without any large amount thereof being lost (red value).

Since the methylketone is likely to have originated through the β-oxidation of fatty acids from kembung fat, followed by decarboxylation, it is in principle not remarkable that the methylketone concentration is more or less indicative of the quality of pedah; for as pointed out the quality is to a certain extent connected with the fat content. Moreover it is easy to see that secondary factors, such as pH, amount of volatile bases, putrefactory bacteria and other micro-organisms (which likewise denote the degree of decay, age, etc.) are of great influence on the origin of the methylketone and on its share in the smell.

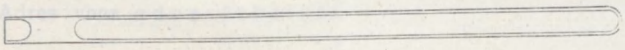
Regarding the origin of the relatively large amount of butylaldehyde no data are as yet available. The microbiological part of the present investigation has hardly been started. Not only in pedah and in nuocmam (the liquid fish product of Indo-China) did we find methylketone but also in ikan gabus and in ikan sepat (according to the „red value" of the salicylaldehyde test a very small amount however). This need not surprise us a priori since the same reactions or micro-organisms may be the cause thereof and since fungi moreover often occur on dry fish, which are known to be capable of forming methylketones (the so-called „ketone rancidness" of fats).

Laboratorium mededeeling *)

door

ir. L. H. TOLLENAAR.

Het hieronder afgebeelde roerstaafje, dat in Indië, naar mij bleek, weinig bekend is, bewijst goede diensten bij het koken van oplossingen i.p.v. de algemeen aanbevolen stukjes glas, puimsteen e.d., vooral bij kwantitatief werken. Ook vloeistoffen, waarin een neerslag is ontstaan, en die nogal eens hinderlijk plegen te stooten, koken zeer rustig.



De werking berust op het algemeene principe, dat het ontstaan van een phase in een medium wordt bevorderd door het brengen van zeer weinig van die phase in dat medium. Men moet er dus zorg voor dragen, dat zich in de uitholling steeds een weinig lucht bevindt.

*) Mededeeling van het Laboratorium voor Materiaalonderzoek.

Laboratorium mededeeling *)

I. H. TOLENAAR

Het bierondder algemeene toestaat), dat in India, naar mij bleek, weinig bekend is bewijst goede diensten bij het koken van oplossingen i.p.v. de algemeen

*) Mededeeling van het Laboratorium voor Materiaalonderzoek.

methylcarbinol and epihydrinaldehyde were never

Good and fresh pedah qualities have a high methylketone content which by means of the very sensitive salicylaldehyde test of T a u r a l and T h a l e r [12]) can be quantitatively estimated even in traces. Bad or old pedah often has a lower methylketone content (and at the same time a higher content of volatile nitrogen bases). As to the relation between quality and methylketone content, as also to smell and methylketone development in pedah pulp etc. we may refer to our first publication.

Notwithstanding the great [illegible] sensitiveness of this quantitative [illegible] test (especially at the beginning of our investigation) we have so far not succeeded in demonstrating which methylketone (or mixture of methylketones) we are here dealing with, since the total amount is but slight. From 1 kg of meat pulp of a good pedah merah basah one can (without any great loss of „red value") obtain only a few mg of (even impure, oily) 2-4-dinitrophenylhydrazone of the methylketone.

On the other hand a far greater amount of butylaldehyde is present in the neutral aromatic substances (cf. preliminary communication on this subject l.c.). 3—9 mg of crude dinitrophenylhydrazone of butylaldehyde may be obtained from merely 100 g of pedah pulp.

By the side of these two substances (butylaldehyde and one or more methylketones) there is at least one more aromatic substance, an aldehyde of an intense odour and highly oxidizable, which however we could not isolate. This must however likewise be very slight in quantity, far slighter at least than the butylaldehyde.

The separation of little methylketone from relatively