7e JAARGANG
NUMMER 8

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

AUGUSTUS
1940

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

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

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

Prijs per jaargang: *f* 20,— Afzonderlijke nummers: *f* 2,—

Redactie-adres (zonder vermelding van persoonsnamen): Huygensweg 22, Bandoeng.
Adres voor administratie en abonnementen: Bragaweg 38, Bandoeng.
Adres voor advertenties: Firma G. Kolff & Co., Batavia-Centrum.

I. ALGEMEEN GEDEELTE.

INHOUD: Theory of local plastic deformations in structural steel, door prof. ir. P. P. Bijlaard. — Het gewapend beton in den bruggenbouw in Indië, door ir. R. Roosseno Soerjohadikoesoemo. — „Een methode voor de berekening van paalsystemen" (Naschrift), door ir. R. Roosseno Soerjohadikoesoemo. — *Mededeelingen van de redactie:* Een afdeeling „Chemie en Technologie". — *Ontvangen geschriften.* — *Personalia.* — *Kon. Inst. van Ingenieurs:* Bestuursmededeelingen.

Theory of local plastic deformations in structural steel

by

prof. ir. P. P. BIJLAARD.

Summary.

Starting from quasi-isotropic plastic deformation and from the yield condition of limited shearing energy, the state of stress establishes itself in a weakened oblique section of *a wide plate* in such a manner that the oblique stress μ increases up to *the envelope* of the critical stress circles $\rho_1\rho_2$. In symmetrically situated sections the effective oblique stress μ_e increases up to *the pedal curve* of the envelope because yielding in the so-called direction of yielding is impeded. From the experimental determination of the yield direction it is concluded to the correctness of the deformation law of quasi-isotropy and from this to the correctness of the yield condition of limited shearing energy, due to Huber-v. Mises-Hencky. The planes indicated by the points of tangency of the circles $\rho_1\rho_2$ on the envelope, whose lines of transition with the wide surface of the plate show a plastic strain equal to zero, the so-called dangerous planes, are the planes with the least resistance to local plastic deformation.

In these planes both *the flow lines* and necking appear. In *thick bars* the flow lines appear just as well in the planes, which, according to the yield condition of limited shearing energy, show the least resistance to local plastic deformation. The difference between *upper* and *lower yield point* is explained. The apparent *raising of the yield point* in case of *non-homogeneous states of stress* is explained just as well with the plasticity condition of limited shearing energy. The theory forms an introduction to our *theory of the plastic buckling of plates,* which is based on this plasticity condition too.

Résumé.

Théorie des déformations plastiques et locales dans l'acier de construction.

Partant d'une déformation plastique quasi-isotrope et de la condition pour la déformation plastique du travail de transfiguration limité, le système de contraintes dans une section oblique affaiblie d'*une plaque mince*, avant que la section cède, s'établit de sorte que la contrainte oblique μ accroît jusqu'à *l'enveloppe* des cercles de contraintes $\rho_1\rho_2$ critiques. Pour des sections situées symétriquement la contrainte effective oblique μ_e accroît jusqu' à *la courbe podaire* de l'enveloppe, parce qu'une déformation dans la direction de la déformation plastique est empêchée. De la détermination expérimentale de la direction de la déformation plastique nous concluons à la justesse de la loi de déformation quasi-isotrope et de celle-ci à la justesse de la condition de la déformation plastique du travail de transfiguration limité de Huber-v. Mises-Hencky.

Les plans indiqués par les points de tangence des cercles $\rho_1 \rho_2$ à l'enveloppe, dont les lignes d'intersection avec la surface large de la plaque montrent un allongement plastique zéro, c'est-à-dire les plans dangereux, sont les plans dont la résistance est minimum par rapport à la déformation plastique et locale. C'est dans ces plans que *les lignes de Hartmann* et la striction paraissent. Aussi pour *des barres épaisses* les lignes de Hartmann paraissent dans les plans qui suivant la condition du travail de transfiguration limité montrent une résistance minimum par rapport à la déformation plastique et locale. La différence entre *les limites d'écoulement inférieures* et *supérieures* est expliquée. *L'élévation apparente du palier* en cas de *systèmes de contraintes non-homogènes* peut également être élucidée par la condition du travail de transfiguration limité. La théorie forme une introduction par rapport à notre *théorie du flambage plastique de plaques*, qui a aussi comme base la même condition pour la déformation plastique.

1. Resistance of a weakened section of a thin plate.

With respect to the calculation of the resistance of a steel plate between rivets in an oblique row [1]) we have considered the more fundamental theoretical case of a *thin plate of sufficient width*, showing a weakened strip $A\,A$, embracing an angle β with the normal plane [2]) and which may be obtained by a local reduction of the original thickness (*fig. 1*). Under a certain load minor plastic deformations will occur in the weakened strip. In consequence of this the state of stress in the strip will deviate from that in the elastic domain. The state of stress which will establish itself before the yielding of the section, that is to say before considerable deformations arise, depends, so far as the ratio and the direction of the principal stresses ρ_1 and ρ_2 are concerned, on the mechanism of the plastic deformations, and so far as their magnitude is concerned, on the plasticity condition.

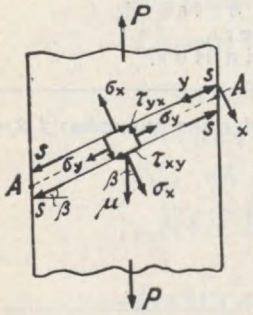


Fig. 1.

If for instance the shearing energy is assumed to be determinant for the appearance of plastic deformations, consequently that the hypothesis of Huber-von Mises-Hencky is valid, and in this connection, since there is no preference for any plane, that the material behaves quasi-isotropically under the plastic deformation, then it appeares that the state of stress establishes itself, prior to the yielding of the section, in such a manner that a maximum resistance is obtained.

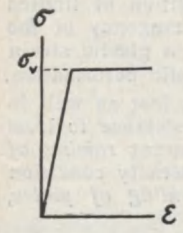


Fig. 2.

To prove this we adopt the σ,ε-diagram for structural steel subjected to pure tension according to *fig. 2* and compute the envelope of the stress circles $\rho_1 \rho_2$ of all the states of stress $\rho_1 \rho_2 0$ located at the yield point according to the yield condition of limited shearing energy. This envelope, which to the author's knowledge, has been introduced for the first time by himself in 1931 [2]), is not identical to the envelope according to Mohr, which comprises the largest stress circles and is an impossibility with the yield condition of Huber-von Mises-Hencky.

If the yield stress in case of pure tension is denoted by σ_v, the combinations of principal stresses situated at the yield point for a plane state of stress according to the mentioned yield condition are given by the equation:

$$\rho_1^2 - \rho_1 \rho_2 + \rho_2^2 = \sigma_v^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

As to the stress circles $\rho_1 \rho_2$, the following equation holds:

$$\left(\sigma - \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}\right)^2 + \tau^2 = \left(\frac{\rho_1 - \rho_2}{2}\right)^2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Partial differentiation of (2) with respect to ρ_1 gives:

$$-\left(\sigma - \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}\right)\left(1 + \frac{d\rho_2}{d\rho_1}\right) = \frac{\rho_1 - \rho_2}{2}\left(1 - \frac{d\rho_2}{d\rho_1}\right)$$

as from (1) it follows that:

$$\frac{d\rho_2}{d\rho_1} = \frac{\rho_2 - 2\rho_1}{2\rho_2 - \rho_1}.$$

Substitution of this in the foregoing equation yields:

$$2(\rho_1 + \rho_2) = 3\sigma \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Elimination of ρ_1 and ρ_2 from (1), (2) and (3) yields as equation of the envelope:

$$3\sigma^2 + 12\tau^2 - 4\sigma_v^2 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

This is obviously an ellipse with semi-axes $2\sigma_v/\sqrt{3}$ and $\sigma_v/\sqrt{3}$ (*fig. 3*).

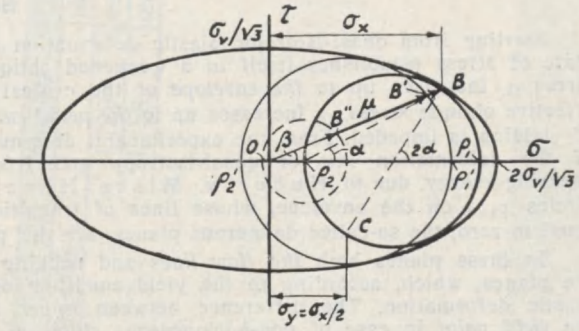


Fig. 3.

In the elastic region the state of stress in the strip, apart from the disturbances at the boundaries, is represented e.g. by the dotted circle (*fig. 3*), as the stress in the weakened plane $A\,A$ is indicated by the point B'' [3]). Thus it follows from

1) Bijlaard. *De Ingenieur* No. 8 (1931).

2) Bijlaard. *De Ingenieur* No. 37 (1931).

3) By a plane is understood in the following, a plane perpendicular to the stressless plane, unless it concerns planes of maximum shearing stress, which when ρ_1 and ρ_2 have the same sign, are not perpendicular to the stressless plane.

the equilibrium that $\angle B'' O \sigma = \arctan \tau_{xy}/\sigma_x = \beta$ and that $\mu = \sqrt{\sigma_x^2 + \tau_{xy}^2}$ represents the oblique stress in the plane $A\,A$. The stress in the plane $A\,A$ and only this one in that one plane, is consequently determined by the equilibrium, thus statically determined. For the stresses in other planes depend on the forces S, which, in view of the junction of the strip at the unweakened plate portions, are exerted by these on it, in order to keep the elongation of the strip in the direction $A\,A$ equal to that of the unweakened plate portions.

If now, with increasing tensile force P, the stress circle ($\rho_1^1\ \rho_2^1$) touches the envelope, plastic deformations will occur, which are very small and of the same order of magnitude as the elastic deformations. *The state of stress will thereupon change in such a way that prior to the yielding of the section, that is before considerable deformations occur, the oblique stress μ in $A\,A$ increases up to the envelope and the state of stress is indicated by the circle $\rho_1\ \rho_2$ that touches the envelope in B.* This may be proved as follows:

Differentiation of (4) yields for the slope angle of the envelope $d\tau/d\sigma = -\sigma/4\tau$. Thus for the slope angle 2α of the diameter BC of circle $\rho_1\ \rho_2$ we find:

$$\tan 2\alpha = -\frac{d\sigma}{d\tau} = 4\frac{\tau_{xy}}{\sigma_x} = 4 \tan \beta \quad \ldots\ldots\ldots\ (5)$$

Since point C represents the stress on a plane perpendicular to the weakened plane, the normal stress σ_y acting in the longitudinal direction of the weakened strip $A\,A$ (*fig. 1*), is consequently equal to:

$$\sigma_y = \sigma_x - \frac{2\tau_{xy}}{\tan 2\alpha} = \sigma_x - \frac{\sigma_x}{2} = \frac{\sigma_x}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ (6)$$

which relation may also be deducted from eq. (3).

Indeed σ_y should be $\sigma_x/2$ for the following reason:

As compared with the larger plastic deformations, as will be proved below, the elastic deformations may be disregarded. Thus in view of the junction at the not yet plastically deformed unweakened plate portions, the plastic elongation of the strip in the direction $A\,A$ must remain zero. For quasi-isotropic deformation, as is known, the relation between the plastic deformations and the state of stress prevailing is the same as between the deformations and stresses for an isotropic elastic material, whereby however instead of the modulus of elasticity E a variable modulus of deformation E_p appears and the coefficient of lateral contraction $m = 1/\nu$ (ν being Poisson's ratio) is equal to 2, because plastic deformations do not involve an alteration of the volume [4]). In order that the plastic strain ε_{yp} of the strip in the direction $A\,A$ be equal to zero, the following condition has to be fulfilled:

$$\varepsilon_{yp} = \frac{\sigma_y}{E_p} - \frac{\sigma_x}{2E_p} = 0 \quad \text{or} \quad \sigma_y = \frac{\sigma_x}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ (7)$$

According to equation (6) this will be the case if the stress circle in the representative point B of the weakened plane touches the envelope (*fig. 3*). *Thus the state of stress establishes itself in such a manner that a maximum resistance to deformation is obtained,* since for any other state of stress for which the stress circle should remain within the envelope, the oblique stress μ would be smaller than $O\,B$. As may be readily understood the same holds when the plate is acted upon by any arbitrary homogeneous plane system of stresses, for it is quite indifferent through which cause the oblique stress μ is produced.

4) Ro and Eichinger. Diskussionsbericht E.M.P.A. Zürich No. 34 (1929).

2. Resistance of a symmetrically situated weakened section. Direction of yielding.

In case the weakened strip has not the same direction over its whole length, but e.g. is situated symmetrically with respect to the middle of the plate (*fig. 4*), then a more favourable establishment of the stresses will be possible [1]) [2]). For it is not in conflict with the equilibrium, when the oblique stresses μ deviate over an angle γ from the direction of the tensile force P, so that they make an angle $\beta - \gamma$ with the normal on the weakened plane. Then the oblique stress μ will, according to *fig. 5*, in which the envelope (4) is drawn, get the magnitude $O\,B$, prior to the yielding of the section, corresponding with the effective oblique stress $O\,D = \mu_e = \mu \cos \gamma$ (see also *fig. 4*) in the direction of the tensile force. μ_e will now obtain an as large as possible value when the normal $B\,D$ at B touches the envelope. Whereas for a weakened strip according to *fig. 1*, the envelope (4) is the limit curve for the oblique stress μ, *in this case the pedal curve belonging to* (4), *dotted line in fig. 5, would be the limit curve for the effective oblique stress μ_e with a weakened strip according to fig. 4.*

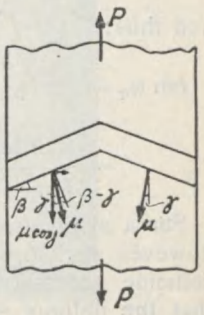


Fig. 4.

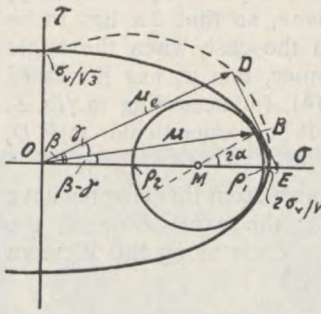


Fig. 5.

That this is indeed the case, results from the fact that, during the yielding of a weakened strip according to *fig. 1*, the lower part of the plate moves with respect to the upper part in a direction which we have termed the *direction of yielding*, and which embraces an angle ω_q with the axis of the plate (*fig. 6*). The displacement v_x of the lower portion of the plate with respect to the upper portion is namely, also in connection with (6):

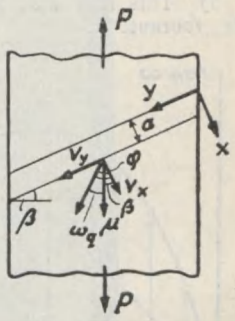


Fig. 6.

$$v_x = a\,\varepsilon_x = a\left(\frac{\sigma_x}{E_p} - \frac{\sigma_y}{2E_p}\right) = \tfrac{3}{4}\,a\,\frac{\sigma_x}{E_p}.$$

The displacement v_y in the Y-direction depends on the plastic modulus of rigidity G_p, which with $m = 2$, is equal to $G_p = \frac{m}{2(m+1)} E_p = \frac{1}{3} E_p$, so that, as according to *fig. 1*, $\tau_{xy} = \sigma_x \tan \beta$:

$$v_y = a \frac{\tau_{xy}}{G_p} = 3\, a \frac{\sigma_x}{E_p} \tan \beta.$$

Hence it follows that (*fig. 6*):

$$\tan \varphi = \frac{v_y}{v_x} = 4 \tan \beta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

and thus:

$$\tan \omega_q = \tan (\varphi - \beta) = \frac{\tan \varphi - \tan \beta}{1 + \tan \varphi \cdot \tan \beta} =$$

$$= \frac{3 \tan \beta}{1 + 4 \tan^2 \beta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

For a symmetrical position of the weakened strip however the direction of yielding will ultimately coincide necessarily with the axis of the plate, so that the oblique stress μ will have to deviate with respect to the axis of the plate over such an angle γ that this will indeed be the case. Therefore the angle φ in *fig. 6* between the direction of yielding and the normal to the strip will have to be equal to β. According to (5) and (8) $\tan \varphi = \tan 2\alpha$, when α denotes the angle between the plane upon which ρ_1 acts and the weakened plane, so that 2α has to be equal to β. This is indeed the case when the angle γ increases in such a manner, that μ_e has increased up to the pedal curve of (4), for according to *fig. 5*, then both *M B* and *O D* will be perpendicular to *B D*, so that $2\alpha = \beta$ [5]).

The conclusions to be drawn from this chapter have been of much interest for the explanation of the deformations of the Earth's crust along the Western border of the Pacific [13]).

3. Determination of the laws of deformation and of the condition of yielding.

So the stresses will always establish themselves in such a way that a maximum resistance to deformation is developed. The tangent points of the stress circles on the envelope represent always planes in which the lines parallel to the stressless plane show a plastic strain of zero:

$$\varepsilon_{yp} = \sigma_y/E_p - \sigma_x/2\,E_p = \sigma_x/2\,E_p - \sigma_x/2\,E_p = 0.$$

These planes we have termed *the dangerous planes.*

The same appeared to be the case when the maximum shearing stress was assumed to be determinant for yielding, that is to say when the hypothesis due to Coulomb was assumed and in connection with this, that the plastic deformation took place through sliding along the planes of maximum shearing stress [1]).

It should be considered as a universal *law of nature*, which however has only been proved for the elastic region, viz. the law of minimum strain energy, that the stresses in a body will generally establish themselves in such a manner that a maximum of resistance to the deformation by external forces arises.

From the experimental determination of the oblique stress μ on weakened sections it could not be decidedly concluded which yield condition was the right one; that according to Huber- von Mises-Hencky procures values which are at most 15,4% higher than those according to Coulomb. However on account of the preceding, if the actual law of deformation could be determined, the conclusion might be drawn directly with regard to the yield condition too, as this will have to be chosen in such a way that a maximum resistance to deformation is developed.

For this purpose a favourable opportunity presented itself, since $\tan \omega_q$ according to (9), through which the direction of yielding for quasi-isotropic deformation is determined, for certain values of β appeared to be over 100% higher than $\tan \omega_s$ for sliding along the planes of maximum shearing stress. As may be proved readily [1]), for $\beta < 45°$, in case of sliding along the planes of max. shearing stress through the line *A A*: $\tan \omega_s = \tan \beta$ and for $\beta > 45°$, whereby sliding takes place along the weakened plane itself, $\tan \omega_s = \text{cotan}\, \beta$. In *fig. 7* $\tan \omega_q$ and $\tan \omega_s$ have been plotted as functions of $\tan \beta$. With the aid of locally weakened test plates (*fig. 8a*, *8b* and *8c*) $\tan \omega$ has been measured by fixing to the upper part of the test bar above the weakened strip a scratch-pen and which on pulling traces a line on the lower part. The values which have been found are indicated in *fig. 7* by circles. *They are quite in agreement with what may be expected for quasi-isotropic deformation*, so that it may be concluded to the correctness of this law of deformation. At the same time we concluded from this to the correctness of the condition of yielding of Huber-v. Mises-Hencky, since only in

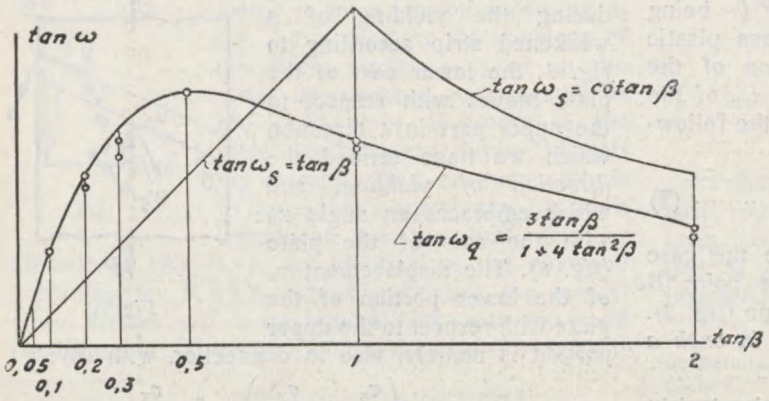


Fig. 7.

5) This may also be derived in a different way, see lit. footnote 2.

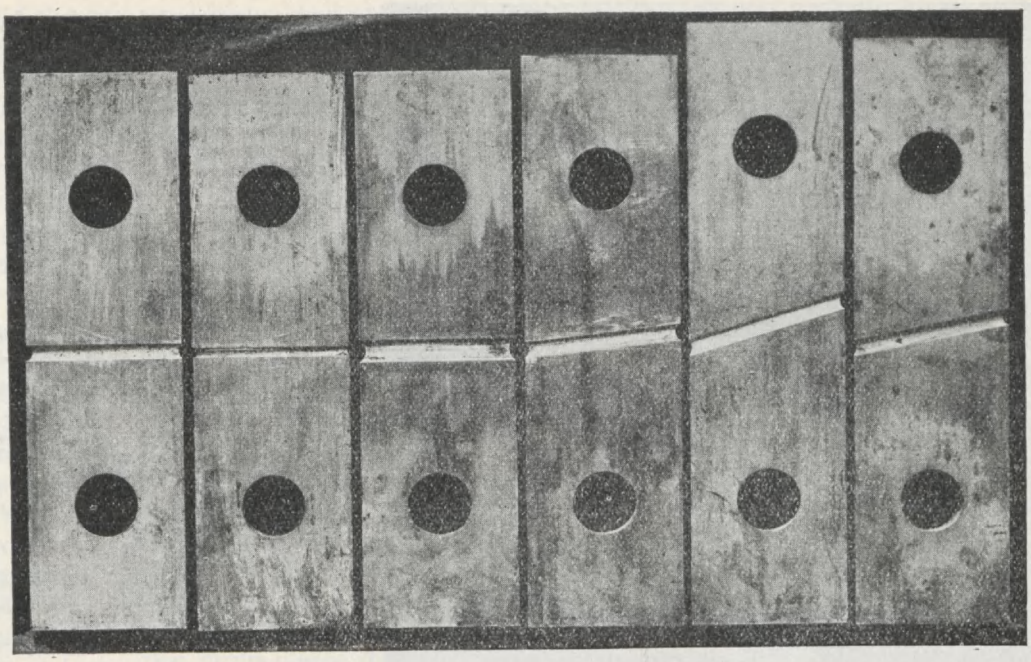


Fig. 8a.

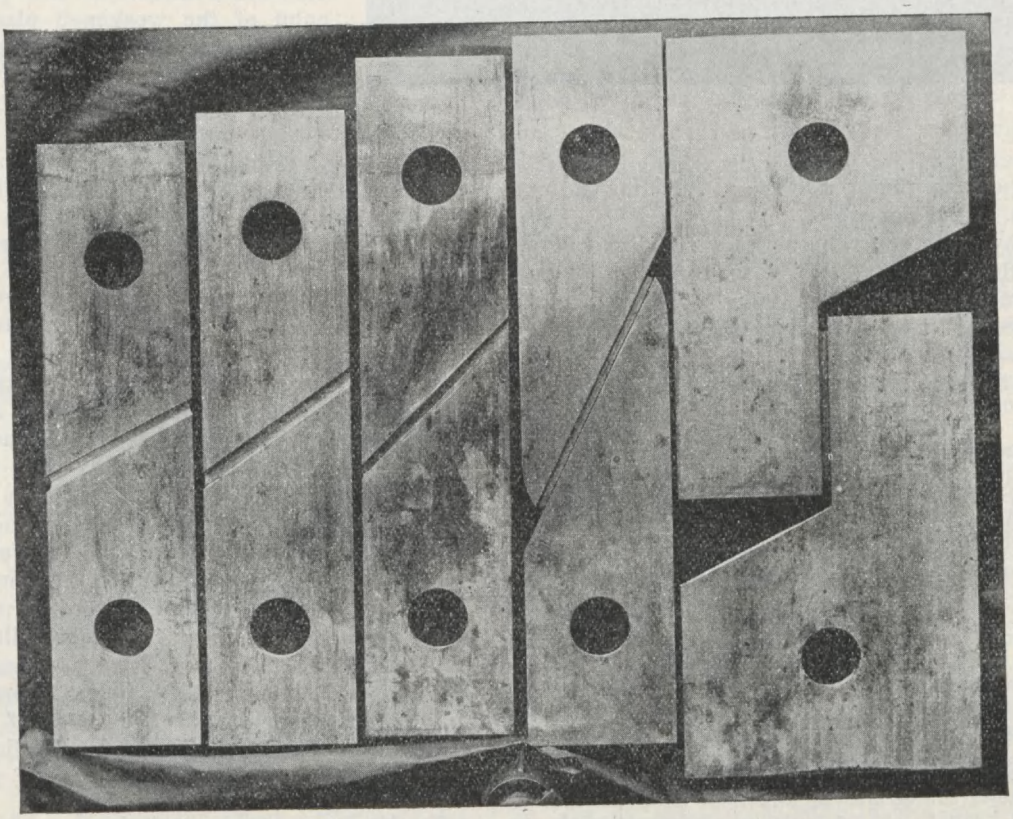


Fig. 8b.

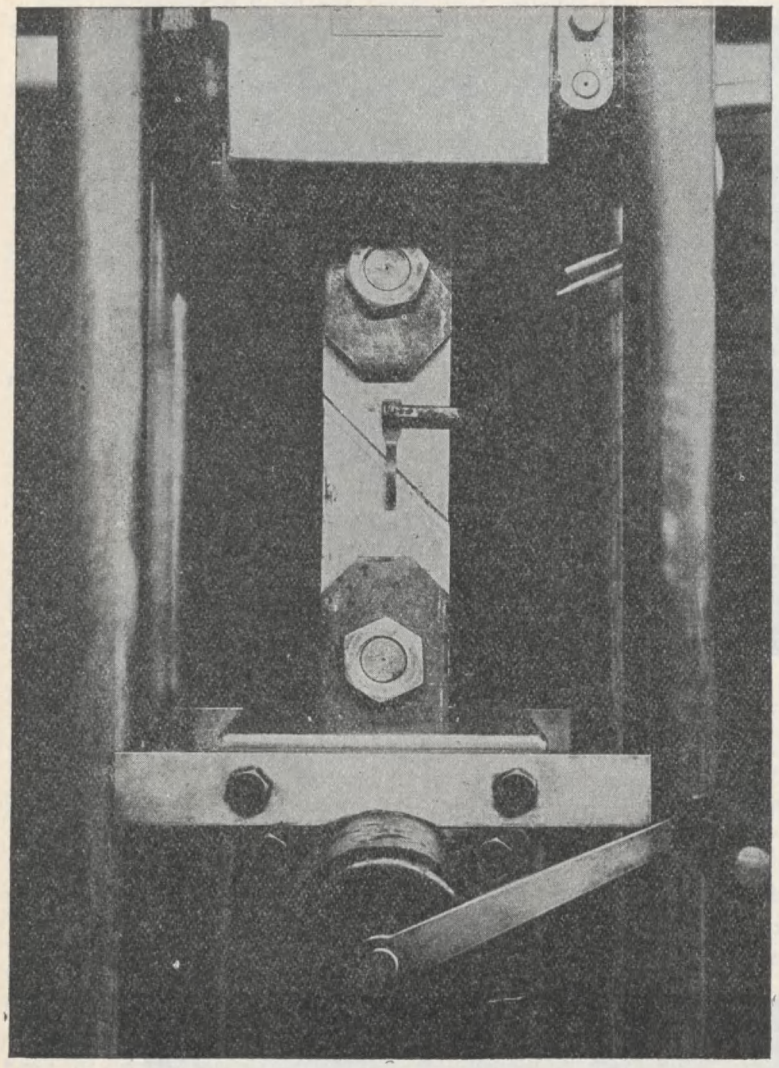


Fig. 8c.

accordance with this condition of yielding a max. resistance is developed [6]).

This may more generally be understood as follows. Since in the weakened strip, apart from disturbances at the boundaries, the same state of stress prevails everywhere and also the same plastic deformations occur, the modulus of deformation E_p for these deformations will be everywhere the same. Since the elastic deformations may be disregarded with respect to the plastic deformations, so that only in the weakened strip work is done, the stresses here will establish themselves in the same way as for elastic deformations, consequently in such a manner that the strain energy is minimum.

However for the plastic deformations, for which $m = 2$, the energy due to the change of volume is zero, so that the total strain energy is exclusively shearing energy and *so the stresses will establish themselves in such a manner, that the shearing energy becomes a minimum. Only if the function of the stresses, which becomes a minimum for plastic deformation, and it has been proved that this is the shearing energy, is assumed to be determinant with regard to yielding, the stresses will establish themselves in such a manner that under a certain load as small as possible deformations occur and consequently so that the max. resistance to deformation is developed.* At the same time it follows from this, that in that case the oblique stress μ will reach an as large as possible value, consequently will increase up to the envelope, whereby the stress circle in the representative point of the weakened plane will have to touch the envelope. In that way the tangent point of a stress circle on the envelope may always represent such a weakened plane, so that the plastic strain of the lines, situated in such a plane and parallel to the stressless plane, is always zero.

4. Influence of the elastic deformations.

That in the foregoing considerations the elastic deformations may be disregarded with respect to the plastic deformations will be explained e.g. for the case that $\beta = 0$ [6]). We adopt a σ,ε-diagram according to *fig. 2* and assume further that at any given moment the total deformation and the then prevailing state of stress determine each other reciprocally, that is to say, that the state of stress is independent of the course of deformation along which this total deformation is reached and that the components of the stress deviator are always proportional to those of the deformation deviator. According to Hohenemser and Prager however mild steel does not behave exactly in this way — as a so-called Hencky body — as after a *free* deformation, i.e. a deformation during which the ratios of the deviator components do not change, the preceding deformations have no influence on the state of stress [7]).

6) Bijlaard. *De Ingenieur* No. 23 (1933).
Also von Mises established a hypothesis from which for quasi-isotropic deformation can be concluded to the plasticity condition of Huber-von Mises-Hencky: *Zeitschrift f. angew. Math. u. Mech.* No. 3 (1928). The hypotheses of quasi-isotropy and of Huber-v. Mises-Hencky are rather well confirmed also by the well-known experiments on tubes under pressure of Roš and Eichinger: Diskussionsbericht E.M.P.A. Zürich No. 34 and Lode: Forsch. arb. V.D.I. H. 303, though for the former hypothesis in my opinion, my experiments allow a more definite conclusion, viz. 1° due to the considerable discrepancy between the results to be expected in my experiments according to the different hypotheses, leaving no doubt about the correctness of the hypothesis of quasi-isotropy (*fig.* 7), 2° in consequence of the fact that for tubes the inner and outer strains are not equal and 3° because with the tubes the strains in directions perpendicular to each other have to be measured at different points, so that due to irregularities spreading occurs.

7) Hohenemser and Prager. *Zeitschrift f. angew. Math. u. Mech.* No. 1 (1932).

They found divergences however towards the assumption of Prandtl and Reuss, according to which the preceding deformations have no influence at all, so that the increase of the plastic deformation is at any moment determined by the then existing state of stress only. For a changing state of stress a Prandtl-Reuss body will show a higher resistance than a Hohenemser-Prager body and such a body again a higher resistance than a Hencky body, so that we are perfectly safe and we may draw a more universally valid conclusion when we conceive the material as a Hencky body [8]). In our case the preceding free deformations are zero, so that a Hohenemser-Prager body will behave in the same way as a Hencky body.

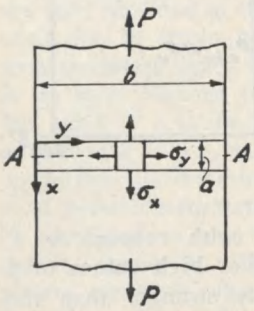


Fig. 9.

Thus in the weakened strip (*fig. 9*) the plastic strains are:

$$\varepsilon_{xp} = \frac{\sigma_x}{E_p} - \frac{\sigma_y}{2E_p} \quad \ldots\ldots\ldots \textbf{(10a)}$$ and

$$\varepsilon_{yp} = \frac{\sigma_y}{E_p} - \frac{\sigma_x}{2E_p} = \frac{2\sigma_y - \sigma_x}{2\sigma_x - \sigma_y}\varepsilon_{xp} \quad \ldots\ldots\ldots \textbf{(10b)}$$

The total strain in the *Y*-direction, including the elastic strain, is:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{ye} + \varepsilon_{yp} = \frac{\sigma_y}{E} - \frac{\sigma_x}{mE} + \frac{2\sigma_y - \sigma_x}{2\sigma_x - \sigma_y}\varepsilon_{xp} \quad \ldots\ldots\ldots \textbf{(11)}$$

So the total strain in the *X*-direction is:

$$\varepsilon_x = \varepsilon_{xe} + \varepsilon_{xp} = \frac{\sigma_x}{E} - \frac{\sigma_y}{mE} + \frac{2\sigma_x - \sigma_y}{2\sigma_y - \sigma_x}\left(\varepsilon_y + \frac{\sigma_x}{mE} - \frac{\sigma_y}{E}\right) \quad \ldots\ldots\ldots \textbf{(12)}$$

As σ_x and σ_y must continue to satisfy eq. **(1)** ($\rho_1 = \sigma_x$, $\rho_2 = \sigma_y$):

$$\sigma_y = \tfrac{1}{2}\sigma_x \pm \sqrt{\sigma_v^2 - \tfrac{3}{4}\sigma_x^2} \quad \ldots\ldots\ldots \textbf{(13)}$$

In our case σ_y will always be less than $\frac{1}{2}\sigma_x$, so the minus sign in **(13)** will have to be taken into account.

It follows from **(12)** and **(13)** that:

$$\varepsilon_x = \frac{(m-2)(3\sigma_x^2 - 2\sigma_v^2 + \sigma_x\sqrt{4\sigma_v^2 - 3\sigma_x^2}) - (3\sigma_x + \sqrt{4\sigma_v^2 - 3\sigma_x^2})\, mE\,\varepsilon_y}{2mE\sqrt{4\sigma_v^2 - 3\sigma_x^2}} \quad \ldots\ldots\ldots \textbf{(14)}$$

The value ε_y is determined in this case by the shortening in transverse direction of the unweakened plate portions. If the thickness h of the plate in the weakened strip has been reduced e.g. to one third, then a stress of $\sigma_x/3$ prevails in the unweakened plate in the *X*-direction. In the *Y*-direction compressive forces $S = \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{3}h\cdot a\cdot\sigma_y$ act in each half of the plate. The strain arising through the forces S depends on the width b of the plate, which should always be assumed to be large with respect to the thickness, and is e.g. as large as with axially loaded plates with a dimension $3a$ in the *X*-direction. So the total strain in the *Y*-direction is in connection with **(13)** [9]):

$$\varepsilon_y = -\frac{\sigma_x}{3mE} - \frac{h\,a\,\sigma_y}{18\,h\,a\,E} = -\frac{(m+12)\sigma_x - m\sqrt{4\sigma_v^2 - 3\sigma_x^2}}{36mE} \quad \ldots \textbf{(15)}$$

According to **(12)** and apart from disturbances at the boundaries, plastic deformations will arise when $\varepsilon_y + \sigma_x/mE - \sigma_y/E$ becomes positive, consequently in connection with **(13)** and **(15)**, with $m = 10/3$, when $\sigma_x = 1{,}09\ \sigma_v$. Further, according to **(14)** and **(15)**, when $\sigma_x = 1{,}14\ \sigma_v$ and $1{,}15\ \sigma_v$ respectively, ε_x is $2{,}27\ \sigma_v/E$ and $3{,}87\ \sigma_v/E$ respectively, so with $\sigma_v = 2400$ kg/cm² 2,6 ‰ and 4,4 ‰ respectively. When increasing up to the envelope, in this case ($\beta = 0$), according to *fig. 3*, $\mu = \sigma_x = 2\sigma_v/\sqrt{3} = 1{,}154\ \sigma_v$, so that, when disregarding the elastic deformations, plastic deformations would only arise when $\sigma_x = 1{,}154\ \sigma_v$. As a matter of fact this limit is practically already reached for a strain ε_x of about 5 ‰, so that the horizontal portion of the σ_x,ε_x-diagram, extending for a linear stress to about $\varepsilon_x = 15$ ‰, lies as high as when the elastic deformations are disregarded. Since for linear stress in reality plastic deformations arise already at the proportional limit, that is below the yield point, it may be stated that due to the elastic deformations only the proportional limit of the weakened strip is reduced slightly, but that the yield point is determined by the oblique stress μ which increases up to the envelope. As may be proved, under the conditions assumed here, minor plastic deformations will arise in a weakened strip under a small angle β (*fig. 1*) when the oblique stress amounts to:

$$\mu' = \mu\sqrt{\frac{27\,075\,(1 + 3\sin^2\beta)}{(4\,900\tan^4\beta + 100\,040\tan^2\beta + 30\,556)\cos^2\beta}}$$

in which μ represents the oblique stress at the yield point of the strip, i.e. the oblique stress which increases up to the envelope.

8) Bijlaard. *Proceedings Royal Netherlands Academy of Sciences.* Vol. 41. No. 7 (1938) (English).

9) ε_y has not been substituted directly in **(14)**, because eq. **(14)** has then a more universal validity and will be used in connection with our theory on the buckling of *plates* in the plastic domain of which a treatise in English will be published in this periodical just as well.

5. Explanation for the direction of flow lines and necking in thin plates [10]).

Since, according to *fig. 3*, on the envelope the normal stress $\sigma = \mu \cos \beta$ and the shearing stress $\tau = \mu \sin \beta$, it follows from eq. (4):

$$\mu = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\sigma_v}{\sqrt{1 + 3 \sin^2 \beta}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\sigma_v}{\sqrt{4 - 3 \cos^2 \beta}} \quad \ldots\ldots\ldots (16)$$

If the section of the weakened plane AA be denoted by f_s and its projection on the normal plane by $f_s \cdot \cos \beta = f$, then for the resistance of the weakened strip we may write:

$$P = f_s \mu = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{1}{\cos \beta \sqrt{4 - 3 \cos^2 \beta}} f \sigma_v \quad \ldots\ldots\ldots (17)$$

This resistance P has been plotted down in *fig. 10* as a function of β. The area $f = f_s \cdot \cos \beta$ has for any angle β the same value, if the weakened strips are of equal thickness.

P becomes a minimum when $\cos \beta = \sqrt{2/3}$ or $\tan \beta = 1/\sqrt{2}$ and $\beta = 35°$, as also follows readily

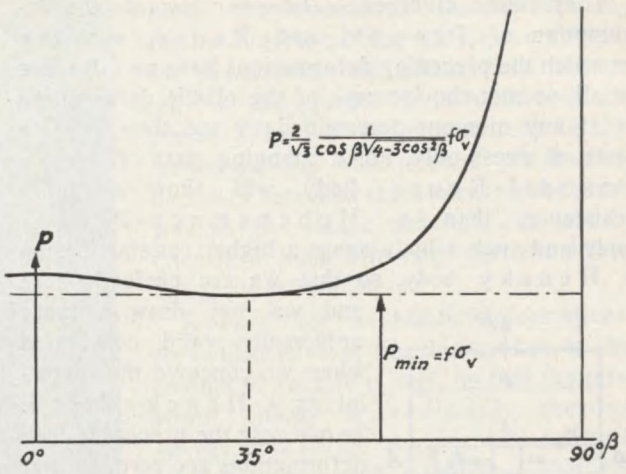


Fig. 10.

from the differentation of P with respect to β. P obtains then the value $f \sigma_v$. For high values of β the weakened strip is obviously stronger than the unweakened plate, which shows a resistance of $p f \sigma_v$ at the utmost, when the thickness of the plate h in the strip is reduced to h/p. In that case the strength of the plate is not reduced by the weakening [11]).

10) B i j l a a r d. *De Ingenieur in Ned.-Indië*, No. 6 (1935).

11) In *De Ingenieur* No. 8 (1931), the author has calculated the resistance of a plate between rivet holes in an oblique row, whose normal makes an angle β with the direction of the force, starting from the yield condition of the limited *shearing stress*. In *fig. 11* the

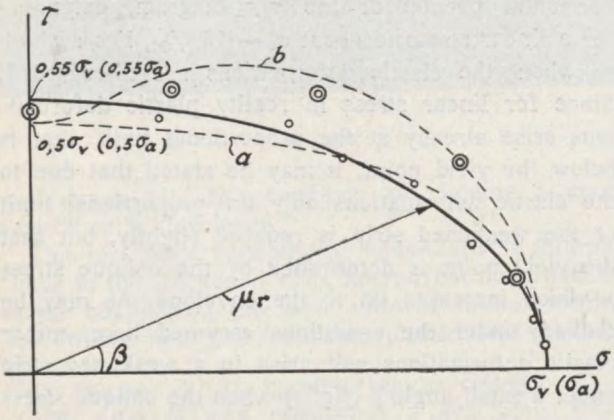


Fig. 11.

dotted line a represents the limit curve which has been determined for the oblique stress μ_r for the net section between rivet holes placed in one line; the dotted line b is the pedal curve for a and holds for symmetrically situated rivet holes. The results of the experiments carried out by the author for single and symmetrically situated rows [1]) have been indicated by single and double circles. According to the theory of the limited *shearing energy* it might be expected that for $\beta = 0$, μ_r would be in excess of σ_v, though smaller than $2\sigma_v/\sqrt{3}$, since the contraction in transverse direction cannot be prevented entirely. Nevertheless it has not been found that μ_r was in excess of σ_v, which should be attributed to the inhomogeneousness of the stress distribution in the section. For $\beta = 0$ we may for all that not permit more than the allowable stress σ_a. This comes down to a neglection of stresses σ_y acting in the direction of the line connecting the centres of the rivet holes. It is then self-evident to neglect these stresses σ_y (see *fig. 1*) also for other values of β so that $\sigma_x = \mu_r \cos \beta$, $\sigma_y = 0$, $\tau_{xy} = -\tau_{yx} = \mu_r \sin \beta$.

This stress distribution underlies the graph for such sections published in W a d d e l l, Bridge Engineering, Vol. 1, p. 295, whereby however it has been started from an incorrect yield condition. With this stress distribution, according to the yield condition of the constant shearing energy, as limit curve for μ_r the ellipse $\sigma_x^2 + 3 \tau_{xy}^2 = \sigma_v^2$ holds, which is indeed sometimes used nowadays in computations. As appears from my above mentioned publication however, specially with higher values of β, the stress will not, after plastic deformation, be uniformly distributed over the plane through the axes of the rivet holes, which may readily be understood upon examination of the possible course of the trajectories of the principal stresses. Thus we arrived at the limit curve $\sigma^2 + 3{,}3\,\tau^2 = \sigma_v^2$. (The same holds for the theory of the limited shearing stress, but on the strength of our experiments we neglected this and so got the curves a and b). The oblique stress, assumed to be uniformly distributed over the section through the connecting line of the rivet holes, will consequently, since $\sigma = \mu_r \cos \beta$ and $\tau = \mu_r \sin \beta$, not be allowed to be in excess of:

$$\mu_r = \frac{\sigma_a}{\sqrt{1 + 2{,}3 \sin^2 \beta}} \quad \ldots\ldots\ldots (18)$$

when σ_a denotes the allowable stress for linear stress. The limit curve $\sigma^2 + 3{,}3\tau^2 = \sigma_v^2$ belonging to μ_r has been illustrated in *fig. 11* by the full line. For symmetrically situated sections the pedal curve of this limit curve holds well, but for practical use it is more convenient to calculate for any section with (18).

Strictly speaking (18) holds only when failure due to fatigue has not to be feared. If however the plausible assumption is made that the influence of the secondary stresses, that is the difference between the stresses computed according to plasticity theory and elasticity theory, for values $\beta > 0$ is not greater than for $\beta = 0$, then it may be used as well in other cases (e.g. for bridges).

If now an unweakened plate of structural steel is subjected to tension, then the *flow lines* arising at the yield point and the *necking* at the point of rupture indicate the places where the material is locally plastically deformed. In these portions of the σ,ε-diagram where $d\sigma/d\varepsilon \leqslant 0$, local plastic deformations will be possible. For the plate will always show, due to minor irregularities, in some plane less resistance than in all other planes. If such a plane at the yield point gives way a little, then the resistance of this section will not increase, so that further deformations are only confined to this weakest strip. This continues until due to strain hardening the resistance of the strip increases again a little and another plane comes to its turn. Various flow lines arise in this way. At the point of rupture, where $d\sigma/d\varepsilon = 0$ just as well, an increase in resistance does not any longer occur on further deformation, therefore at that place the local plastic deformation, the so-called necking, will be confined to one single section, where finally rupture occurs as well. Since in the yield lines the plastic strain in the longitudinal direction of the flow lines, due to the junction to the not yet plastically deformed material, with a *sufficient width* of the plates, must be zero, the stresses will try to establish themselves as in a weakened section. As may be seen readily from *fig. 10*, at the yield point, so for a tensile force of $f\,\sigma_v$, only a section inclined at 35° will be able to deform plastically. In general, according to the preceding, for any arbitrary plane state of stress $\rho_1\,\rho_2$, when the yield point is reached, so that eq. (**1**) is satisfied and the relative stress circle $\rho_1\,\rho_2$ touches the envelope, the oblique stress μ' on an arbitrary plane would have to increase first to the envelope to make larger local plastic deformation possible.

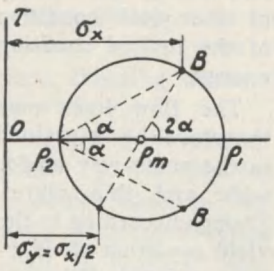


Fig. 12.

However there are two planes, represented by the tangent points of the stress circle on the envelope, for which the oblique stress μ' has already increased to the envelope. These are the planes which show the least resistance to local plastic deformation and in these planes the flow lines will appear. The necking will appear here later on as well. For these are also the only planes for which the lines coinciding with the plane of the plate show a plastic strain equal to zero and this should be just the case for the flow lines. From the fact that for these planes according to (**6**) $\sigma_y = \sigma_x/2$ it follows according to *fig. 12* that $\rho_m = (\rho_1 + \rho_2)/2 = 3\,\sigma_x/4$, so that:

$$\cos 2\,\alpha = \frac{\sigma_x/4}{(\rho_1 - \rho_2)/2} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{3\,(\rho_1 - \rho_2)}$$

as α denotes the angle between these planes and the plane on which ρ_1 acts. So:

$$\tan\,\alpha = \sqrt{\frac{\rho_1 - 2\,\rho_2}{2\,\rho_1 - \rho_2}} \qquad \ldots\ldots\ldots\

lines, so that the yielding may be visualized as the pulling from one another of merely elastically deformed lines, situated in the dangerous planes and parallel to the width of the plate.

If along the sides of the plate sufficiently large grooves are made, situated opposite each other, then a symmetrical necking and accordingly a symmetrical plane of fracture may arise (*fig. 14*). In publications in which we applied the preceding theory to *the*

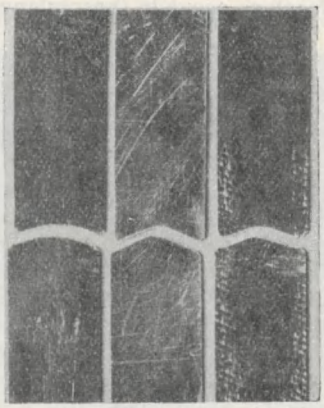


Fig. 14.

earth's crust [13]), in which in our opinion the local plastic deformations (bands of negative gravity anomalies, geosynclines, isles series, chains of mountains) will arise as well in the dangerous planes according to eq. (**19**), we have explained the origin of such planes of fracture. It should only be observed here that the necking in the middle of the plate coincides with a plane perpendicular to the axis of the plate, which is due to the fact that when the yielding, as in that case, has to take place precisely in the direction of the axis of the plate, such a plane has a smaller resistance than a symmetrically situated oblique section. For in *fig. 5* the former resistance is equal to $2\sigma_v/\sqrt{3}$ and thus always smaller than the stress $\mu_e/\cos\beta = O\,E$, which has, if working in the normal plane, the same effect as the effective oblique stress μ_e working in a symmetrically situated oblique plane.

If ρ_1 is the greatest principal stress and $\rho_2 > \rho_1/2$, then the circles $\rho_1\,\rho_2$ will not touch the envelope. Equation (**19**) gives imaginary values for this case. There is not a single plane in which $\varepsilon_{yp} = 0$. As may be seen readily the plane with the greatest principal stress ρ_1 is the plane in which μ' has relatively to increase the least to reach the envelope. Flow lines can arise only when ρ_1 increases first up to $2\sigma_v/\sqrt{3}$, that is to a higher value than is required for unimpeded yielding. So the angle α is here 0°.

6. Explanation of the flow lines in thick bars [18]).

For bars, for which the thickness is not too small with respect to the width, e.g. bars with a circular or square cross section (*fig. 15*), the flow lines for tension or compression arise in planes which make an angle of about 45° with the axis of the bar, that is approximately in the planes of maximum shearing stress. Therefore it is often assumed that for this so-called yielding in layers [14]) the yield condition of Coulomb would be valid. In that case however, the yield lines would for a wide plate make angles with the normal plane which range in value from 0° to 45°; in reality however this angle is 35°. It might also be expected that at yielding in the planes of max. shearing stress, in the flow layer indeed a sliding along these planes would take place. Then at yielding in planes perpendicular to the front surface *ABCD* of the square bar illustrated in *fig. 15*, there would be no tendency in a plastically deformed layer *EFG* ($\beta = \alpha = 45°$) to become shorter in the direction *FG*, that is in the *Z*-direction. In reality however a shortening does occur; a cross section according to the plane V_y is illustrated in *fig. 15a* [15]). This mode of deformation points to quasi isotropic deformation and thus to the validity of the yield condition of the limited shearing energy.

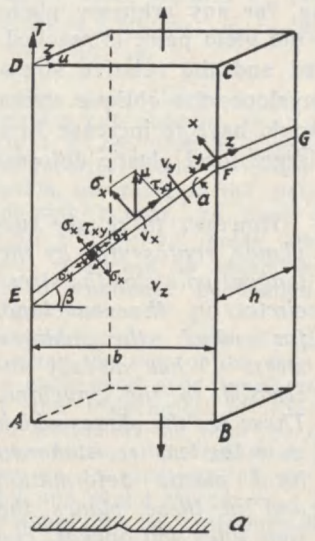


Fig. 15.

The flow lines may therefore be explained in the same way as for wide and thin plates. Though according to the yield condition of Huber-von Mises-Hencky there are no planes, which as far as plastic deformation is concerned, stand in a special position, it may be proved that *for certain planes the resistance to local plastic deformations is a minimum and these are again the planes in which the flow layers and yield lines appear.*

Suppose that in a bar under tension local plastic deformations appear in a plane *EFG*, denoted by V_x, and perpendicular to the front surface V_z (*fig. 15*).

13) Bijlaard. Rapport à l'Association de géophysique de l'Union géodésique et géophysique internationale. Congrès à Edimbourg, 1936; Travaux de l'Association internationale de géodésie, Tome 13, Fascicule 2, Rapport 8c. (French).

Bijlaard. Proceedings of the third Engineering Congress, Tokyo, 1936. p. 151 — 174. (English).

Bijlaard. *De Ingenieur in Ned.-Indië*, No. 11 and 12 (1935), No. 4, 7 and 11 (1936).

Bijlaard. *Proceedings Royal Netherlands Academy of Sciences*, Vol. 41, No. 5 (1938). (English).

Bijlaard. *Natuurkundig Tijdschrift voor Ned.-Indië*, No. 2 (1939).

Bijlaard. Netherlands India Science Council, Publication No. 14 (1939).

14) Lode. Forschungsarbeiten V.D.I. Heft 303 (1928).

Kollbrunner. Publications int. association for bridge and structural engineering, Third Volume (1935).

15) Nadai. Der bildsame Zustand der Werkstoffe, fig. 58a.

If the thickness of the flow layer is still small with respect to the lengths *EF* and *FG*, then both the plastic strains ε_{yp} and ε_{zp} will have to be equal to zero. Thus:

$$\left.\begin{aligned}\varepsilon_{yp} &= \frac{\sigma_y}{E_p} - \frac{\sigma_x}{2E_p} - \frac{\sigma_z}{2E_p} = 0\\ \varepsilon_{zp} &= \frac{\sigma_z}{E_p} - \frac{\sigma_x}{2E_p} - \frac{\sigma_y}{2E_p} = 0\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

from which follows:

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

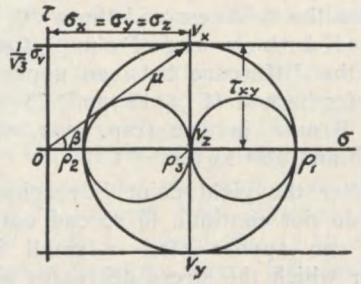


Fig. 16.

This state of stress is illustrated in *fig. 16*. Before considerable plastic deformations appear, the oblique stress $\mu = \sqrt{\sigma_x^2 + \tau_{xy}^2}$ in V_x will have to increase so that the yield condition of Huber-von Mises-Hencky:

$$(\rho_1 - \rho_2)^2 + (\rho_2 - \rho_3)^2 + (\rho_3 - \rho_1)^2 = 2\sigma_v^2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

is satisfied. According to *fig. 16:*

$$\rho_1 = \sigma_z + \tau_{xy}, \quad \rho_2 = \sigma_z - \tau_{xy}, \quad \rho_3 = \sigma_z$$

from which, after substitution in eq. (22), follows:

$$\tau = \tau_{xy} = \sigma_v/\sqrt{3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

That this must be may be seen readily, since the deviator of the state of stress is the same as with pure shearing stress, for which $\tau_v = \sigma_v/\sqrt{3}$ just as well.

Before local plastic deformations appear in any plane V_x, the shearing stress τ in that plane will therefore have to increase up to $\sigma_v/\sqrt{3}$ and the oblique stress μ acting on it will have to increase until it reaches one of the lines $\tau = \pm \sigma_v/\sqrt{3}$ (fig. 16). Consequently these lines form the limit curve for μ.

Since it is indifferent whether the oblique stress μ is due to pure tension in the bar or due to any other arbitrary homogeneous state of stress, the preceding holds for any arbitrary state of stress which might act on the bar.

Since according to eq. (23) *flow lines appear as soon as the shearing stress in any plane becomes equal to $\sigma_v/\sqrt{3}$, they will therefore appear in the planes with max. shearing stress, consequently in the same planes in which according to the hypothesis of Coulomb the sliding planes would arise.*

That, e.g. for a thick bar subjected to tension, the flow lines will lie in planes inclined at 45° with the axis, may be understood as well as follows. In *fig. 15* the contraction in the Z-direction is impeded anyhow. Thus $\varepsilon_{zp} = 0$. If now the plastic deformation in the strip were not impeded further on, the directions *T* and *U* (*fig. 15*) for the deformation strip would remain directions of principal stress, for which the plastic strains are denoted by ε_{tp} and ε_{up}. Since $\varepsilon_{tp} + \varepsilon_{up} + \varepsilon_{zp} = 0$, it follows that $\varepsilon_{up} = -\varepsilon_{tp}$.

The plastic unit strain ε_{yp} is now:

$$\varepsilon_{yp} = \varepsilon_{up}\cos^2\beta + \varepsilon_{tp}\cos^2(90 - \beta) = \varepsilon_{tp}(\sin^2\beta - \cos^2\beta).$$

The plastic deformation will not any longer be impeded when $\varepsilon_{yp} = 0$ and consequently $\tan\beta = \pm 1$, that is when $\beta = \pm 45°$.

Obviously the flow layers will in general appear in the planes of max. shearing stress when their width *a* (*fig. 15*) is still small with respect to the thickness *h* of the bar, whilst when *a* is of the same magnitude as *h*, so that the contraction in the direction of the thickness is almost not impeded (any longer), for a plane state of stress they will appear in the planes according to eq. (19).

Since yielding is impeded only in the direction *FG* (*fig. 15*), the flow layers will establish themselves in such a way for a bar with rectangular cross section, that this impediment is as small as possible, *so such that the horizontal lines FG appear along the narrow sides and so the lines inclined at 45° along the wide sides, which is in agreement with the observations. Fig. 17,* taken from the book of Nadai [16]), illustrates the course of the yield lines. First of all the dark thin lines *a* appeared. These lines have consequently, according to the preceding, to be inclined at 45°, which is indeed the case. Afterwards the lines *b* appeared, which extended up to the broad strip *c*, shaded in *fig. 17*. This will have to be inclined at about 35° with the normal plane of the bar, which is indeed the case.

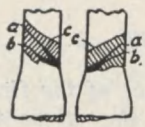


Fig. 17.

7. Yield conditions for local yielding. Upper and lower yield point.

Instead of the yield condition (1), holding for unimpeded yielding, when the stress circles for unimpeded yielding do not touch the envelope, namely when ρ_1 and ρ_2 have the same sign and $2\rho_1 > \rho_2 > \frac{1}{2}\rho_1$, for *local yielding* comes with *thin plates* the condition: $\rho_2 < 2\sigma_v/\sqrt{3}$ or $\rho_1 < 2\sigma_v/\sqrt{3}$ (Chapter 5). As in *fig. 18* the ellipse represents the limit curve for unimpeded yielding, the figure *SABASABAS*, in *fig. 19* indicated separately, represents the limit curve for local yielding in the yield lines.

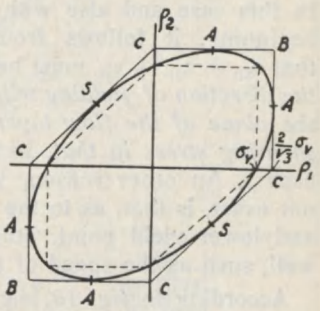


Fig. 18.

16) Nadai. l.c. fig. 55.

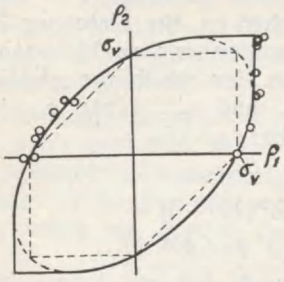


Fig. 19.

With *thick bars*, instead of the conditions (**1**) or (**22**), for local yielding the condition (**23**) holds, so that therefore the difference of the ultimate principal stresses has to reach the value $2\,\sigma_v/\sqrt{3}$. The geometric interpretation of this yield condition in the $\rho_1\,\rho_2\,\rho_3$ space is a six-sided prism, that is circumscribed around the circular cylinder which represents the yield condition (**22**). For plane states of stress the limit figure is the hexagon *CBCCBC* (*fig. 18*), circumscribed around the ellipse (**1**). The limit figure of Coulomb is dotted in *fig. 18*. For the so-called yielding in layers this latter hypothesis is only *apparently* valid. In the σ,τ-diagram the envelope of the critical stress circles $\rho_1\,\rho_2$ for local yielding for plane states of stress consists of two straight lines $\tau = \pm\,\sigma_v/\sqrt{3}$ and two semi-circles with radii $\sigma_v/\sqrt{3}$ and center points at $\sigma = \pm\,\sigma_v/\sqrt{3}$ respectively (*fig. 20*). The yield lines in the stressless plane of the bar, being the lines of transition of it with the planes of max. shearing stress, occur here as well in the planes, indicated by the tangent points of the circles $\rho_1\,\rho_2$ on the envelope.

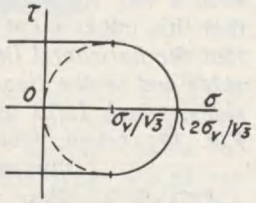


Fig. 20.

The stress required for the appearance of the first yield lines is the upper yield point, the stress to which the yield stress decreases on further spreading of it, whereby the contraction is practically not impeded any longer, is the lower yield point. The upper yield point and, comparitively speaking, probably also the elastic limit are consequently determined by the limit figures for local yielding, the lower yield point consequently by those for unimpeded yielding.

The limit figures for local yielding are of a qualitative value only, since e.g. the hexagon *CBCCBC* in *fig. 18* will hold exactly only for very *thick* bars, in which in the beginning very *thin* yield lines appear. In this case and also with thinner bars in the very beginning, it follows from eq. (**20**) and the fact that $\varepsilon_{xp} + \varepsilon_{yp} + \varepsilon_{zp}$ must be zero, that $\varepsilon_{xp} = 0$, so that *the direction of yielding with thick bars coincides with the plane of the flow layer and the direction of the shearing stress in that, so that indeed a real sliding occurs.* An other reason, why the limit figures are not exact, is that, as to the difference between upper and lower yield point, other factors play a part as well, such as the speed of testing and such like [17]).

According to *fig. 18*, e.g. for *thick* bars subjected to tension, a difference between upper and lower yield stress will appear, whereas for thin plates this is not the case. We found this proved by experiments carried out by ourselves [18]). For bars 24 × 24 mm² in size we found a difference between upper and lower yield stress; with bars 24 × 3 mm² and 24 × 1,5 mm², cut from the same material, we found no difference. The tests of Bach [19]), indicated in *fig. 21* (each value is an average of three), show clearly that the difference between upper and lower yield stress is smaller if the ratio between the thickness and the width of the bars is smaller. Körber and Pomp found for instance for the difference between upper and lower yield point for bars of 18 × 18 mm², 25 × 12,5 mm² and 36 × 9 mm² in size resp. max. 400 kg/cm², 250 kg/cm² and 160 kg/cm² [20]).

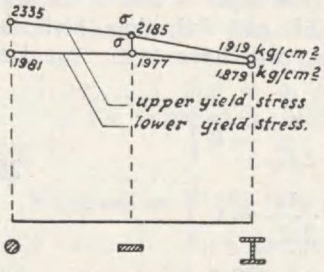


Fig. 21.

When, after the yield point is reached, the first flow lines do not continue to spread out, additional flow lines can appear after a small increase in stress, after which the stress decreases again, which may elucidate the fluctuations in the σ,ε-diagram at the yield point [21]).

The limit figure *SABASABAS* in *fig. 18* and *19* will hold for *thin* plates for the upper yield point and apparently for the proportional limit. Experiments carried out with soft steel tubes, which refer to the proportional limit, have been taken by Becker [22]). They have been indicated in *fig. 19* by small circles. They are very satisfactorily approximated by the new limit figure *SABASABAS*, if σ_v represents the proportional limit in tension.

8. Apparent raising of the yield point in cases of stress concentration.

Tests of Eiselin [23]) and Bierett [24]) showed apparently, that the material at the boundary of a rivet hole in a steel plate subjected to tension, behaves elastically as far as the stress concentration at the boundary has increased far above the elastic limit which is determined from the ordinary tensile test with prismatical or cylindrical test pieces. The same phenomenon appears with other cases of non-homogeneous stress distribution, as e.g. with bars subjected to bending. From tests of Rinagl [25]) and Chwalla [26]) it appeared however, that if the

17) Körber. Congress for testing materials, Amsterdam (1927).

18) Bijlaard. *De Ingenieur in Ned.-Indië*, No. 8 (1936).

19) Bach. Elastizität und Festigkeit p. 164, fig. 22.

20) Körber and Pomp. Mitt. Kaiser Wilhelm Inst. f. Eisenforschung (1934).

21) Frémont (Le Génie Civil, No. 8, Tome 82 — 1923) gives another explanation of the fluctuations in the σ,ε-diagram at the yield point, which however, as we have proved, (*De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 8 — 1936) is in conflict with the experience.

22) Becker. University of Illinois. Bulletin No. 85 (1916).

23) Eiselin, *Der Bauingenieur*, p. 250 (1924).

24) Bierett, Mitt. Deutsche Materialprüfungsanstalten, Sonderheft XV (1931).

25) Rinagl, *Der Bauingenieur*, p. 431 (1936).

26) Chwalla, *Der Bauingenieur*, p. 515 (1936).

maximum stress has in some degree surpassed the yield stress, very small plastic deformations really occur. These are however too small to be discovered by the ordinary methods. These phenomena are explained by our theory as well [27]). In brief our explanation is as follows.

On account of the impediment of the plastic deformation in one direction — compare the direction *FG* in *fig. 15* — plastic deformation strips will as a rule require a linear stress of $2\,\sigma_v/\sqrt{3} = 1{,}154\ \sigma_v$, if σ_v is the lower yield stress. In general they will require a shearing stress τ in the plastically deformed layer of $\sigma_v/\sqrt{3} = 0{,}577\ \sigma_v$ (compare Chapters 6 and 7). If however in the region of stress concentration this shearing stress is attained, a relative motion in the direction of yielding, i.e. *a sliding in the plane of the maximum shearing stress, is still impossible,* because it is impeded by the joining elastic material. *With increased loading the normal stress σ in the plane, which is satiated with shearing stress, will now increase further;* indeed *fig. 16* shows that the normal stress σ does not exert influence with the plastic deformation of the flow layer. For this reason, e.g. with the bent plate in *fig. 22,* the forces *C* and *T,* acting in the planes *V* which are satiated with shearing stress, will deviate an angle γ' from their original horizontal direction. Only if several other planes are satiated with shearing stress, which will depend on irregularities in dimensions and material and after which the maximum bending stress σ_{max} will be considerably higher than $1{,}154\ \sigma_v$, a measurable plastic deformation will be possible.

27) Bijlaard; *De Ingenieur in Ned.-Indië,* No. 8 (1939).

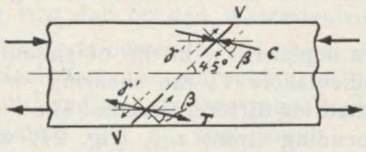


Fig. 22.

With the middlemost part of the plate in *fig. 23,* which is subjected to pure bending, the shearing stress $\sigma_v/\sqrt{3}$, required for local plastic deformation, will be attained first in the planes parallel to the *Y*-axis and embracing an angle of 45° with the middle plane of the plate. In connection with irregularities e.g. the plane *V* in *fig. 24* will be satiated first with shearing stress. *Thus with increasing bending moment it will not be able to transfer any more shearing stress.* However a sliding is not possible, even if the satiated plane would extend over the entire oblique section of the plate, because the parts of the plate at both sides of the plane should be moved by the shearing stresses in the directions of the arrows in *fig. 24,* thus above and

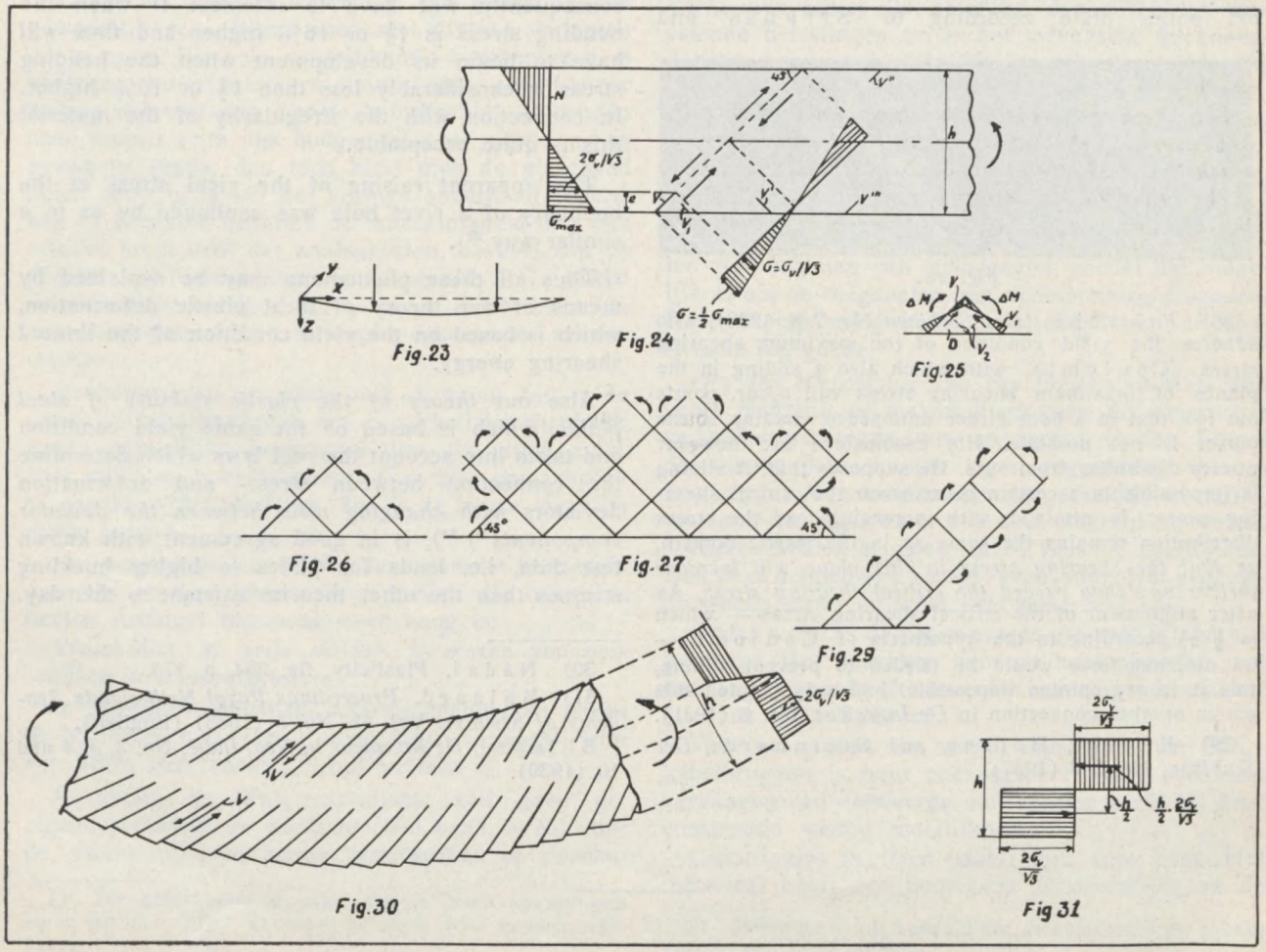


Fig. 23 Fig. 24 Fig. 25

Fig. 26 Fig. 27 Fig. 29

Fig. 30 Fig. 31

below the middle plane in opposite directions [28]). With increasing load the shearing stress τ in V will remain constant. The normal stress σ however will, according to the preceding, increase almost in the same way as in the elastic domain. Gradually other planes, e.g. V', V'' and V''' will now be satiated with shearing stress. However here a sliding is neither possible.

Only if in a plane V_1, in the neighbourhood of V and perpendicular to V, the shearing stress attains its limit, something different occurs. The then existing maximum bending stress σ_{max} (*fig. 24*) will depend on the regularity of the material. Tests indicate that generally flow lines develop easier in one direction than in the other one [29]). When the plane V_1 intersects V, the prism D, separated by that means, will not yet be able to move with respect to the remaining part of the plate in the directions of yielding, indicated in *fig. 25* by arrows. With further increasing load, the extra normal stresses $\triangle \sigma$, which the planes V and V_1 are still able to transfer, will have to form pure moments $\triangle M$. Indeed otherwise the shearing stress in these planes would have to increase, *which is impossible*. Nevertheless the shearing stresses in the planes V_2 (*fig. 25*) will increase by those means. In this way the planes, indicated in *fig. 26* by another scale, will be satiated with shearing stress. Finally several intersecting flow layers will be formed (*fig. 27*). That such flow layers are formed indeed follows from the etching of a section of an old boiler plate according to Strauss and

Fig. 28.

Fry [30]), represented in *fig. 28*. The interjacent elastically deformed parts are bent by the extra moments $\triangle M$ (*fig. 29*), so that a sliding in the planes V is possible now, as is shown in *fig. 30* for planes V in one direction only.

When the planes V nearly extend to the middle plane and if they are sufficiently numerous, so that the interjecent parts practically have no resistance to bending, the bending moment, as far as no strain hardening occurs, will approach according to *fig. 31* to $\frac{h^2}{4} \frac{2\sigma_v}{\sqrt{3}}$ per unit breadth.

For a bar a similar reasoning is valid. If however the flow layers acquire a sufficient breadth, the plastic deformation in Y-direction is impeded no more, so that the bending moment approaches only to $\frac{h^2}{4} \sigma_v$.

We will certainly be not far from the truth, if we suppose that the plate or bar behaves elastically until the plane V_1 intersects the plane V. According to the tests of Rinagl [25]), steel bars behaved elastically until the maximum bending stress attained values varying between $1{,}17\,\sigma_v$ and $1{,}34\,\sigma_v$. If the satiated plane V begins its development with a bending stress $2\,\sigma_v/\sqrt{3} = 1{,}154\,\sigma_v$, the plane V_1 consequently will have to intersect V when the bending stress is $1\frac{1}{2}$ or 16% higher and thus will have to begin its development when the bending stress is considerably less than $1\frac{1}{2}$ or 16% higher. In connection with the irregularity of the material this is quite acceptable.

The apparent raising of the yield stress at the boundary of a rivet hole was explained by us in a similar way [27]).

Thus all these phenomena may be explained by means of our theory of local plastic deformation, which is based on the yield condition of the limited shearing energy.

Also our *theory of the plastic stability of steel plates,* which is based on the same yield condition and takes into account the real laws which determine the connection between stress- and deformation deviators *with changing ratio between the deviator components* [8]) [31]), is in good agreement with known test data, i.e. leads for plates to higher buckling stresses than the other theories existant to this day.

28) Fritsche (*Der Stahlbau* No. 7/8, 1938), who adheres the yield condition of the maximum shearing stress (Coulomb), with which also a sliding in the planes of maximum shearing stress will occur, points out too, that in a bent girder unimpeded yielding at the outset is not possible. His conclusions are however utterly dissimilar from ours. He supposes that, if sliding is impossible in a certain plane when the critical shearing stress is attained, with increasing load the stress distribution remains the same as in the elastic domain, *so that the shearing stress in this plane will increase further and thus exceed the critical shearing stress.* As after attainment of the critical shearing stress — which is $\frac{1}{2}\,\sigma_v$ according to the hypothesis of Coulomb — an external force would be needed to prevent sliding, this is in my opinion impossible. I already pointed this out in another connection in *De Ingenieur,* No. 8 (1931).

29) Kayser, Herzog and Steinhardt, *Der Stahlbau*, No. 5/6 (1937).

30) Nadai. Plasticity, fig. 234, p. 176.

31) Bijlaard. *Proceedings Royal Netherlands Academy of Sciences.* Vol. 41. No. 5 (1938) (English).
Bijlaard. *De Ingenieur in Ned.-Indië,* No. 2, 3, 4 and 10 (1939).

Het gewapend beton in den bruggenbouw in Indië

door

ir. R. ROOSSENO SOERJOHADIKOESOEMO.

Het gewapend beton is in de laatste 7 jaren in Indië een voorname rol gaan spelen in den bruggenbouw. De Rubbergelden en 25-millioenfondsen hebben er het hunne toe bijgedragen, om overbruggingsplannen, die reeds lang bestonden, ten uitvoer te brengen.

Op Java, Sumatra en Borneo zijn in bedoelde periode diverse groote bruggen gebouwd.

De vraag rijst in de eerste plaats: Waarom werd het materiaal gewapend beton gekozen?

Het feit, dat een kunstwerk in gewapend beton een meer permanent karakter draagt dan dat in hout of ijzer is één van de voornaamste factoren, die er toe hebben geleid om de keuze op dat materiaal te doen vallen.

Het is een ieder wel bekend, dat een gewapend beton constructie — mits goed uitgevoerd — zoo goed als geen onderhoud behoeft.

De jaarlijksche onderhoudskosten van houten en ijzeren bruggen zijn niet gering. Denkt men zich nu deze kosten gekapitaliseerd, dan komt het bouwmateriaal gewapend beton nog in een gunstiger daglicht te staan.

Zooals het met het ontwerpen van groote werken gewoonlijk gaat, begint men met diverse varianten na te gaan. Bij vele vergelijkende berekeningen is gebleken, dat uitvoering in hout of ijzer geen kleiner bedrag oplevert aan *directe* bouwkosten. Al zouden deze kosten zelfs iets hooger zijn bij uitvoering in gewapend beton, dan toch kiest men de gewapend beton constructie om het geringe onderhoud. Voorts kan in bepaalde gevallen de omstandigheid, dat een relatief groot deel der aanlegkosten, besteed aan de diverse hoofdmaterialen (zand, grind, P.C., bekistingshout), in het land blijft, en i.c. direct onder de bevolking komt, ertoe bijdragen deze keuze te versterken.

De kosten van een bouwwerk in beton zijn in de eerste plaats afhankelijk van de verkrijgbaarheid van goede natuurlijke bouwmaterialen als grind, zand, zoet water en bekistingshout. Zijn deze gemakkelijk of goedkoop te verkrijgen, dan is de keuze eigenlijk reeds gedaan.

Het wapeningsijzer en Portland cement hebben in normale omstandigheden een prijs, die over den heelen Archipel nagenoeg even hoog is.

Verschillen in prijs duiden in wezen aan verschillen in transportkosten.

In bijzondere gevallen, waarbij spanningen boven de 50 meter *ineens* moeten worden overbrugd, wint een lichte ijzerconstructie het weleens [1]).

Aangezien de Waterstaatsdienst zelf geen geëigend personeel en werkmateriaal bezit, is hij voor de uitvoering van groote betonwerken op particuliere aannemers aangewezen. Het toezicht op de uitvoering rust dan op den Waterstaatsingenieur.

We willen eerst een korte beschouwing geven over het materiaal *hout* met betrekking tot den bruggenbouw. In dit land zijn diverse goede houtsoorten, die zich uitstekend voor dit doel leenen. Voor kleine bruggen en noodbruggen vormt hout het aangewezen materiaal.

In de oorlogsjaren 1914—'18, toen het constructieijzer moeilijk, zoo niet onmogelijk te verkrijgen was, heeft de Waterstaat zijn aandacht geconcentreerd op den bruggenbouw in hout.

Voor kleine overspanningen wordt de gewone liggerconstructie toegepast, terwijl men voor grootere overbruggingen zijn toevlucht moet zoeken tot een vakwerkconstructie.

De moeilijkheid van het maken van een houten vakwerkconstructie zit in het construeeren der knooppunten.

In de burgerlijke bouwkunde, waar men hoofdzakelijk werkt met statische lasten, worden de knooppunten vaak niet zuiver uitgevoerd [2]), hetgeen de uitvoering vergemakkelijkt. In den bruggenbouw werkt men echter met statische, dynamische en wisselende belastingen en is het gewenscht de knooppunten zoo goed mogelijk te construeeren. Dit laatste is slechts mogelijk met behulp van ijzer.

Voor een brug van 20 meter in hout heeft men bijv. per m^3 hout 140 kg ijzer noodig.

Het meest geschikte vakwerktype voor grootere overbruggingen is wel de H o w e-ligger. Deze is een parallelligger met dubbele diagonalen. De verticalen zijn voorzien van trekstangen, zoodat het mogelijk is om de diagonalen een voorspanning te geven. Deze voorspanning komt de stijfheid van de constructie ten goede.

Om den levensduur van een houten vakwerk zoo groot mogelijk te maken dient men de constructie te beschermen tegen zons- en weersinvloeden. Vooral de knooppunten moeten tegen regeninslag worden beschermd. Men construeert dan een dak of luifel, teneinde het regenwater zoo veel mogelijk te weren.

Kleine houten bruggen rusten vaak op paaljukken. Ook deze hebben een korten levensduur. Het gedeelte „tusschen water en wind" verweert zeer snel.

Onder water is de paalworm de grootste vijand van het hout. Het bedekken van het houtoppervlak met een laag cement heeft niet zoo'n bevredigend resultaat als vaak wordt beweerd.

Voor het maken van verstijvingsliggers van lichte kabelbruggen is hout zeer geschikt. Het eventueel vervangen van verweerde onderdeelen biedt bij deze constructie weinig moeilijkheden.

Constructies in *ijzer* (*staal*) zijn zeer licht. Het materiaal heeft een homogene samenstelling en de

1) Dit geldt voor de max. toe te laten spanningen $\sigma_b = 40$; $\sigma_y = 1200$ en voor bruggen voor gewoon verkeer.

2) Hiermee wordt bedoeld dat de systeemlijnen elkaar niet in een punt snijden.

eigenschappen zijn zoo goed onderzocht en bekend, dat de constructeur zeer lage zekerheidscoëfficiënten toepassen kan en het materiaalverbruik dus klein is.

Tegen weersinvloeden wordt het ijzer beschermd door een verflaag. Wordt deze beschermende laag beschadigd en niet goed onderhouden, dan treedt het roestverschijnsel op. De levensduur van een ijzerconstructie is primair afhankelijk van het onderhoud. Zeelucht in het bijzonder is zeer agressief.

Het nadeel van *gewapend beton* als bouwmateriaal in den bruggenbouw is wel het groote soortelijk gewicht tegenover de relatief lage toe te laten spanningen.

De krachten en momenten in een constructie worden teweeggebracht door de rustende en de mobiele (of nuttige) belasting.

De rustende belasting bestaat voor het grootste deel uit het gewicht van de constructie zelf, dus het bouwmateriaal.

Voor een brug voor gewoon verkeer van 20 meter, breed 4,30 m, geschikt voor wegklasse II heeft men bijv.:

	rust. bel.	mob. bel.	verh.
voor uitvoering in hout	43 ton	36 ton	1,2 : 1
voor uitvoering in ijzer	36 ton	36 ton	1,0 : 1
voor uitvoering in gew. beton	108 ton	36 ton	3,0 : 1

Uit dit getallenvoorbeeld blijkt dat de gewapend beton brug wat de verhouding rustende belasting: mobiele belasting betreft zeer ongunstig afsteekt.

Dit is dan ook één van de redenen dat men een gewapend beton brug vaak reeds direct berekent voor een hoogere wegklasse. Een andere reden is dat betonbruggen moeilijker te versterken zijn dan ijzeren en houten.

De keuze van den onderbouw wordt vanzelfsprekend ook door de boven reeds genoemde factoren beheerscht. Het gaat meestal om de keuze tusschen drie fundeeringstypen:

1. Fundeering op staal;
2. Fundeering op putten of caissons;
3. Fundeering op gewapend beton palen.

Fundeering op staal is het goedkoopst en is mogelijk daar waar de vaste laag niet al te diep is en weinig waterbezwaar valt te vreezen.

Bij diepere ligging van de vaste laag en kans op waterbezwaar is het tweede type op zijn plaats. Deze fundeeringswijze is duurder. Het laten zakken van den put eischt handigheid en routine. Het nadeel van een puttenfundeering is wel het groote gewicht van den put zelf.

Is de dragende grondlaag niet al te best, dan blijft er weinig reserve over voor de nuttige belasting. In dit geval kunnen we den put slechts gedeeltelijk vullen om het putgewicht zoo klein mogelijk te houden.

Zijn de twee genoemde fundeeringstypen niet mogelijk, dan gaat men over tot de paalfundeering. In de meeste gevallen is deze het duurst, tenzij de palen boven water mogen uitsteken.

Men streeft er zoo veel mogelijk naar om stuit der palen te verkrijgen.

Dit is niet altijd mogelijk, vooral bij de slappe kustgronden in Borneo.

In dergelijke gevallen is men dan noodzakelijk aangewezen op kleefpalen.

Teneinde den indringingsweerstand in dergelijke gronden iets te vergrooten past men wel eens z.g. T a k e c h i -kragen toe. Elke paal wordt dan voorzien van twee of drie kragen. Het nuttig effect blijkt echter niet evenredig te zijn met de meerdere kosten. De practijk wijst uit dat één kraag voldoende is; een volgende kraag geeft nagenoeg geen vermeerderd effect.

De paalbelastingen varieeren van 10 tot en met 30 ton. Hierin zit meestal reeds een drie- of viervoudige zekerheid.

Teneinde eenig idee te verkrijgen van den grenslast der palen, worden de zakkingen bij de laatste slagen gekalenderd.

Met de heiformule van H i l e y wordt dan de grenslast becijferd.

Het zou aanbeveling verdienen om proefbelastingen te verrichten ten einde te onderzoeken of de uit de formule verkregen uitkomsten de werkelijkheid benaderen. Vanwege de groote kosten worden ze achterwege gelaten, hetgeen zeker te betreuren is. Ook kunnen diverse constanten worden bepaald uit de gedragingen van de palen bij het inheien. Met deze constanten kunnen dan relatief meer betrouwbare uitkomsten verkregen worden.

De door den Waterstaat uitgevoerde paalfundeeringen hebben tot nog toe voldaan.

Kleine beschadigingen worden geconstateerd bij oeverjukken bij slappe gronden. Door de aansluitende wegophooging wordt de slappe ondergrond rivierwaarts gedrukt, zoodat de palen dwars op hun lengteas worden belast en scheuren vertoonen. In zulke gevallen dient de brug te worden verlengd en de ophooging tot een minimum beperkt.

Bij de op palen boven den rivierbodem rustende pijlers van de brug over de Kali Serajoe werden bij groote bandjirs uitschuringen van den bodem geconstateerd nabij den pijler. Met betrekking hierop heeft de Provinciale Waterstaat van Midden-Java laboratoriumproeven verricht om een middel tegen dit kwaad op te sporen.

Een steenstorting ter plaatse van den pijler bleek de goedkoopste en beste oplossing te zijn.

Door prof. P r o p e r werden ook vele proeven verricht om m.b. hierop een zoo gunstig mogelijken pijlervorm te vinden.

De bekende stroomlijn- of druppelvorm bleek met het oog op bodemuitschuring niet de beste te zijn. Het voorstel werd gedaan om de pijlers te voorzien van een punt aan de bovenstroomsche zijde.

Vanwege het veel voorkomende drijfhout is het noodzakelijk de paaljukken te voorzien van een scherm of houten ommanteling, teneinde het vastraken van het drijvend vuil tegen te gaan.

We gaan nu over tot de behandeling van enkele brugtypen.

Plaatliggerbruggen [3]).

Dit type bestaat in zijn eenvoudigsten vorm uit een plaat, die op twee landhoofden rust. Vaak vormt de plaat met de landhoofden en bodemplaat een

3) Zie K i s t, *De Ingenieur* 1936 No. 14 Bt 19.

monolithisch geheel, zoodat men dan te doen heeft met een duiker.

De dikte van de plaat varieert van $\frac{1}{17}$ tot $\frac{1}{23}$ van de overspanning.

De hoofdwapening ligt evenwijdig aan de brugas, terwijl loodrecht daarop de verdeel-tevens krimpwapening wordt geplaatst.

Overeenkomstig de G.B.V.N.I. 1935 moet deze wapening ten minste 20% van die der hoofdwapening bedragen. Interessant zijn in dit verband de door ir. K i s t verrichte metingen van doorbuigingslijnen bij diverse belastingen van plaatbruggen van den Rijkswaterstaat in Holland [4]). Uit deze metingen kunnen de buigende momenten dwars op de brugas worden bepaald, waaruit dan de benoodigde verdeelwapening berekend kan worden.

Uiteraard hangt de grootte dezer momenten af van de diverse dimensies. Voor excentrische standen van den mobielen last is het noodzakelijk de plaat te voorzien van kantversterkingen. Deze kantversterkingen mogen op hun beurt niet al te sterk zijn, omdat een te groote stijfheid de momenten in dwarsrichting juist vergroot.

De meest geschikte oplossing is om te profiteeren van de aanwezigheid van de trottoirs, die de plaat een grootere nuttige hoogte geven aan de kanten. Maakt men een plaatvormigen leuningmuur dan verdient het aanbeveling om dezen te voorzien van verticale voegen.

Een plaatligger heeft diverse voordeelen:

1. Een geringe constructiehoogte, hetgeen het grondverzet der toegangswegen tot een minimum maakt.
2. Een eenvoudige bekisting en wapening. Dwarskrachtstaven kunnen in den regel worden weggelaten.

Als nadeel kan worden genoemd het groote gewicht van de plaat zelf.

Voor kleine spanningen zal de plaatligger zeker economischer zijn dan een balkliggerbrug. De grens ligt ongeveer bij de 10 meter.

Past men een doorgaande plaat toe op drie of meer steunpunten, dan kunnen de afzonderlijke openingen grooter worden gemaakt.

Door het groote eigengewicht worden de oplegdrukken ter plaatse van de middensteunpunten zeer groot. Bij slechte fundeeringsgrond is de doorgaande plaatligger dan ook te ontraden.

Voor de opname van de steunpuntsmomenten en dwarskrachten is het gewenscht de plaat bij de middensteunpunten te voorzien van voûten.

Het toepassen van drukwapening biedt nog de mogelijkheid om de constructiehoogte en dus ook het gewicht te beperken.

Plaatliggers worden door den Waterstaat weinig gebouwd. Dit komt, omdat vele aannemers een nagenoeg gelijken eenheidsprijs bedingen voor 1 m³ gewapend beton, zoowel voor een plaat- als voor een balk-liggerbrug.

4) K i s t, *De Ingenieur* 1939 No. 4 Bt 33.

In wezen is dit laatste onjuist. De hoeveelheid wapening van een plaat-liggerbrug, geschikt voor wegklasse II, bedraagt ongeveer 120 kg/m³.

Voor een balkligger wordt dit getal 150 kg/m³. Gezien de eenvoudiger bekisting en wapening moet de eenheidsprijs voor de plaatbrug zeker lager zijn.

Balkliggerbruggen (*fig. 1*).

Deze bestaan uit een plaat, die een monolithisch geheel vormt met de ribben of balken. De liggerhoogte varieert bij vrij opgelegde constructies van $\frac{1}{9}$ L tot $\frac{1}{11}$ L (L = overspanning).

Bij doorgaande liggers ligt deze waarde tusschen $\frac{1}{11}$ L en $\frac{1}{14}$ L.

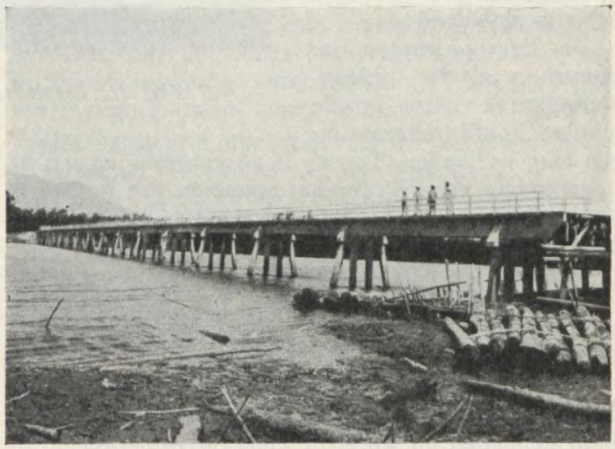


Fig. 1. Gewapend beton balkliggerbrug (Banka)

De meeste bruggen van den Waterstaat hebben tusschen de leuningen een breedte van 4,50 meter en hebben drie hoofdliggers, die h.o.h. op een afstand liggen van 1,60 m. Deze kleine afstand spruit oorspronkelijk voort uit de gedachte, dat de bruggen in de toekomst verbreed moeten kunnen worden tot 6 meter. Den laatsten tijd neemt men liever twee hoofdliggers op onderlingen afstand van 3 meter.

Wat de vloerplaatdikte betreft het volgende:

Bij toepassing van drie hoofdliggers kunnen we twee wegen volgen.

Voor kleine spanningen laat men de z.g. lastverdeelende dwarsdragers achterwege maar maakt de plaat voor niet al te groote spanningen dan 18 cm dik.

De vloerplaat verricht dan een drievoudige functie:

1. als drukflens van een *T*-balk voor positieve momenten;
2. als draagconstructie voor opname van de mobiele last;
3. als lastverdeelende constructie.

Den afstand der dwarsdragers kiest men dan zoo, dat plaat op drie veerende steunpunten.

Past men lastverdeelende dwarsdragers toe, dan verricht de plaat alleen de eerste twee functies en kan ze dunner worden geconstrueerd.

In de meeste gevallen kan worden volstaan met een dikte van 14 cm.

Als minimum plaatdikte neemt men 12 cm.

Bij toepassing van twee hoofdliggers kan men niet meer spreken van lastverdeelende dwarsdragers. Den afstand der dwarsdragers kiest men dan zoo, dat men ongeveer vierkante velden krijgt. Deze worden dan kruisgewijs bewapend en berekend als een aan vier zijden elastisch ingeklemde plaat.

Een dikte van 15 cm is in de meeste gevallen ruimschoots voldoende.

De liggers krijgen ter plaatse van de middensteunpunten voûten, om de schuine hoofd-trekspanningen laag te houden. Tevens is de vergrooting van de liggerhoogte noodig voor het opnemen van het negatieve moment, immers de werkzame betondoorsnede daar ter plaatse is rechthoekig.

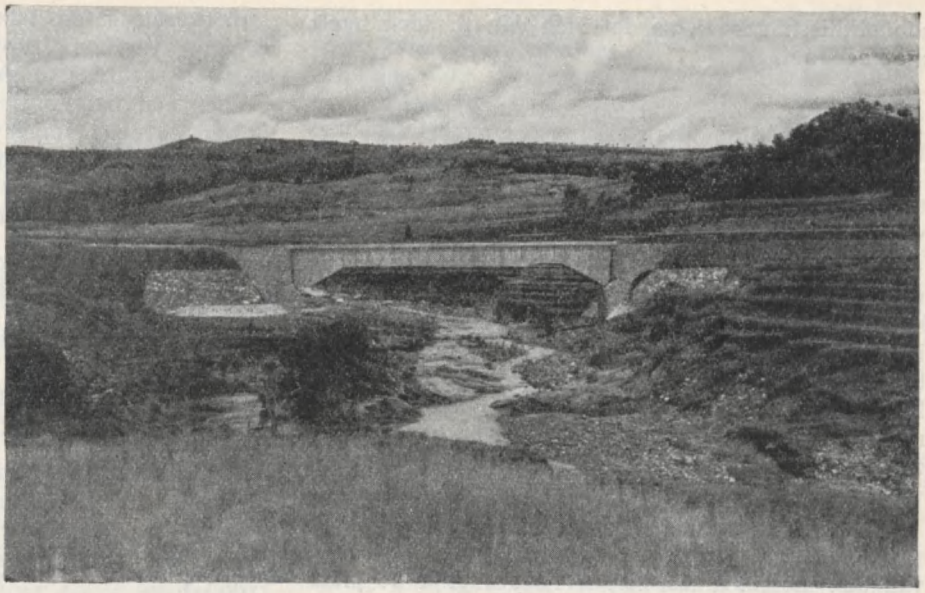


Fig. 2. Liggerbrug (aquaduct) met naar binnen gerichte oplegreacties.

Wil men om aesthetische redenen de liggerhoogte constant houden, dan kan men den balk boven de steunpunten breeder maken en kan men tevens drukwapening toepassen.

Bij de uitgevoerde liggerbruggen wordt de liggerhoogte — afgezien ter plaatse van de voûten — constant gehouden en wordt de constructie berekend als een ligger met gelijk traagheidsmoment.

Voor grootere overspanningen is het voordeeliger om een variabele liggerhoogte toe te passen. Dit heeft het voordeel, dat het eigen gewicht naar de steunpunten wordt verplaatst. De becijfering wordt echter bewerkelijker, terwijl de bekisting ingewikkelder wordt.

Wordt de betondrukspanning aan den onderkant van den ligger ter plaatse van de steunpunten te hoog, dan kan men nog een drukflens toepassen.

Liggerbruggen met groote overspanningen (in het buitenland) hebben in de meeste gevallen kokerprofielen. Dat de kokerdoorsnede het kleinste gewicht geeft bij een groote stijfheid is duidelijk.

De grootste opening van de uitgevoerde bruggen in Indië in liggerconstructie is 20 meter. In het buitenland heeft men reeds spanningen van boven de 60 meter uitgevoerd.

De liggerbruggen maakt men bij betrouwbaren ondergrond statisch onbepaald. Zijn zakkingen der steunpunten te verwachten, dan neemt men het Gerbersysteem. Vanwege de kleine constructiehoogte bij de Gerberoplegging past men wel eens een ingebetonneerden I-ligger toe (systeem Niels Thiele).

Liggerbruggen met stijve (profiel-)ijzerwapening.

Dit brugtype kan in bepaalde gevallen een economische oplossing geven.

Oude profielliggerbruggen die versterkt of vervangen moeten worden, kunnen met relatief lage kosten omgezet worden in een dergelijke constructie. De oude I-liggers kunnen dan als stijve wapening worden gebruikt.

De zijvlakken der gewapend beton liggers, waarin het I-profiel is verwerkt, worden liefst niet loodrecht gemaakt maar taps naar beneden, zoodat de kortste evenwijdige zijde van de trapeziumvormige dwarsdoorsnede onderaan is.

Door dezen vorm wordt bereikt, dat bij de ontmoeting van rib en plaat, waar meestal juist de bovenste flens van het I-ijzer aanwezig is, voldoende beton is om de horizontale schuifspanning op te nemen.

Lastverdeelende dwarsdragers kunnen hier worden toegepast. De wapening hiervan kan boven en beneden het I-profiel worden geplaatst.

Liggerbruggen met naar binnen gerichte oplegreacties.

Dit type is nog weinig toegepast en werd het eerst beschreven in *Openbare Werken.* 1931 [5]).

Het is zeer economisch.

Dit systeem is door ir. Sedijatmo hier voor het eerst in toepassing gebracht bij het aquaduct Gondang in Soerakarta, dat in het Januari- en Aprilnummer 1940 van de *Ingenieur in Ned.-Indië* is beschreven [6]) (*fig. 2*).

Voor de bruggenbouw biedt dit systeem nog vele mogelijkheden.

De schuingerichte oplegreacties, die door de landhoofden moeten worden opgenomen, eischen een goeden fundeeringsgrond.

Een voordeel van dit type is zeker wel dat de constructie statisch bepaald is.

5) Zie Bijlaard, *Openbare Werken.* 1931, No. 13.

6) Zie Roosseno, *De Ingenieur in N.-I.* 1940, No. 1 en Sedijatmo, *De Ingenieur in N.-I.* 1940, No. 4.

Portaalbruggen.

Dit type van bruggen is in de Buitengewesten weinig toegepast. De gemeente Bandoeng heeft in het afgeloopen jaar een tweetal portaalbruggen gebouwd, die zeer licht van constructie zijn. Deze zijn éénvoudig statisch onbepaald (*fig. 3*).

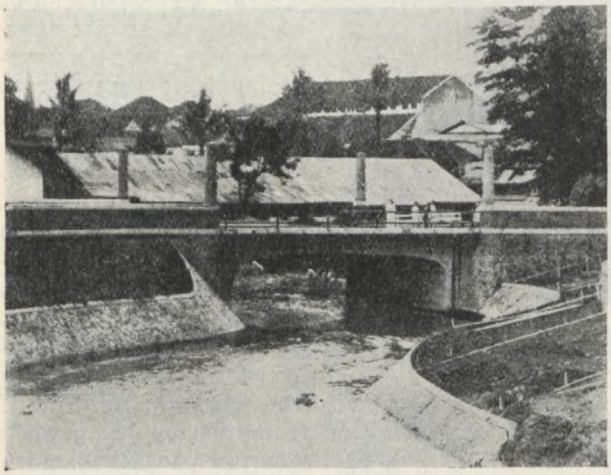


Fig. 3. Portaalbrug (Gemeente Bandoeng).

Een primaire eisch voor de toepassing van portaalbruggen is weer goede fundeeringsgrond.

Door den afstand der stijlsteunpuntsscharnieren kleiner te nemen dan de assen der stijlen, wordt de z.g. spatkracht of boogkracht tengevolge van het eigen gewicht verkleind.

Door de vloerplaat ter plaatse van de nulpunten naar beneden om te buigen, kan deze plaat ook de functie verrichten van grondkeerend element.

Ingeklemde bogen of gewelven.

Deze constructies zijn toe te passen op plaatsen met goeden fundeeringsgrond en waar tevens voldoende waking aanwezig is t.a.v. den hoogsten hoogwaterstand.

De verhouding pijl: overspanning kiest men zoo groot mogelijk. Dit geeft een kleinere boogkracht en minder grondverzet.

Moet men m.b.t. het wegtracé nog hoogte winnen, dan is er geen bezwaar om den weg onder de max. toe te laten helling te leggen, meestal 1 : 20.

De lijn der booggeboorten kan men dan evenwijdig nemen aan de wegkruin, zoodat de constructie als scheef-symmetrische constructie berekend kan worden.

Zooals bekend zijn deze ingeklemde bogen drievoudig statisch onbepaald.

Aangezien de grondvulling niet gelijkmatig is, kunnen we een parabolische as voor de boog niet toepassen. Het streven is toch om de boogas zooveel mogelijk te doen samenvallen met de druklijn voor rustende belasting.

Ook de boogdikte neemt men niet constant, omdat de normaalkracht in de boogdoorsneden naar de geboorten toe toeneemt.

Het vlugst zijn deze bogen te berekenen met de methode van Strassner, ontwikkeld in zijn boek „Neuere Methoden".

Het is meestal voldoende om de spanningsverdeeling in de geboortevoeg, de top en de doorsnee op $\frac{1}{4} L$ na te gaan (L = overspanning).

De momenten en normaalkrachten, veroorzaakt door de mobiele belasting, gecombineerd met de boogkracht door eigen gewicht geven excentrischen druk. De excentriciteit is meestal niet groot, zoodat uitgaande van stadium IIa voor beton de trekspanningen niet hoog zijn.

Volgens stadium IIb berekend, wordt het wapeningspercentage niet hoog. Men kan globaal aannemen dat voor een gewelf per m^3 beton 70 à 80 kg ijzer benoodigd is.

De invloed van temperatuursvariaties en krimp moet worden nagegaan. Deze is het grootst bij gewelven met kleine pijlverhouding en overspanning.

Een contrôle op knik is meestal niet noodig. De stijfheid van de zijkant- of rechtstandsmuren, die bij de berekening verwaarloosd wordt, biedt een overmatige garantie tegen knik.

Het verdient aanbeveling om de rechtstandsmuren te koppelen in verband met den gronddruk.

Deze koppelingen moeten berekend worden op trek en buiging.

Het benoodigde steigerwerk moet niet te slap worden gemaakt, aangezien kleine afwijkingen t.o.v. de boogas groote spanningen doen ontstaan.

Het steigerwerk geeft men natuurlijk een overhoogte.

Het storten van het gewelf zelf geschiedt in mooten. Men zorge ervoor dat de tegelijkertijd te storten mooten symmetrisch liggen t.o.v. het brugmidden.

Is het bezwaarlijk om steunpunten in de te overbruggen rivier te plaatsen, dan kan men een houten driescharnierboog als ondersteuning toepassen.

Ook na het verhard zijn van de boog laat men de stelling staan.

Het storten van de grondvulling moet eveneens oordeelkundig geschieden.

Verstijfde staafbogen.

Dit brugtype wordt den laatsten tijd het meest toegepast; de eerste bruggen van dit type werden in Indië gebouwd door Ing. Niels L. Thiele[7]) (*fig. 4*) en de firma Associatie.

Men onderscheidt hierbij twee gevallen: constructies met laaggelegen en met hooggelegen rijvloer.

De verstijfde staafboog met hooggelegen rijvloer is geschikt bij goeden fundeeringsgrond en groote beschikbare waking.

De verstijvingsligger vormt met de vloerplaat een monolithisch geheel.

Door het T-vormig profiel heeft de verstijvingsligger een groot traagheidsmoment, wat een groot voordeel genoemd mag worden.

Hoe grooter de verhouding van het traagheidsmoment van den verstijvingsligger tot dat van de boogdoorsnede, hoe beter.

7) Zie Niels Thiele, *De Ingenieur in Ned.-Indië.* 1934, No. 5.

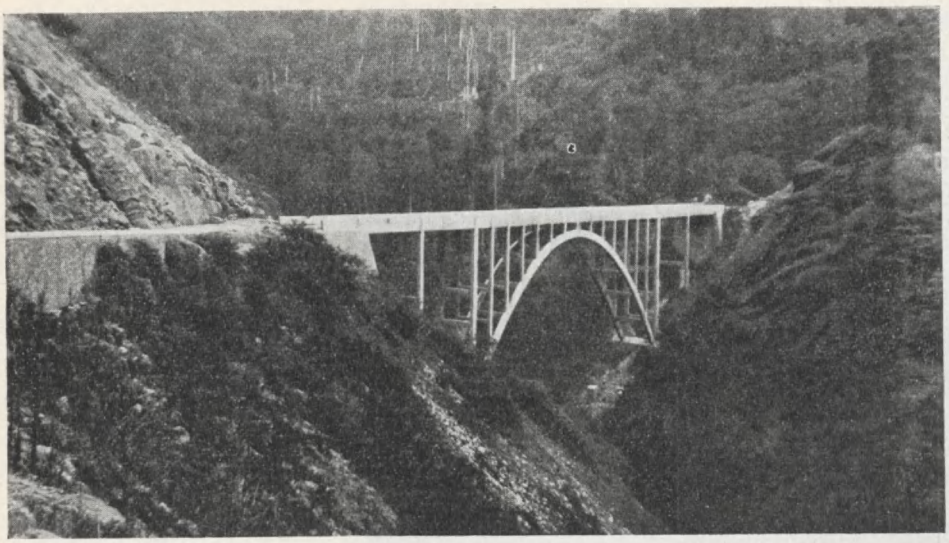


Fig. 4. Verstijfde staafboogbrug met hooggelegen rijvloer (Tapanoeli).

Dit type met hooggelegen rijvloer is ook bijzonder geschikt voor de vervanging van oude bruggen indien de bestaande landhoofden nog in goeden staat verkeeren en horizontale krachten kunnen opnemen [8]). Een voorbeeld hiervan is de brug over de Tjimanoek bij Garoet en die over de Tjipeles in den Grooten Postweg bij Soemedang.

Voor overbrugging van breede rivieren met veel bandjirgevaar en kleine beschikbare waking is de verstijfde staafboog met laaggelegen rijvloer wel de meest aangewezen constructie. De boogkracht wordt dan door den verstijvingsligger zelf opgenomen. De constructie is dus uitwendig statisch bepaald.

Is stellingwerk in de rivier toelaatbaar met het oog op weinig of geen bandjirgevaar en/of drijfhout, dan is het voordeelig om de wapening in de verstijvingsligger van rondijzer te maken. Aangezien het rondijzer slechts in den handel te verkrijgen is in lengten van 12 meter, worden ter plaatse van de lasch, de staven door middel van laschstukken autogeen gelascht.

Het is echter aan te bevelen om voor de grootere zekerheid de staafeinden nog te voorzien van Considère-haken.

Dat het doorgaande rondijzer van te voren gelascht moet zijn, is noodzakelijk, aangezien het in de bedoeling ligt, om dit ijzer een zoo groot mogelijke voorspanning te geven, voordat het wordt ingebetonneerd.

Het is zelfs mogelijk om met behulp van ballast de heele trekkracht t.g.v. de rustende belasting in het ijzer op te nemen.

De werkwijze is dan als volgt. Storten van den boog; na verharding boog ontkisten en lossen; men zorgt er voor dat de stelling nog *even* vrij komt van den boog.

Daarna ballast aanbrengen gelijk aan het verstijvingsliggergewicht. Rijvloer storten te beginnen met de plaat en dwarsdragers en eindigende met de verstijvingsliggers. Tijdens het storten van deze laatste wordt de ballast verwijderd. De bekisting van den rijvloer moet dan aan den boog hangen.

Zijn ondersteuningspunten in de rivier niet toelaatbaar, dan is het toepassen van een *stijve wapening* de meest aangegeven weg. De stijve wapening is te construeeren uit kanaal- en/of hoekijzer. Het is een gewoon vakwerk, dat later ingebetonneerd wordt.

De boog zelf heeft geen stijve wapening. Om dezen boog te kunnen storten wordt meestal gebruik gemaakt van een montageligger.

De montageligger kan heel licht zijn (*fig.* 5). Hij behoeft slechts berekend te worden op het gewicht van den boog + koppelingen, de boogbekisting en het gewicht van de stijve wapening.

De boog + boogaanzet en einddwarsdragers worden na verhard te zijn ontkist, zoodat we een systeem hebben van een gewapend beton staafboog en een ijzeren verstijvingsligger tevens trekband.

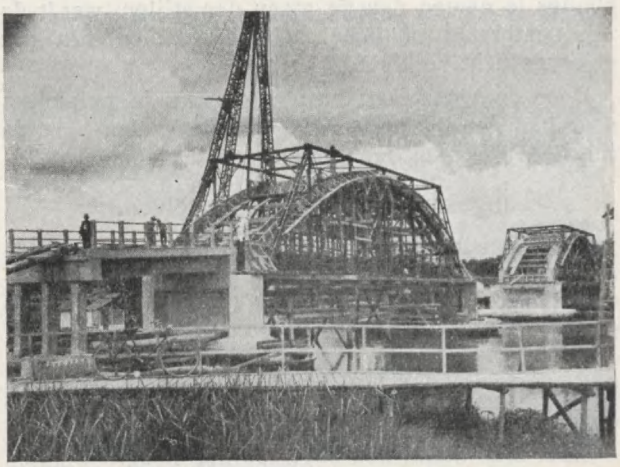


Fig. 5. Montageligger van een verstijfde staafboogbrug (Sei. Sambas Ketjil, Westerafd. Borneo).

De uiteinden van de ijzeren verstijvingsliggers zijn dus reeds ingebetonneerd. Het streven is weer om de stijve wapening een zoo groot mogelijke voorspanning te geven. De grootte dezer voorspanning kan ongeveer 750 kg/cm^2 bedragen. Het resteerende spannnigsoverschot is bestemd voor de opname van de door de mobiele belasting opgewekte spanningen.

In den loop der laatste jaren zijn van de zijde der uitvoerende aannemers handige vereenvoudigingen en verbeteringen aangebracht.

De firma Volker bijv. heeft geen montageligger gebruikt, maar past een tijdelijke profielijzeren boog toe, die ongeveer een meter lager wordt gemon-

8) Zie Roosseno, *De Ingenieur in Ned.-Indië.* 1939, No. 11.

Fig. 6. Stijve profielijzeren wapening van boogtrekband, met tijdelijke staafboog- en hangerconstuctie als zelfdragend montagemiddel.

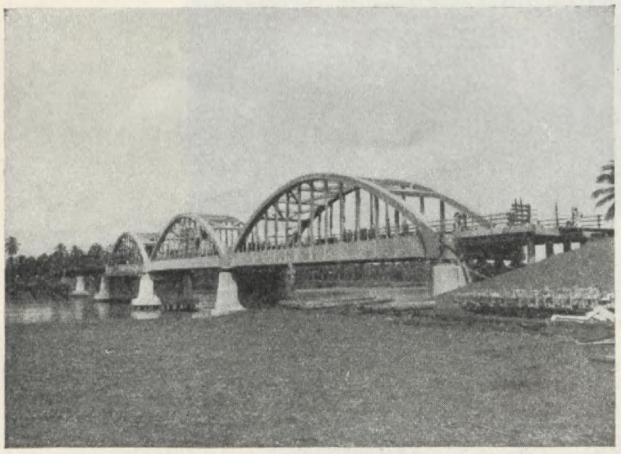


Fig. 7. Gewapend beton staafboogbrug (K. Serajoe, Banjoemas).

teerd dan de as van de definitieve beton boog. (*fig. 6*).

De onderrand van den ijzeren verstijvingsligger doet dan dienst als onderrand van een paraboolligger. We hebben hier eigenlijk te doen met een ijzeren L a n g e r ligger. De tijdelijke boog is in den top voorzien van een ontlastingsconstructie.

Is de gewapend beton boog plus boogaanzet verhard, dan wordt de wig in den top van den tijdelijken boog losgeslagen, zoodat successievelijk de betonboog de taak overneemt.

De ijzeren boog kan dan worden gebruikt voor een volgende overspanning. De firma N E D A M past liever een montageligger toe. Zeer interessant is de montage van deze montageliggers door middel van kabels. De N E D A M past ook stijve wapening toe in de dwarsdragers.

Dit levert veel gemak op voor de opstelling van de vloerbekisting en

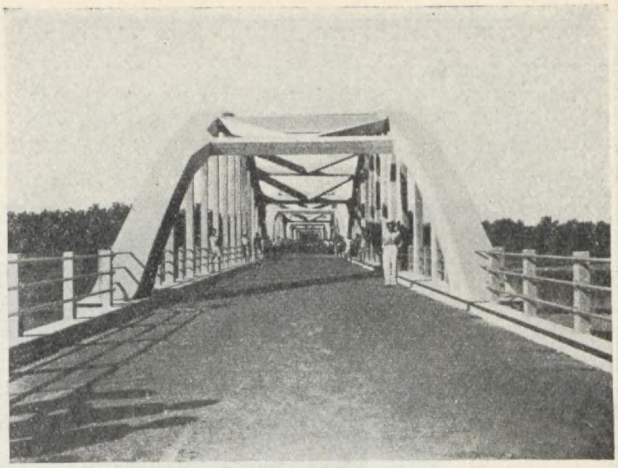


Fig. 8. Doorkijk van de brug van fig. 7.

ook voor het verkrijgen van een tijdelijk dwarsverband.

Zeer handig is de uitvoering van de topscharnieren, die de krimpspanningen tengevolge van de krimp in den boog tot een minimum reduceeren.

De H.B.M. bijv. past een tijdelijken boog toe van plankmateriaal.

Het zou te ver voeren om op diverse details in te gaan.

Fig. 7, 8, 9, 10 en *11* geven een beeld van eenige uitgevoerde bruggen. *Fig. 12* stelt het als verstijfde staafboog gebouwd aquaduct over de Kali Baroe voor, *fig. 13* het gebezigde steigerwerk.

Vermeldenswaard is de overbrugging van de Ogan bij Batoeradja. Het ontwerp is van prof. B ij l a a r d, terwijl fa. V o l k e r de aannemer en bouwer is geweest [9]) (*fig. 14, 15* en *16*).

9) Zie B ij l a a r d, *De Ing. in N.-Indië* 1939, No. 1.

Fig. 9. Brug over de A. Tembesi bij Sarolangoen (Djambi).

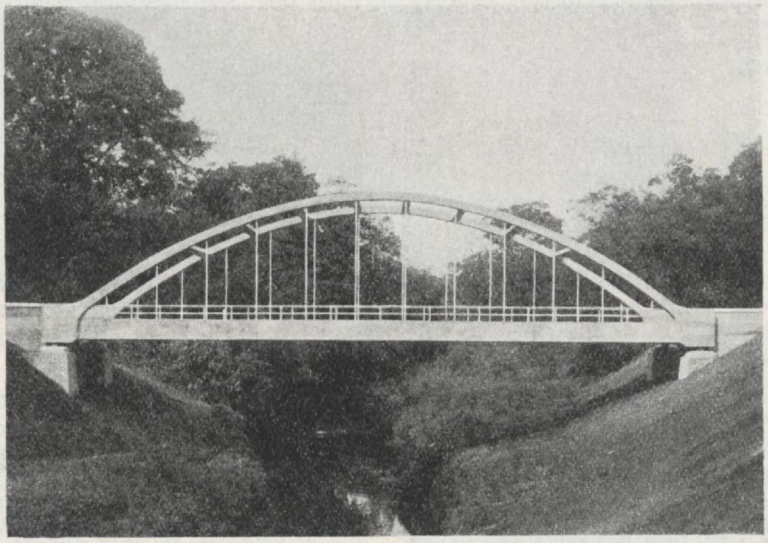


Fig. 10. Boogbrug over de A. Klingi (Palembang).

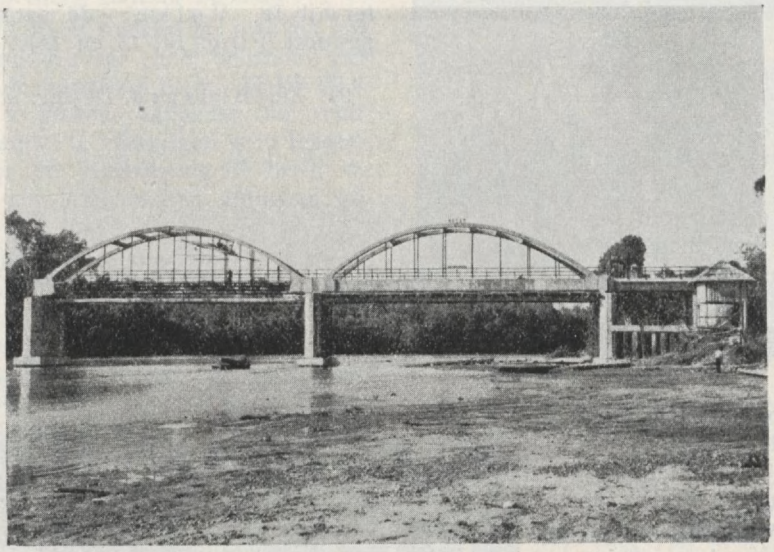


Fig. 11. Brug over de A. Rawas bij Soeroelangoen (Palembang).

Fig. 12. Aquaduct over de K. Baroe (Banjoewangi).

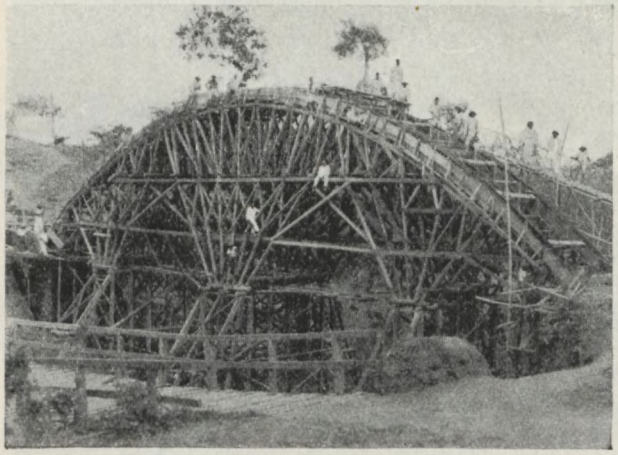


Fig. 13. Steigerwerk bij den bouw van het aquaduct over de K. Baroe.

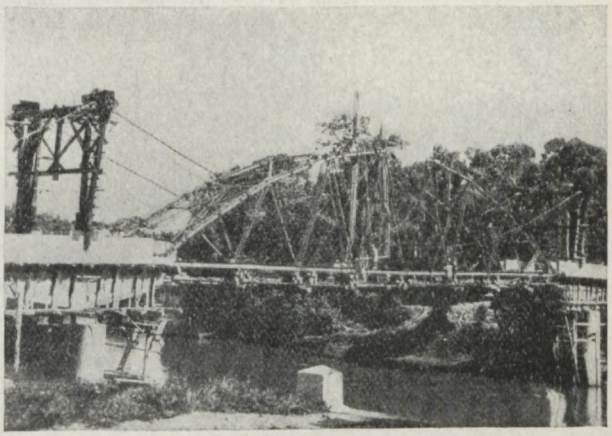


Fig. 14. Montage van de stijve wapening der boogspanning van de brug over de Ogan bij Batoeradja (Palembang).

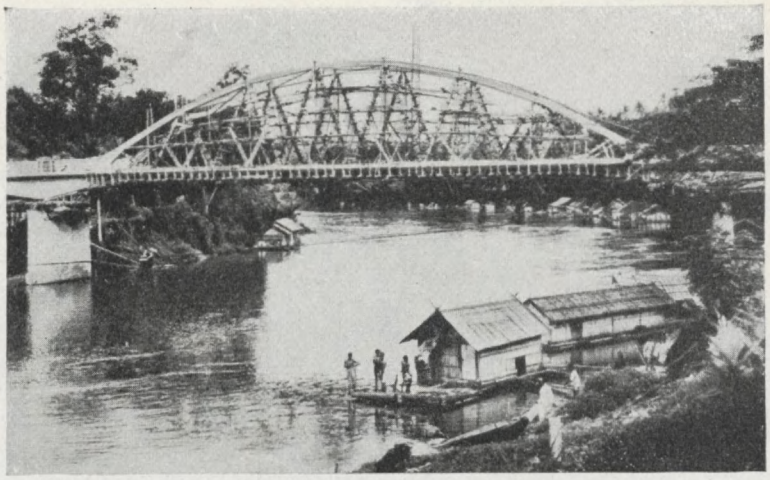


Fig. 15. De boogspanning der brug over de Ogan bij Batoeradja gedeeltelijk ontkist.

De brug is geen verstijfde staafboog maar een vakwerkligger met parabolischen bovenrand. Alle staven hebben een ten deele profielijzeren wapening.

De montage van het ijzeren frame geschiedde met een kabel.

De onderrand van het vakwerk vormt na betonneering één geheel met de rijvloerplaat. De onderrand heeft derhalve een rechthoekige doorsnede.

Het profielijzer is in de as geplaatst, zoodat er nagenoeg geen buigspanningen in ontstaan. Een rondijzerwapening neemt de buigtrekspanningen op.

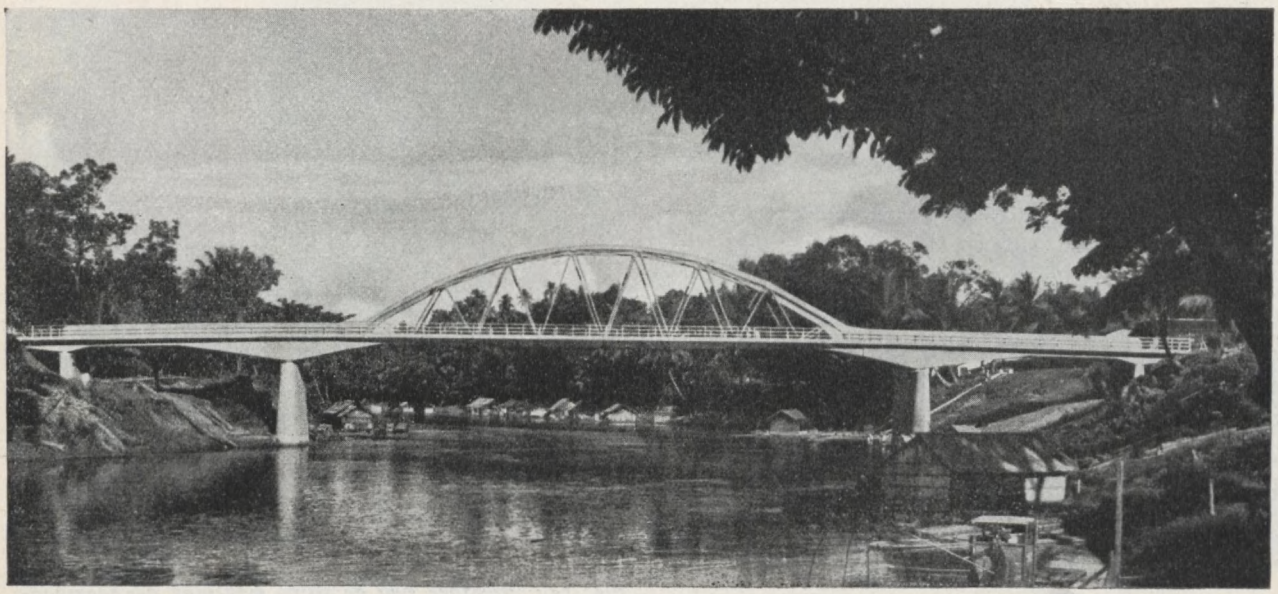


Fig. 16. Brug over de Ogan bij Batoeradja (Palembang) in voltooiden toestand.

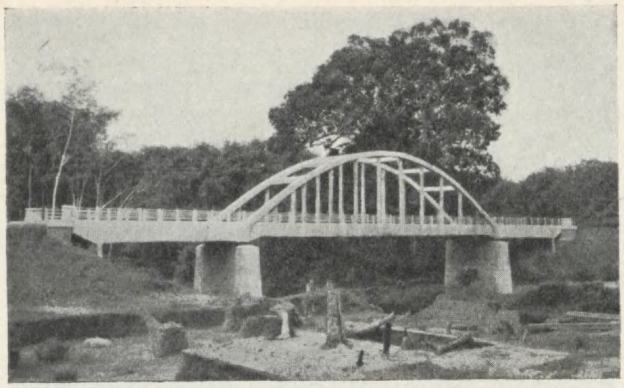


Fig. 17. Brug over de Sei. Rasau (Djambi).

Een ander brugtype, dat ook door den Nederlandschen Rijkswaterstaat is toegepast, is de slappe boog met doorgaanden verstijvingsligger [10]). Bruggen van

10) Zie Van Bergen, *De Ingenieur* 1939, No. 31, Bt 59.

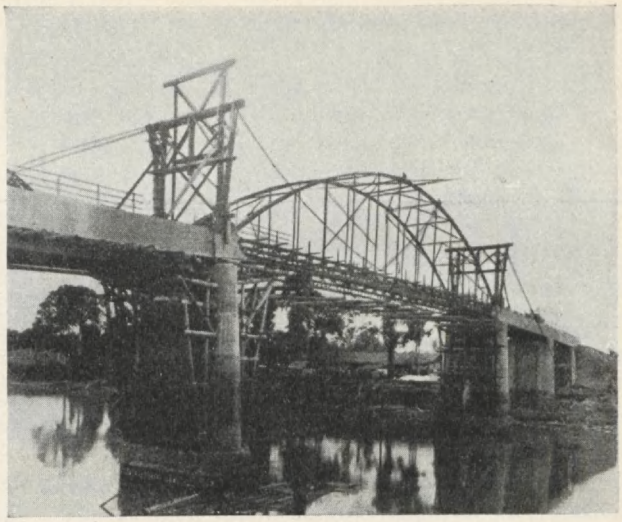


Fig. 18. Montage stijve wapening van de brug over de Batang Hari Leko (Palembang).

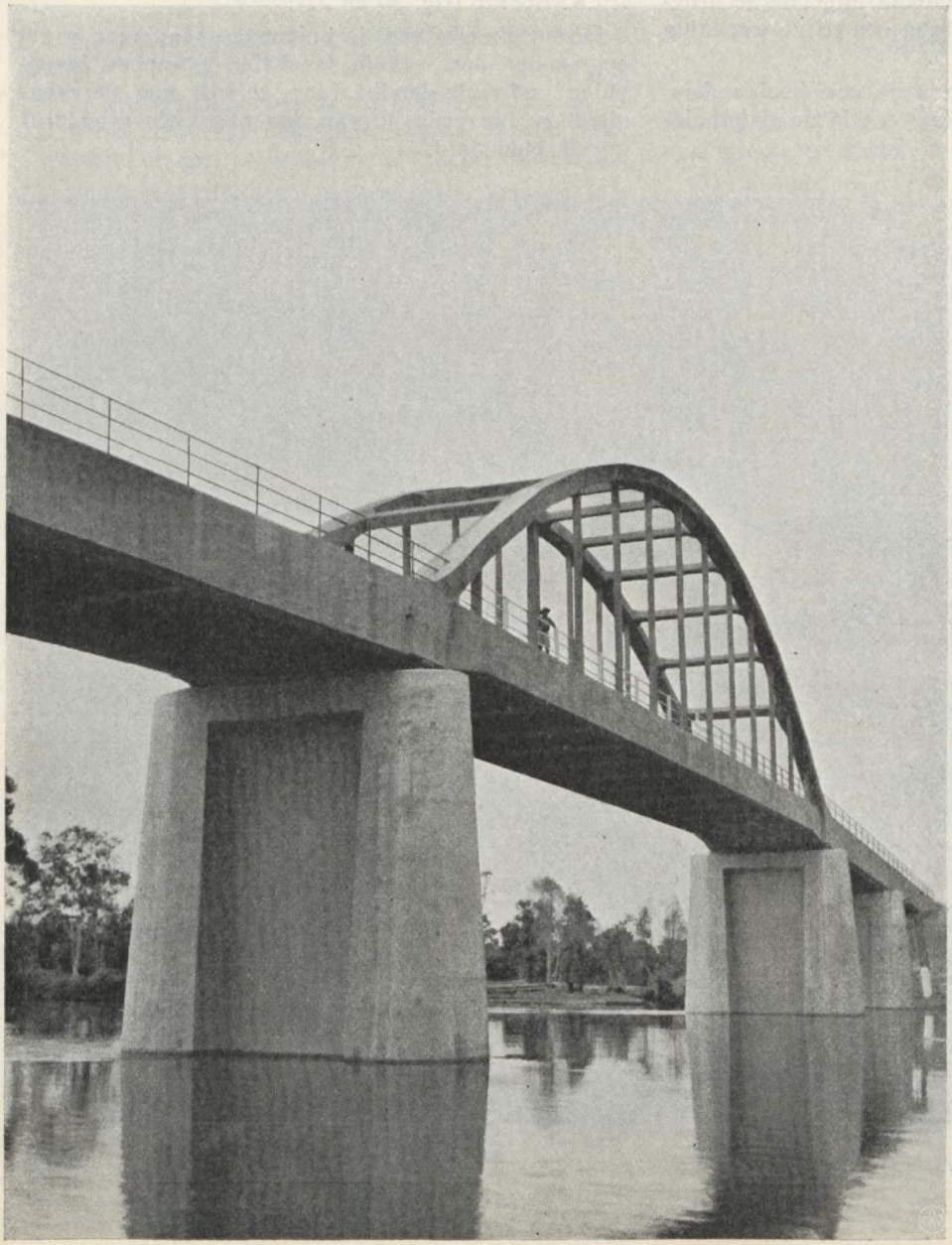


Fig. 19. Brug over de Batang Hari Leko bij Teloek (Palembang).

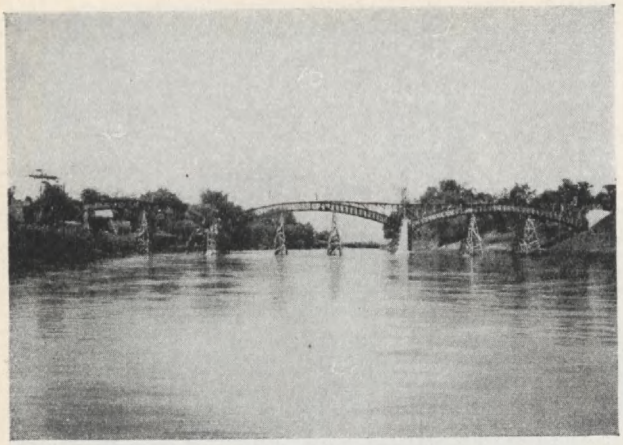


Fig. 20. Brug over de Solorivier bij Gawan (Soerakarta); montage der bogen.

Fig. 21. Brug over de Solorivier bij Gawan (Soeraka ta) voltooid.

dit type zijn de Rasau brug in Djambi (*fig. 17*) en de brug over de Batang Hari Leko bij Teloek (Palembang) (*fig. 18* en *19*).

In afwijking met de in Holland uitgevoerde bruggen heeft de Bt. Hari Leko-brug een stijve wapening in de middenspanning.

De werkwijze bij den bouw is ook heel anders, aangezien in ons geval stellingwerk in de rivier niet was toe te laten.

De overbrugging van de Solorivier bij Gawan is een z.g. bogenrij met bovengelegen rijvloer. Het ontwerp werd doorgerekend en uitgevoerd door het A.I.A. Bureau (*fig. 20* en *21*).

De boogkracht van de buitenste spanningen wordt opgenomen door schuin ingeheide gewapend betonpalen onder de landhoofden, terwijl nog gerekend werd op een gedeelte van den passieven gronddruk op elk landhoofd.

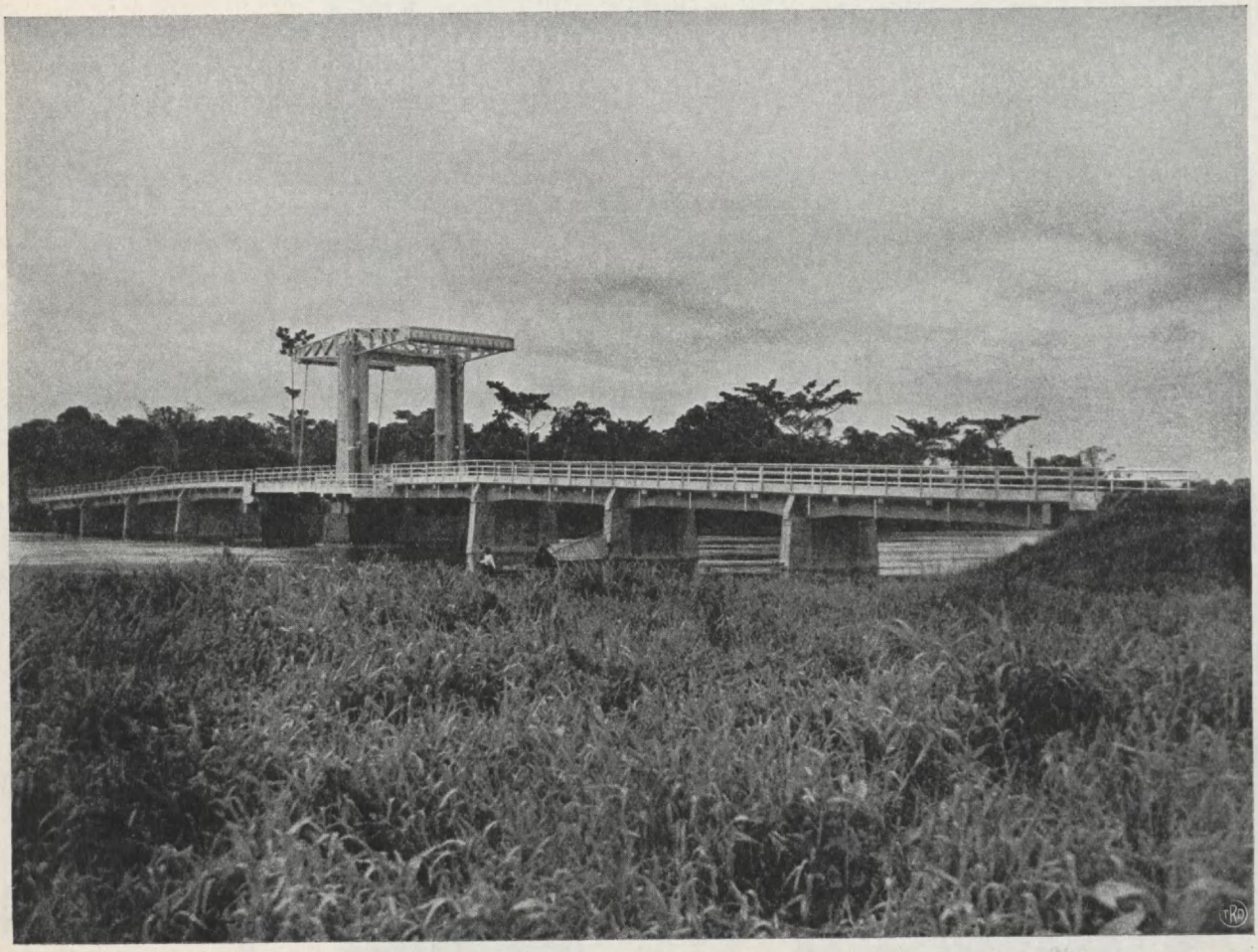


Fig. 22. Brug over de A. Komering bij Soengei Doea (Palembang).

Het rekenwerk is zeer omvangrijk.

Aanbeveling verdient het deze typen te berekenen met de vereffeningsmethode van Cross.

De ophaalbrug over de A. Komering bij Soengei Doea is een gewapend beton liggerbrug met een beweegbare middenopening voor de scheepvaart. Een bijzonderheid van deze brug is dat de hameipoort ook van gewapend beton is gemaakt en dus één geheel vormt met de eigenlijke liggerbrug (*fig. 22*).

De eigenlijke ophaalbrug is van ijzer en is door de N. V. Ned.-Ind. Industrie vervaardigd. De onderbouw werd door de firma Volker gebouwd.

De Admiraal Ferwerda-brug [11]), die een paar maanden geleden is opengesteld, is de grootste ophaalbrug hier in Indië.

De onderbouw is van gewapend beton evenals de aanloopbruggen.

De pylonen en het val werden ontworpen en gemonteerd door de Machinefabriek Braat.

Samenvatting.

Resumeerende hebben we de volgende voorname punten.

1. Is een geringe waking beschikbaar, dan is de plaatliggerbrug voor spanningen kleiner dan 10 meter wel de meest economische constructie.
2. Oude profielijzeren liggerbruggen kunnen met betrekkelijk weinig kosten omgebouwd worden tot balkbruggen met stijve wapening.
3. Worden de spanningen grooter dan 10 meter, dan is het gewone balkliggertype het meest economische. De keuze van een uitwendig statisch bepaalde of statisch onbepaalde constructie is afhankelijk van den fundeeringsgrond.
4. Bij kleine beschikbare waking en groot bandjirgevaar met afvoer van veel drijfhout, moeten de spanningen grooter worden gemaakt.
   De verstijfde staafboog biedt dan een goede oplossing.
   De verstijvingsligger wordt met profielijzer bewapend.
5. Bij groote beschikbare waking en goeden fundeeringsgrond is de verstijfde staafboog met hooggelegen rijvloer een goede oplossing. Bestaande overbruggingen, waarvan de landhoofden nog in goeden staat verkeeren, kunnen heel voordeelig in dit type worden omgebouwd.
6. Bij zeer goeden fundeeringsgrond (onverweerde tjadas) neemt men den ingeklemden boog of de bogenrij.
7. Bij slappen grond moet de lengte van de brug niet te klein zijn. Door de brugeinden onder een helling te leggen, bereikt men dat de wegophooging zoo klein mogelijk wordt. Dit is noodzakelijk met het oog op afschuivingen.
8. Ten aanzien van de berekening van vloerplaten, die kruisgewijs bewapend worden, biedt de G. B. V. N. I. 1935 te weinig houvast, vooral als het puntlasten betreft. De voorschriften dienen terzake te worden aangevuld.

11) Zie Veer, Schaap en Schotema, *De Ing. in N.-Indië* 1940, No. 5.

Toekomstmogelijkheden.

Als toekomstmogelijkheden noemen we de toepassing van hoogere betonspanningen en staal van veel groote trekvastheid dan het gebruikelijke.

Dan hebben we nog de toepassing van tril- en spanbeton.

Al deze technische vindingen van den laatsten tijd beoogen het economisch zoo ver mogelijk benutten van het bouwmateriaal.

Tenslotte rest mij een woord van dank te uiten aan de firma's Volker, Holl. Beton Mij., A.I.A., NEDAM en Associatie (Selle & de Bruyn, Reyerse & de Vries) voor hun gewaardeerde medewerking inzake de beschikbaarstelling van foto's ter reproductie, terwijl voorts met erkentelijkheid gewag wordt gemaakt van het in bruikleen ontvangen van 2 groote clichés uit het Jaarverslag 1939 van het Departement van Verkeer en Waterstaat (*fig. 19* en *22*).

„Een methode voor de berekening van paalsystemen".

NASCHRIFT.

Naar aanleiding van bovengenoemd artikel (dit tijdschrift no. 5 — 1940, blz. I. 91 e.v.) wijst ir. R. Soemono te Medan me zeer terecht op een cijferfout, tengevolge van teekenverwisseling voorkomende in het rekenvoorbeeld.

Hij heeft genoemde methode getoetst aan eenige gevallen in de practijk en is daarbij de bedoelde onvolkomenheden op het spoor gekomen.

Aangezien we voor *druk* in den paal het *positieve* teeken aangenomen hebben en de dwarskracht *positief* is voor het geval, dat het bovenstuk zich t.o.v. het onderstuk naar *rechts* wil verplaatsen, zijn alsnog de volgende wijzigingen aan te brengen:

a) In tabel II kolom 6 onder P_n^{η}: *EF* dienen de getallen van het *tegengestelde* teeken te worden voorzien;

b) In tabel III onderaan kan de opmerking: „Bij overbrenging enz. ....." vervallen, terwijl de teekens in de laatste drie kolommen omgekeerd moeten worden;

c) Tabel IV luidt dan in verbeterde gedaante:

Tabel IV. **Berekening van axiaalkrachten P, dwarskrachten D en momenten M.**

	Paal No. 1.			Paal No. 2.			Paal No. 3.			Paal No. 4.			Paal No. 5.		
	P	*D*	*M*	*P*	*D*	*M*	*P*	*D*	*M*	*P*	*D*	*M*	*P*	*D*	*M*
$\varepsilon = 1 : EF$ geeft (in 10^{-3})	74,30	0,01413	0,09184	81,80	0,01325	0,07950	79,69	0,00535	0,03343	97,81	—0,02494	—0,12470	87,39	—0,02484	—0,13662
$\varepsilon = 91{,}0 : EF$ geeft (ton)	6,76	0,001	0,009	7,45	0,001	0,007	7,25	0,000	0,003	8,90	—0,002	—0,011	7,95	—0,002	—0,013
$\eta = 1 : EF$ geeft (in 10^{-3})	—19,90	0,05275	0,34287	—15,90	0,06816	0,40896	— 6,97	0,06120	0,38250	+20,79	0,11737	0,58685	+ 25,05	0,08667	0,47668
$\eta = -306 : EF$ geeft (ton)	+ 6,08	—0,016	—0,105	+ 4,87	—0,021	—0,125	+ 2,13	—0,018	—0,117	— 6,37	—0,036	—0,180	— 7,66	—0,027	—0,146
$\varphi = 1 : EF$ geeft (in 10^{-3})	—29,56	—0,6849	—5,2208	13,98	—0,8388	—5,8656	41,72	—0,7501	—5,4881	—48,71	—1,3288	—7,6443	24,97	—1,0632	—6,7571
$\varphi = 448 : EF$ geeft (ton)	—13,30	—0,307	—2,340	6,27	—0,376	—2,630	18,70	—0,336	—2,460	—21,83	—0,595	—3,430	11,20	—0,476	—3,030
Totaal	— 0,46	—0,322	—2,434	+ 18,59	—0,396	—2,748	28,08	—0,354	—2,574	—19,30	—0,633	—3,521	11,49	—0,505	—3,189

De contrôle bedoeld op blz. I. 97 sluit dan met een fout van ± 2,3%. De wijzigingen hebben geen invloed op *fig. 8*.

Langs dezen weg zeg ik ir. Soemono dank voor zijn belangstelling en opmerkingen welke tot deze verbetering leidden.

ir. R. Roosseno.

MEDEDEELINGEN VAN DE REDACTIE.

Een afdeeling „Chemie en Technologie".

Ten vervolge van onze suggestie op blz. 5 van het extra Mei-nummer betreffende de wenschelijkheid de technologen en chemici hier te lande gastvrijheid in ons tijdschrift te verleenen, kunnen we tot ons genoegen meedeelen, dat als resultaat van de ter zake gevoerde besprekingen, te beginnen met het September-nummer, een zevende afdeeling, Chemie en Technologie, aan ons tijdschrift zal worden toegevoegd, dat daardoor een belangrijk aantal nieuwe lezers zal krijgen.

B.

ONTVANGEN GESCHRIFTEN.

Jaarverslag van het Departement van Verkeer en Waterstaat over 1939.

Jaarverslag 1939 van de Afdeeling Electriciteitswezen van het Dep. van V. en W.

PERSONALIA.

Mr. ir. Th. N. Muller, ter besch. gest. landsdienaar, is benoemd tot ingenieur bij den Prov. Wat. van W.-Java en geplaatst bij den Gebouwendienst te Batavia.

Ir. King Liong Yap, ingr. op maandg. bij het Hoofdkant. v. d. Wat. Afd. „Serang" te Semarang, is benoemd tot tijd. wd. ingr. 2de klasse.

Ir. B. Elenbaas, ingr. b.d. Prov. Wat. v. O.-Java, is overgepl. van Modjokerto (Sectiekantr. der Prov. Irr. Afd. „Brantas") naar Bodjonegoro en belast m. d. functie van toegev. Ingr. op het Irrigatiesectiekantr. v. h. 1ste Waterst. district.

Ir. G. Botman, idem, is overgepl. v. h. Hoofdkantr. v. d. Prov. Wat. te Soerabaja naar Modjokerto en belast m. d. functie van toegev. Ingr. op het Sectiekantr. der Prov. Irr. Afd. „Brantas".

Ing. F. Brazda, ingr. bij 's Lands Wat., ter besch. v.d. Prov. O.-Java, is met gelijkt. ontheff. van zijn ter besch. stelling, gerekend van 10 Mei 1940 uit 's Lands dienst ontslagen.

Ir. E. Kühr, idem, is met ing. van 28 Juni 1940 geschorst.

Ir. J. H. Warouw, tijd. wd. ingr. 2de kl. b.d. Prov. Wat. v. O.-Java, is op verzoek met ingang v. ulto. Juni 1940 eervol ontheven van zijn tijdel. werkz. stelling op proef, en met ingang van 1 Juli 1940 tot wederopz. werkz. gesteld op maandgeld op het Hoofdkantr. v. d. Prov. Wat. voornoemd, teneinde te worden belast met werkzaamheden, welke hem door het Hoofd v. d. Prov. Wat. zullen worden opgedragen.

Ir. R. Roosseno Soerjohadikoesoemo, ingr. 2de kl. bij 's Lands Wat., ter besch. gesteld v. d. Prov. Wat. v. O.-Java, is geplaatst als toegev. Ingr. 2de kl. op het Kantr. v. h. Hoofd v. h. 2de District te Kediri.

Ir. S. Bakker, tijd. wd. Ingr. 2de kl. ter besch. v. d. Prov. Wat. O.-Java, is geplaatst als toegev. Ingr. 2de kl. op het Kantr. v. h. Hoofd v. h. 1ste District (Landsgebouwen) te Soerabaja.

Ir. R. O. Burgemeestre, tijd. wd. ingr. 2de kl. b. d. Prov. Wat. v. O.-Java, is met ingang v. 1 Augustus 1940 benoemd tot Ingr. 2de kl. in vasten dienst v. d. Prov. O.-Java.

Ir. C. Julius, Hoofdambtr. in Alg. Dienst bij de Zuster-Maatschappijen, is met ing. van 28 Juni 1940 op verzoek eervol ontslag verleend.

Ir. A. S. Carpentier Alting, Ingr. 1ste kl. te Semarang, is met ingang v. 1 Juni bevord. tot Dienstchef en benoemd tot Administrateur v. d. S.D.S., en overgepl. van Semarang naar Poerwokerto.

Ir. P. C. Feekes, Ingr. 1ste kl. te Poerwokerto, is met ing. van 1 Juni 1940 eervol onthev. v. d. waarn. v. d. functie van Administrateur der S.D.S., overgepl. naar Semarang en aldaar te werk gesteld als assistent v. d. Chef v. d. Dienst v. Vervoer der S.J.S. en S.C.S. op het Hoofdkantoor.

Ir. A. L. de Vos tot Nederveen Cappel, Ingr. te Tegal, is met ing. v. 1 Juni 1940 eerv. onthev. v. d. functie van lijningr. der S.C.S. overgepl. naar Semarang en aldaar te werk gesteld als assistent van den Chef v. d. Dienst van Weg en der S.J.S. en S.C.S. op het Hoofdkantoor, tevens bevorderd tot Ingr. 1ste klasse.

Ir. N. V. van Rossum, Ingr. te Tegal, is met ing. v. 1 Juni 1940 overgepl. naar Semarang, en ter besch. gest. v. d. Chef v. d. Dienst v. Weg en Werken der S.J.S. en S.C.S.

Ir. M. J. B. de Blank, scheik. ingr. b. d. B.P.M., is overgepl. van Balikpapan naar de Asiatic Petroleum Company (S.S.) Ltd., Shell House, Singapore.

Drs. W. J. Taat, scheik. drs. b. d. B.P.M., is overgepl. naar Pladjoe.

KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS, Groep Ned.-Indië.

BESTUURSMEDEDEELINGEN.

Aangenomen leden.

Het in No. 6 van dezen jaargang voorgesteld lid is aangenomen.

Betrekking gezocht door:

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

Werktuigkundig ingenieur,
diploma Delft 1939, oud 23 jaar. Wenscht bij voorkeur in Gouvernementsdienst te treden. Direct beschikbaar.

Civiel ingenieur,
diploma Bandoeng 1937. Direct beschikbaar.

Werktuigkundig ingenieur,
diploma Delft 1926, oud 41 jaar. Wenscht bij voorkeur een technisch-administratieven werkkring. Direct beschikbaar.

Mijningenieur,
diploma Delft 1928. Direct beschikbaar.

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

Werktuigkundig ingenieur,
diploma Delft 1929, oud 36 jaar. Direct beschikbaar.

Civiel ingenieur,
diploma Bandoeng 1936, oud 29 jaar. Direct beschikbaar.

Civiel ingenieur,
diploma Bandoeng 1933, oud 30 jaar. Direct beschikbaar.

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

Civiel ingenieur,
diploma Bandoeng 1940, oud 24 jaar. Direct beschikbaar.

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

Ir. E. A. Neeb m.i., Oud-Hoofdingenieur van de Banka Tinwinning en van den Dienst van den Mijnbouw in N.O.I., p/a Dr. G. Kloosterhuis, Celebesstraat 3, Bandoeng,

stelt zich beschikbaar voor het verleenen van diensten aan:

1e. de Overheid;
2e. Particulieren in een leidende positie, liefst mijnbouw.

Door het Instituut voor Technische Hygiëne en Assaineering te Bandoeng kan aan een werktuigkundig of scheikundig ingenieur voor den tijd van twee jaar een stipendium worden verleend voor het verrichten van biophysisch onderzoek inzake arbeidshygiëne.

Gegadigden gelieven zich te wenden tot den Secretaris van het Instituut voor Technische Hygiëne en Assaineering, prof. dr. ir. C. P. Mom, Technische Hoogeschool, Bandoeng.

Verbetering.

In het artikel „De Oost-Borneo-weg" in No. 7 van dezen jaargang, gelieve men het volgende te verbeteren:

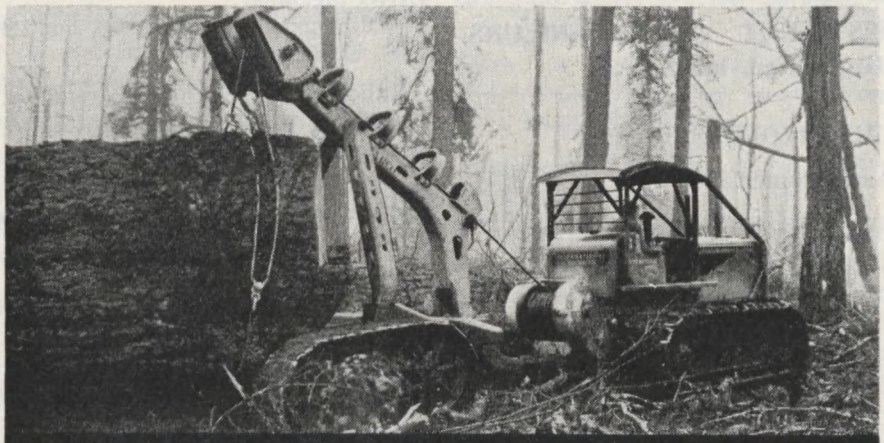
1) Op blz. I. 119, 2de kol., 9de regel van onderen moet staan:
   a. Sei. Rijeh — Batoesopang (23 km);
2) De getallen van de schaal van de overzichtskaart op blz. I. 117 dienen tienmaal zoo klein te luiden (dus 0, 10, 20, 30, 40, 50 km).

Meer boomen per sleep!

Meer sleepen per uur!

De „logging arch" of „yarder" vervolmaakt Uw International diesel TracTracTor. Waar de International TracTracTor kan komen, daar kan zijn capaciteit door den yarder sterk worden verhoogd. De yarders vormen een winstgevende belegging en maken den TracTracTor voor alle moeilijke karweien geschikt. De International TracTracTor met yarder is voor houttransporten onovertroffen.

de INTERNATIONAL TRACTRACTOR



LINDETEVES - STOKVIS

Machines voor Houtbewerking

Cirkelzagen — Raamzagen
Schaafbanken — Vlak en van
Diktebanken — Fraismachines enz.

LINDETEVES-STOKVIS

AFDEELING WERKTUIGMACHINES

7e JAARGANG
NUMMER 8

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

AUGUSTUS
1940

II. BOUW- EN WATERBOUWKUNDE.

INHOUD: Opening van de Sadang-werken in de Residentie Celebes en Onderhoorigheden, door ir. H. I. Privé. — Waterstaatswerken in de vlakte van Zuid-Toeloengagoeng (*vervolg*), door ir. H. Vlugter.

Opening van de Sadang-werken in de Residentie Celebes en Onderhoorigheden

door

ir. H. I. PRIVÉ,

Gewestelijk Inspecteur v/d Waterstaat te Makassar.

Voor Zuid-Celebes beloofde de dag van 22 Mei 1940 een gedenkwaardige dag te worden. Op dien datum was vastgesteld de officieele opening van de Sadang-werken, behoorende tot de grootste irrigatiewerken welke tot dusverre in de Buitengewesten, ja zelfs in geheel Nederlandsch-Indië, zijn tot stand gebracht.

Deze werken zullen na gereedkomen de geregelde bevloeiing verzekeren van een oppervlak van 57 000 ha, hetwelk in de toekomst nog vatbaar is voor uitbreiding met 6 à 7 000 ha. De kosten worden geraamd op *f* 3 300 000,—, waarvoor de hoofdaanvoerwerken voor de bevloeiing zullen worden tot stand gebracht.

Deze hoofdwerken omvatten in de eerste plaats den watervang met op den linkeroever een inlaatsluis voor 57 000 ha en op den rechteroever een voor 6 000 ha, alsmede het onverdeelde hoofdkanaal op den linkeroever, tevens spuipand ter lengte van 300 m, aan het einde afgesloten door een spuisluis annex hoofdverdeelwerk.

Bij dit verdeelwerk beginnen het rond 14 km lange Sawitto-hoofdkanaal en het Rappang-kanaal, waarvan de lengte rond 30 km bedraagt. Behalve de aanleg van deze kanalen met de daarin benoodigde kunstwerken is in bovengenoemd ramingsbedrag nog begrepen het maken van rond 75 km secundaire leidingen met kunstwerken.

De watervang is een stuw met 8 openingen van 10 m breedte, afgesloten door dubbele rolschuiven ter hoogte van 7,75 m. De aanleg vond plaats in een bochtafsnijding van de rivier, waarbij rond 200 000 m^3 rots diende te worden verwijderd.

Overigens moet onder de kunstwerken speciaal genoemd worden het eerste verdeelwerk in het Sawitto-hoofdkanaal, waarin een verval van rond 6 m beschikbaar is voor het opwekken van electrische energie en waaraan de op Z.-Celebes gevestigde Maatschappij tot Exploitatie van Plaatselijke Bedrijven ten deele haar arbeidsvermogen zal ontleenen.

De hoofdwerken zijn in aanneming uitgevoerd door de N. V. Volker Aanneming Maatschappij in combinatie met de N. V. Hollandsche Beton Maatschappij.

De vervaardiging en montage van de groote rolschuiven voor den watervang geschiedde door de N. V. Constructiewinkel „De Bromo" te Pasoeroean, in samenwerking met de N. V. Machinefabriek Braat en de N. V. Nederlandsch-Indische, Industrie, beide te Soerabaja. Het is voor de eerste maal, dat dergelijke groote schuiven geheel hier te lande zijn gemaakt.

De Directeur van Verkeer en Waterstaat zou persoonlijk de feestelijke opening bijwonen, terwijl mevrouw de Haze Winkelman, echtgenoote van den Gouverneur van de Groote Oost, de openingsplechtigheid zou verrichten.

Helaas is de op 10 Mei ingetreden oorlogstoestand oorzaak geweest dat van een feestelijke opening vanzelfsprekend moest worden afgezien.

In plaats daarvan werd op 22 Mei op het kantoor van den Gouverneur van de Groote Oost te Makassar een bijeenkomst belegd, waarop in tegenwoordigheid van enkele Bestuurs- en Waterstaatsambtenaren benevens eenige leden van de Zelfbesturen door den Gouverneur in een korte toespraak de beteekenis van de Sadang-werken voor de betrokken streek werd uiteengezet en waarbij mededeeling werd gedaan van verschillende verleende onderscheidingen.

Aan ir. W. F. Eysvoogel, de bekwame hoofdingenieur door wiens groote kundigheid, energie en organisatietalent het werk op zoo uitnemende wijze is geslaagd, werd het Officierskruis van de Orde van Oranje-Nassau uitgereikt.

Aan ir. R. Th. Hees, de ingenieur belast met de dagelijksche leiding van de werkzaamheden, werd de bijzondere tevredenheid der Regeering betuigd voor de loffelijke wijze waarop hij zich van zijn taak ten behoeve van de uitvoering der Sadang-werken heeft gekweten.

Aan den Opzichter E. A. van Altenburg werd de tevredenheidsbetuiging van den Directeur van Verkeer en Waterstaat overgebracht voor de door hem bij de uitvoering der Sadang-werken verrichte werkzaamheden.

Door den Gouverneur werd daarna nog een kort woord gericht tot de Inlandsche Zelfbesturen, waarin o.a. naar voren werd gebracht, dat deze Sadang-werken tot stand zijn gekomen dank zij de hulp van Holland. Van de Nederlandsche Welvaartsbijdrage van *f* 25 millioen is n.l. *f* 1,8 millioen beschikbaar gesteld voor de uitvoering van een gedeelte van de Sadang-werken. De Inlandsche Zelfbesturen mogen deze grootsche irrigatie-werken dan ook steeds beschouwen als een symbool van Nederlandsche belangstelling en zorg voor de Inheemsche gemeenschap van de betrokken landschappen.

Het ligt in de bedoeling eerlang in *De Ingenieur in Ned.-Indië* een uitvoerige beschrijving te geven van de Sadang-werken en van de bij de uitvoering opgedane ervaringen.

Waterstaatswerken in de vlakte van Zuid-Toeloengagoeng

door

ir. H. VLUGTER,

Leider van het Waterloopkundig Laboratorium van het Departement van Verkeer en Waterstaat te Bandoeng.

(Vervolg en slot.)

In het vorige nummer van *De Ingenieur in Ned.-Indië* werd de ongunstige hydrologische toestand van de Zuid-Toeloengagoengsche vlakte beschreven en zijn de plannen vermeld welke de verbetering van de bevloeiing en afwatering in die streek beoogen. Thans zullen de voornaamste kunstwerken die daarin voorkomen meer in details worden besproken.

Keersluis Gesikan.

Deze sluis in de K. Ngrowo moet, zooals reeds vermeld, water in twee richtingen kunnen keeren. Van boven- naar benedenstrooms ongeveer 3 m, welk verval kan voorkomen indien het water tijdens den oostmoesson in de rawahs wordt opgehouden ter suppleering van de minimum Brantas-debieten.

In omgekeerden zin kan het niveauverschil $\pm$ 2 m bedragen, welk geval zich voordoet als er bij lage rawahstanden hooge Ngrowostanden benedenstrooms van de sluis optreden, waardoor terugstroomen van Ngrowo-water naar de rawah zou plaats hebben.

Bij de keuze van de afsluitmiddelen diende dus in de eerste plaats met deze dubbele keering rekening te worden gehouden.

Puntdeuren en rolschuiven, welke laatste in verband met de groote hoogte der sluitopeningen (7 m) dubbel zouden moeten worden uitgevoerd, kwamen uit dien hoofde niet in aanmerking. De eenige soort afsluitorganen die, zonder moeilijkheden te veroorzaken, kon worden toegepast waren schotbalken.

Teneinde de aan deze primitieve constructie veelal verbonden nadeelen, namelijk de lange tijdsduur, die het openen en sluiten vorderen en het groote lekverlies, vooral bij scheef gaan zitten der balken, op te heffen, zijn de volgende voorzieningen aangebracht.

1e. Het aantal balken per opening is tot zes stuks beperkt, door de hoogte van elk hunner op te voeren tot 1,10 m. Van balken kan dus feitelijk niet meer gesproken worden; een juistere benaming zou schotten zijn.

2e. Deze schotten zijn ieder voorzien van vaste haalkettingen en van loopwielen, waardoor het manoeuvreeren gemakkelijker geschiedt.

3e. De hefinrichting is zoodanig ontworpen dat de gelichte schotten, hangende aan de loopkat, door verplaatsing van deze in dwarsrichting direct in rakken op hun plaats gezet kunnen worden.

Door bovengenoemde maatregelen is een moderne mechanische schotbalkstuw ontstaan, waarvan de 2 openingen van 4 m breedte en 7 m hoogte in ongeveer 5 uur tijds met 4 koelies à $\frac{1}{15}$ pk geheel kunnen worden geopend.

Wat betreft de vormgeving der sluis, die 100 m^3/sec moet kunnen verwerken bij slechts gering drukverlies, moge aan de hand van *fig. 1* de volgende toelichting dienen.

Het geheel werd, in verband met den verwachten slechten bouwgrond, uitgevoerd als één gewapend beton constructie en bestaat uit een hollen pijler en twee dito landhoofden, staande op een gemeenschappelijke fundeeringsplaat, benevens een portaalvormigen bovenbouw, waarop de loopkraan voor het behandelen der schotbalken rijdt.

Bij dit portaal zijn tevens ontworpen een overdekte ruimte voor de hefinrichting als deze buiten gebruik is en een huisje voor peilschaalaflezingen en bediening. *Fig. 1* nader beschouwende, ziet men met het cijfer 1 aangegeven de z.g. stroomgeleidingswanden. Een betere benaming voor deze in den laatsten tijd meer en meer toegepaste uitloopconstructie hebben we helaas niet kunnen vinden. Deze wanden zijn op een stortvloer geplaatst, aan het einde waarvan een rechthoekig drempeltje (2) van geringe hoogte is aangebracht. De doelmatigheid dezer voorzieningen tegen uitkolking is proefondervindelijk met een model op schaal 1 : 20 in het Openlucht Waterloopkundig Laboratorium te Modjokerto vastgesteld (*Plaat I, afb. 1*). De geheele uitloopconstructie is onafhankelijk van het eigenlijke sluislichaam gefundeerd. Verschil in zakking wordt ondervangen door een loodslabbe tusschen beide deelen.

De bedoeling der wanden is den stroom te geleiden tot op voldoenden afstand van het kunstwerk, zoodat de taluds van den benedenstroomschen afvoer onbeschermd kunnnen worden doorgetrokken tot aan de sluis. Dit wordt mogelijk omdat er tusschen de wan-

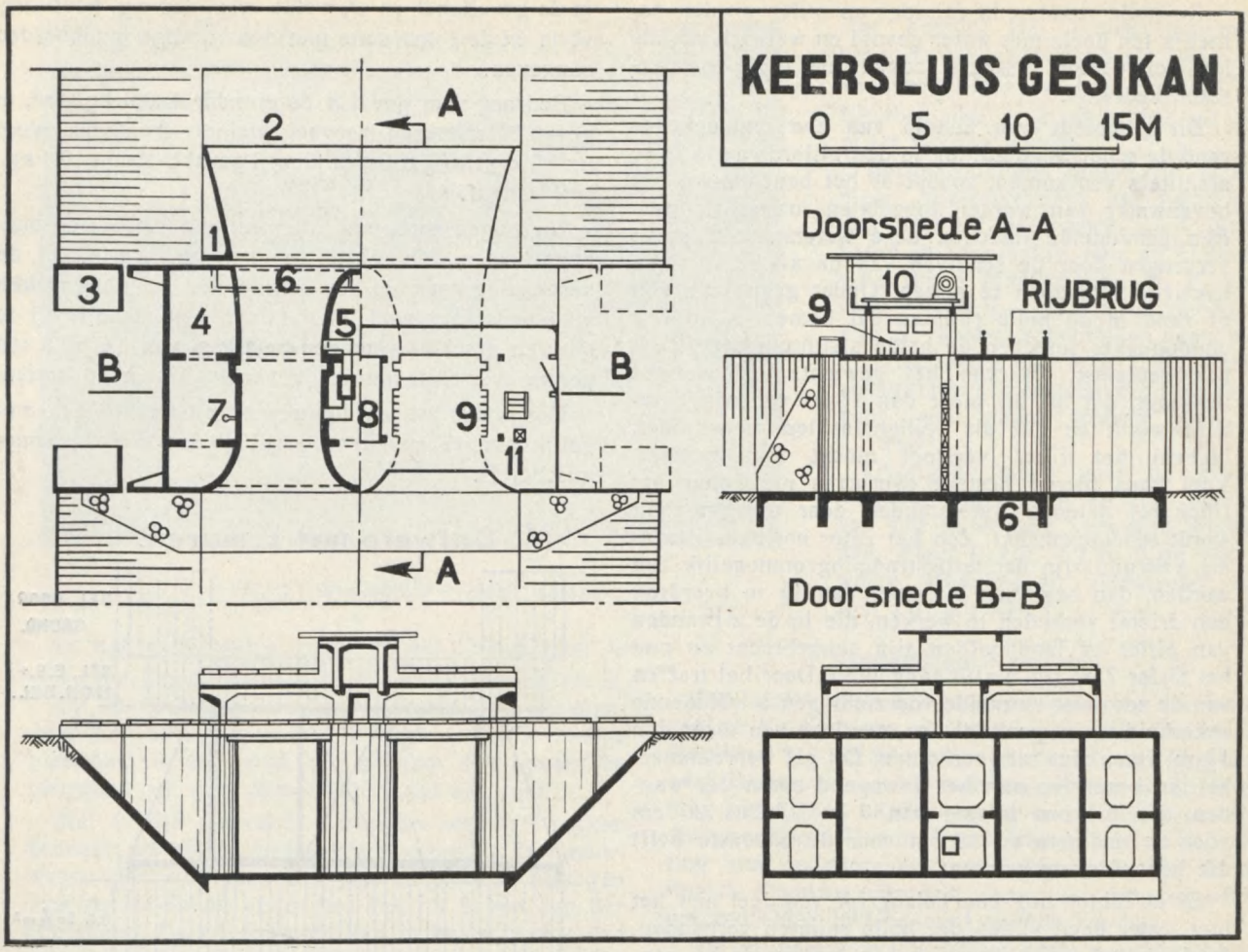


Fig. 1.

den en de taluds een secundaire wals met verticale as ontstaat, die zoo langzaam draait, dat men wel van een „dead-water pocket" zou kunnen spreken. Het verschil in rotatiesnelheid van de primaire en secundaire wals komt duidelijk tot uiting op de evenbedoelde foto aan de schuimmassa's die op het water drijven. De stroomgeleidingswanden worden dikwijls rechts doorgetrokken, maar het verdient meer aanbeveling deze stroomlijnvormig te maken, waardoor het water zich moet verspreiden, hetgeen met energieomzettingen gepaard gaat en de snelheid bij den uitloop nog vermindert.

Natuurlijk moet de verbreeding geleidelijk geschieden, opdat het water den wand kan volgen en niet loslaat.

Er zijn in den laatsten tijd verschillende methoden bedacht om dit loslaten bij sterke divergentie te vermijden. Van één daarvan, het afzuigen van de grenslaag, is in de toekomst wel economische toepassing te verwachten. Voor de onderwerpelijke sluis is dit ook aan het model geprobeerd, door het aanbrengen van riolen van de wanden naar de keeldoorsnede der sluis, waardoor automatisch afzuiging plaats heeft. De voorkeur werd echter in dit geval gegeven aan een minder plotselingen uitloop, dien het water zonder bijzondere voorzieningen juist kan volgen. Door den goeden stroomlijnvorm wordt natuurlijk ook een groote afvoer bij slechts gering verval bereikt. Blijkens de proeven werd ten naaste bij 75% van de snelheidshoogte in de keeldoorsnede weder teruggewonnen.

De toe te passen formule voor het debiet wordt daarom gegeven door den vorm:

$$Q = b\,(h + k - 4z)\,\sqrt{2\,g\,(4z)},$$

waarin: b = de breedte der openingen;
z = het verval;
h = de waterdiepte gemeten boven den vloer bovenstrooms van de sluis;
k = de snelheidshoogte aldaar.

De waterbeweging bij het uitgevoerde kunstwerk kwam zeer goed overeen met die bij het model. Ook in de practijk stond het water achter de stroomgeleidingswanden zoo goed als stil (zie *Plaat I, afb. 2*). Dat de onbeschermde taluds tijdens de uitvoering toch voorzien werden van een steenbezetting vindt zijn oorzaak daarin, dat zij bij een hoogte van 7 m en een helling 1 : 1 niet stabiel waren. De vleugelmuren eveneens afzonderlijk en hooger gefundeerd, op *fig. 1* met het cijfer 3 aangegeven, bleken iets te kort te zijn.

De becijfering van *fig. 1* verder vervolgende, stellen 4 en 5 resp. de landhoofden in caissonvorm en den hollen pijler voor, terwijl 6 een verbindingskoker tusschen beide is.

De holle ruimten in caissons en pijler worden namelijk ten deele met water gevuld en wel zooveel, als het gemiddelde tusschen boven- en benedenwaterstand bedraagt.

Dit geschiedt met behulp van een omloopkoker rond de schotbalkafsluiting in den pijler, waarin twee afsluiters voorkomen, zoodat of het beneden- of het bovenwater kan worden toegelaten in die ruimten. Een gemiddelde tusschen deze waterstanden wordt verkregen door de schuiven van de afsluiters tegelijkertijd iets open te zetten. Opdat geen vuil, slib of zand in de holle ruimten zal komen is op den omloopkoker tusschen de beide afsluiters een filterbak geplaatst, waarvan het gewicht juist zooveel bedraagt, dat hij bij meer dan $1\frac{1}{2}$ m waterdruk gelicht wordt en dus als veiligheidsklep dienst doet, ingeval het filter verstopt mocht zijn geraakt. Veel kans hierop bestaat overigens niet, daar het filter bij dalende waterstanden door terugspoeling wordt schoongemaakt. Zou het filter nochtans zoodanig vervuild zijn dat terugstrooming onmogelijk zou worden, dan beginnen bij meer dan $1\frac{1}{2}$ m overdruk een drietal ventielen te werken, die in de zijwanden van pijler en landhoofden zijn aangebracht en met het cijfer 7 op *fig. 1* zijn aangeduid. Door het treffen van de zoo juist vermelde voorzieningen is voldoende zekerheid verkregen, dat een overdruk van meer dan $1\frac{1}{2}$ m water niet zal voorkomen. Dit gaf een aanmerkelijke besparing aan het gewapend beton der wanden, die bij een hoogte van 7 m, slechts 20 cm voor de onderste en 15 cm voor de bovenste helft dik behoefden te worden.

Er is echter nog een belangrijk voordeel aan het met water doen vullen der holle ruimten verbonden. In dat geval wordt namelijk een ten naaste bij constante belasting op den fundeeringsbodem verkregen, terwijl bij leege caissons of bij gedeeltelijke vulling van deze met een of ander vast materiaal een sterk wisselende belasting optreedt tengevolge van de opdrijvende kracht bij 5 m meerdere of mindere indompeling.

Om de gedachten te bepalen kan gezegd worden, dat bij vulling met water die druk $\pm$ 0,4 kg/cm^2 zal zijn en in het andere geval zal varieeren van 0,2 tot 0,5 kg/cm^2.

Heeft men dus te maken met een uiterst slechten fundeeringsbodem, dan verdient het hier gevolgde systeem sterk aanbeveling. Om nog een vergelijking te kunnen maken met eenige andere fundeeringswijzen zijn op *fig. 2* schematisch eenige gebruikelijke vormen als varianten aangeven, waarbij van de veronderstellingen is uitgegaan, dat de geheele sluis als een stijf lichaam beschouwd mag worden en dat de druk door den ondergrond gelijkmatig wordt overgebracht.

Het laatste zal wel is waar niet zoo zijn, maar werd in het bestek ter vereenvoudiging voorgeschreven voor de berekening.

Fig. 2A stelt dan een ontwerp voor met **L** -muren. De belasting door grond op de voeten dier muren vermeerderd met de belasting door eigen gewicht der sluis en mobiele belasting doet een gemiddelden gronddruk ontstaan, die aanzienlijk grooter is dan in de gevallen *B* en *C*, welke resp. dan z.g. hoefijzervorm en de constructie met doosvormige landhoofden aangeven.

Bedroeg voor geval *A* de gronddruk 0,6 kg/cm^2, in geval *B* met een zooveel kleiner grondvlak werd $\pm$ 0,5 kg/cm^2 gevonden terwijl geval *C* slechts 0,4 kg/cm^2 aangaf.

Nu mogen deze verschillen uit een fundeeringsoogpunt bezien, niet altijd zoo belangrijk zijn, bij de berekening voor het gewapend beton der sluis maken zij steeds zeer veel uit. Of men een vloer heeft te bouwen geschikt voor een belasting van 6,5 of 4 ton per m^2 verschilt natuurlijk aanzienlijk in de kosten.

Het is dus pas na doorgevoerde berekeningen mogelijk aan te geven of geval *B* dan wel *C* economischer is.

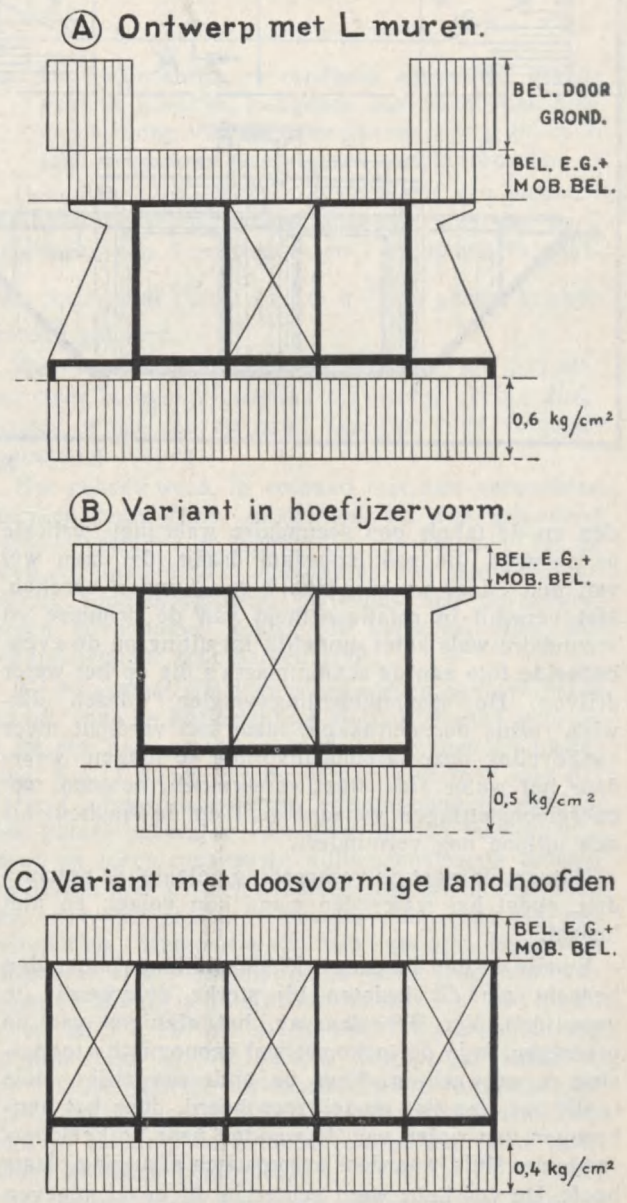


Fig. 2. Schematische voorstelling van de verdeeling der verticale belastingen en gronddrukken bij eenige fundeeringswijzen voor de keersluis Gesikan.

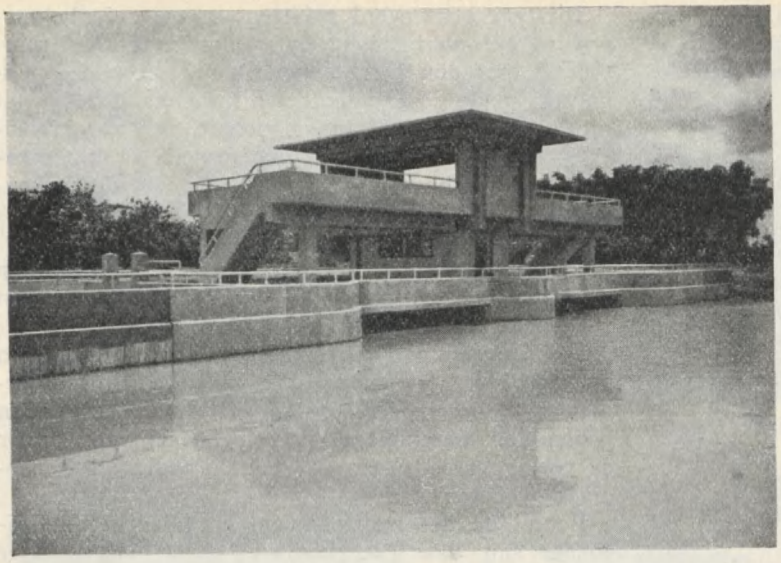


Fig. 3. Bovenbouw keersluis Gesikan.

In het onderhavige geval is wel komen vast te staan dat het ontwerp *A* de duurste oplossing gaf [1]).

Op de teekening van *fig. 1* is voorts met 8 aangeduid het bedieningshuisje waarin een drievoudige peilschaal is opgesteld, die behalve den boven- en beneden- ook den caissonwaterstand aanwijst.

Met 9 zijn de reeds vermelde schotbalk-rakken bedoeld; terwijl 10 de loopkraan voorstelt. De onderwagen daarvan moet door duwen worden bewogen van den ruststand onder het dak tot boven een der openingen. De bovenwagen kan in belasten toestand verreden worden met behulp van een windwerk met kettingoverbrenging.

Teneinde scheef optrekken van de schotbalken te voorkomen kunnen de kettingen even lang gemaakt worden doordat zij op aparte trommels loopen, die met behulp van klauwkoppelingen kunnen worden vrijgemaakt van het windwerk. Met de lier kan ook de filterbak, die ± 2 ton weegt, uit den pijler worden gelicht.

Betreffende den bouw zijn weinig meer bijzonderheden te vermelden dan dat het betonwerk werd uitgevoerd in aanneming door de Hollandsche Beton Maatschappij N. V. voor rond *f* 33 000,— en dat het ijzerwerk van de kraan, schotbalken, sponningen, leuningen enz. door verschillende constructiewerkplaatsen werd geleverd voor een totaal bedrag van ± *f* 10 000,—.

Overigens moge voor de uitvoeringswerkzaamheden en het aanzien van het kunstwerk verwezen worden naar *Plaat I, afb. 3* t/m *6* en *fig. 3*, welke afbeeldingen voldoende voor zich zelf spreken.

Verdeelsluis Ngasinan.

Dit kunstwerk werd gebouwd teneinde het water van de K. Ngasinan als volgt te kunnen verdeelen. Maximaal 100 m³/sec langs het Ngasinan-Ngrowokanaal. Dit water moet zooveel mogelijk zandvrij zijn en mag liefst geen slibdeeltjes bevatten met grooteren diameter dan 0,07 mm. Voorts 250 m³/sec in de richting van de doorgaande kali Ngasinan, die in de Rawah Gesikan uitmondt, waar de grovere vaste bestanddeelen gedeponeerd moeten worden.

Verder nog 3 en 0,5 m³/sec resp. voor de rechter en de linker Ngasinan-hoofdleiding, waardoor ruim 3 500 bouws verzekerd worden van een geregelde bevloeiing.

De overige aan het kunstwerk te stellen eischen luidden: de openingen voor het Ngasinan-Ngrowokanaal moeten gesloten kunnen worden om Kediri en de Brantasdijken te ontlasten van water bij catastrophale bandjirs in de kali Brantas.

De afsluitmiddelen in de doorgaande kali Ngasinan moeten met handkracht kunnen worden bediend en in ten hoogste één uur opgetrokken kunnen worden.

Het stuwpeil moet met het oog op de hoogteligging van het te bevloeien gebied op + 84,75 liggen. Het maximum toelaatbare bandjirpeil is + 86,50.

Tenslotte alle normale eischen waaraan een dergelijk groot kunstwerk moet voldoen, zooals bedrijfszekerheid, stabiliteit, economie, architectuur, enz.

In het bijzonder ware rekening te houden worden met een betrekkelijk ongunstigen bouwgrond, waarin o.a. zwarte kleilagen voorkomen. Om aan deze eischen te voldoen werd een kunstwerk ontworpen dat aan een modelonderzoek in het Openlucht-laboratorium te Modjokerto werd onderworpen (*Plaat I, afb. 7* en *8*) en in zijn uiteindelijken vorm in *fig. 4* is afgebeeld. Het is geheel in gewapend beton opgetrokken, behalve de aansluitende taludbekleedingen, die uit betonribben met metselwerkvulling bestaan. Evenals de keersluis Gesikan is deze sluis beschouwd als een stijf doosvormig lichaam, hetgeen mogelijk was door het aanbrengen van de noodige verticale

1) Het zij mij vergund in dit verband terloops de aandacht te vestigen op de interessante ervaring met het kunstwerk Karanganjar in de kali Woelan nabij Koedoes opgedaan. Het betrof hier een wel 100 m breede sluis, bestaande uit een groot aantal openingen, gescheiden door gemetselde pijlers, die circa 8 m hoog en van boven verbonden waren door halfcirkelvormige bogen, waarop de windwerken der schuiven stonden. De bloklandhoofden waren evenals de rest van het kunstwerk gefundeerd op palen. De houten vloer tusschen de evenwijdige vleugels der landhoofden liep door en daarop rustte, zooals gebruikelijk grond. Het geheel is gebouwd in een zeeafzetting. In den loop der jaren is het kunstwerk bij de landhoofden ongeveer 60 cm en in het midden „slechts" 30 cm gezakt. De mooie Romeinsche bogen scheurden alle en vele schuiven liepen vast.

Toen is tegen de achterzijde der vleugels een wand gemaakt en is de grondbelasting op den vloer weggenomen. Hierna werd geen verdere zakking der landhoofden meer geconstateerd.

De bogen van metselwerk tusschen de pijlers zijn later nog afgebroken en de schuiven geplaatst in vormvaste ijzeren raamconstructies, die los in de sponningen op houten balken op den vloer werden gezet. Het kunstwerk kan hierdoor vormveranderingen ondergaan, zonder dat de schuiven gaan klemmen.

Het zou zeker de moeite waard zijn, indien de over dit kunstwerk beschikbare gegevens eens uitvoeriger werden gepubliceerd.

schotten, stempelingen, horizontale ribben enz. Hiervoor is zeer kundig projectwerk verricht door de N. V. NEDAM, welke firma het gewapend beton gedeelte der sluis aannam voor een bedrag van rond *f* 100 000,—.

De gronddruk moest volgens het bestek gelijkmatig verdeeld en rechtlijnig verloopend worden aangenomen.

Ter bepaling van dien druk moest, behalve het eigen gewicht van de sluis met toebehooren plus mobiele belasting, ook het kantelend moment tengevolge van verschil in boven- en benedenwaterstanden worden in rekening gebracht benevens de waterdruk tegen den onderkant van den vloer.

Bij deze en andere aldus opgezette berekeningen is echter wel gebleken, dat voor den vloer het ongunstigste belastingsgeval zich voordoet, als de sluis wordt drooggelegd, m.a.w. als slechts het eigen gewicht gedragen moet worden.

De gronddruk bedraagt dan in ons geval rond 0,4 kg/cm^2. Vooral voor het verst van het sluislichaam verwijderde deelen, zooals de woelbakken en voorvloer, waarop geen schotten voorkomen, leverde de gewapend beton berekening eenige moeilijkheden op. De krachten welke op die deelen werken moesten namelijk overgebracht worden naar een moot gelegen onder de verticale schotten, waar de overspanning zooveel kleiner is (*Plaat I, afb. 9* en *10*).

Bij de sluis in kwestie moest aldus één der woelbakken over een lengte van 5 m, 1 m dik werden.

Nochtans wil hiermede niet gezegd zijn, dat een oneconomische constructie is verkregen. Waren rechtstandsmuren in metselwerk van 10 m hoogte gemaakt, met daartusschen een vloer, dan zouden ongelijke zakkingen te verwachten zijn, die het practisch onmogelijk zouden maken een constructie als de onderwerpelijke met moderne afsluitorganen uit te voeren.

Bovendien worden in de practijk meestal metselwerkconstructies uitgevoerd, die niet aan een zoo strenge berekening worden onderworpen als die voor gewapend beton wordt vereischt, met gevolg dat de zekerheidscoëfficiënt bij eerstgenoemde soort bouwwerken niet bekend is en veelal aanzienlijk lager zal zijn dan bij gewapend beton.

Er ontstaan aldus twee niet met elkaar te vergelijken objecten.

Als verdere bijzonderheid aan de verdeelsluis kan genoemd worden de horizontale betonplaat op 3 m boven den bodem waaronder 4 afvoerkokers liggen (*Plaat I, afb. 11*). Door deze kokers worden de onderste waterlagen haaks afgeleid naar de rawah.

Een dergelijke plotselinge richtingsverandering is alleen in gesloten profielen goed uitvoerbaar. Bij een vrijen waterspiegel ontstaat in zulke gevallen in den regel een zeer ongunstige waterbeweging en treden steeds hevige woelingen op. Dit was bij de onderhavige sluis ontoelaatbaar, aangezien boven de plaat slechts zandvrij oppervlaktewater naar de kali Ngrowo mag stroomen. De vier sluiskokers die aan het einde een doorsnede hebben van 5 × 3 m^2 werden afgesloten door 2 segmentkleppen ter breedte van 10,30 m (*Plaat I, afb. 12* en *fig. 5*).

Dit type stuw werd gekozen vanwege de belangrijke eraan verbonden voordeelen, vooral in combinatie met den hier toegepasten gewapend betonbouw. Enkele dezer voordeelen kwamen duidelijk tot uiting op het XVIde Internationale Scheepvaartcongres te Brussel in 1935 gehouden, waar in de Afdeeling Binnenscheepvaart als 2de mededeeling behandeld werd het onderwerp „Moderne beweegbare stuwtypen".

In alle uitgebrachte rapporten werd de segmentklep zeer gunstig beoordeeld en de conclusie vervat in het Algemeen Rapport luidde dan ook: „Segmentstuwen voldoen goed. Zij onderscheiden zich door den eenvoud van het mechanische gedeelte, hetwelk gemakkelijk bereikbaar is, daar het in het algemeen boven den waterspiegel is gelegen en voorts door de geringe grootte van de voor de bediening benoodigde krachten".

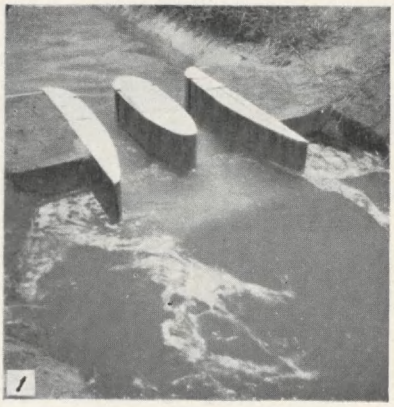
Vooral op het laatste kwam het hier in het bijzonder aan, daar niet dan met groote kosten over electrischen stroom kon worden beschikt en de waterdruk per klep maximaal ± 200 ton groot kan zijn.

Deze druk gaat bij de segmentkleppen echter door het draaipunt dat hier uitgevoerd is met zelfinstellende S.K.F.-rollagers rondom een stalen as met een diameter van 260 mm. De wrijving bij beweging in deze lagers optredende, kan overwonnen worden door een kracht van ± 500 kg werkende langs de Gallsche kettingen, waarmede de kleppen geopend worden. Het eigen gewicht der kleppen zou geheel uitgebalanceerd kunnen worden, ware niet een overdruk noodig om een goede afsluiting langs den bodem te verkrijgen.

Voor dezen druk wordt als practisch cijfer in het boek van Kulka: „Der Eisenwasserbau" 0,5 t/m opgegeven, hetgeen in ons geval dus 5 ton zou worden. We hebben echter geconstateerd dat bij juiste afstelling van het in de vloer ingebetonneerde profielijzer en bij goede afwerking van de houten aanslagbalk aan de klep, de helft van den genoemden druk wel voldoende is.

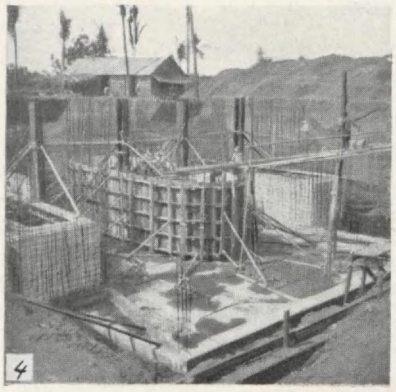
Verklaring Plaat I.

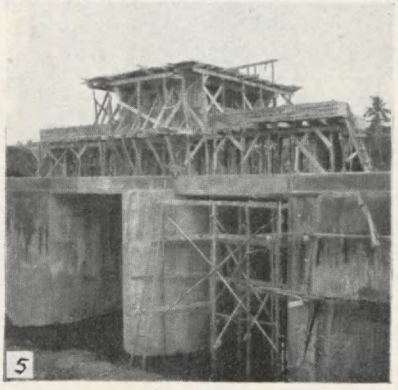
1. *Waterbeweging model keersluis Gesikan.*
2. *Uitloopconstructie met stroomgeleidingswanden keersluis Gesikan.*
3. *De opstort op den vloer voor pijler en landhoofden is aangebracht.*
4. *De pijlerwand wordt gestort nadat de profielijzers der sponningen zijn gesteld.*
5. *Bovenbouw keersluis Gesikan „in de kist".*
6. *De laatste hand wordt aan de afwerking gelegd.*
7. *Model van de verdeelsluis Ngasinan tijdens spuien naar de rawah.*
8. *Het leggen van de tranches na een uitkolkingsproef bij het voorontwerp.*
9. *Verticale schotten steunen den woelbakvloer over een gedeelte.*
10. *Alle wanden werden 24 uur na het storten bijgeschuurd.*
11. *Horizontale gewapend beton plaat met daaronder de 4 kokers en erboven geleidingsribben.*
12. *Stootbalk benedenstrooms van de segmentkleppen richt het water naar den drempel aan het einde van den woelbak en stempelt bovendien de grondkeerende wanden en het tusschenschot.*


1

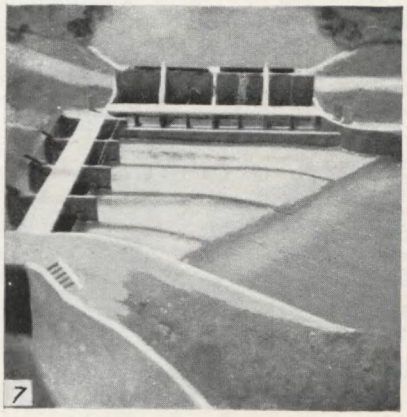
2

3


4

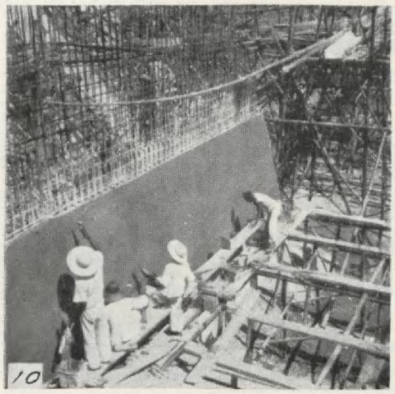

5

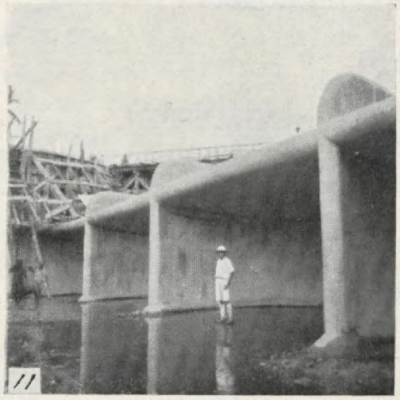
6


7

8

9


10


11

12

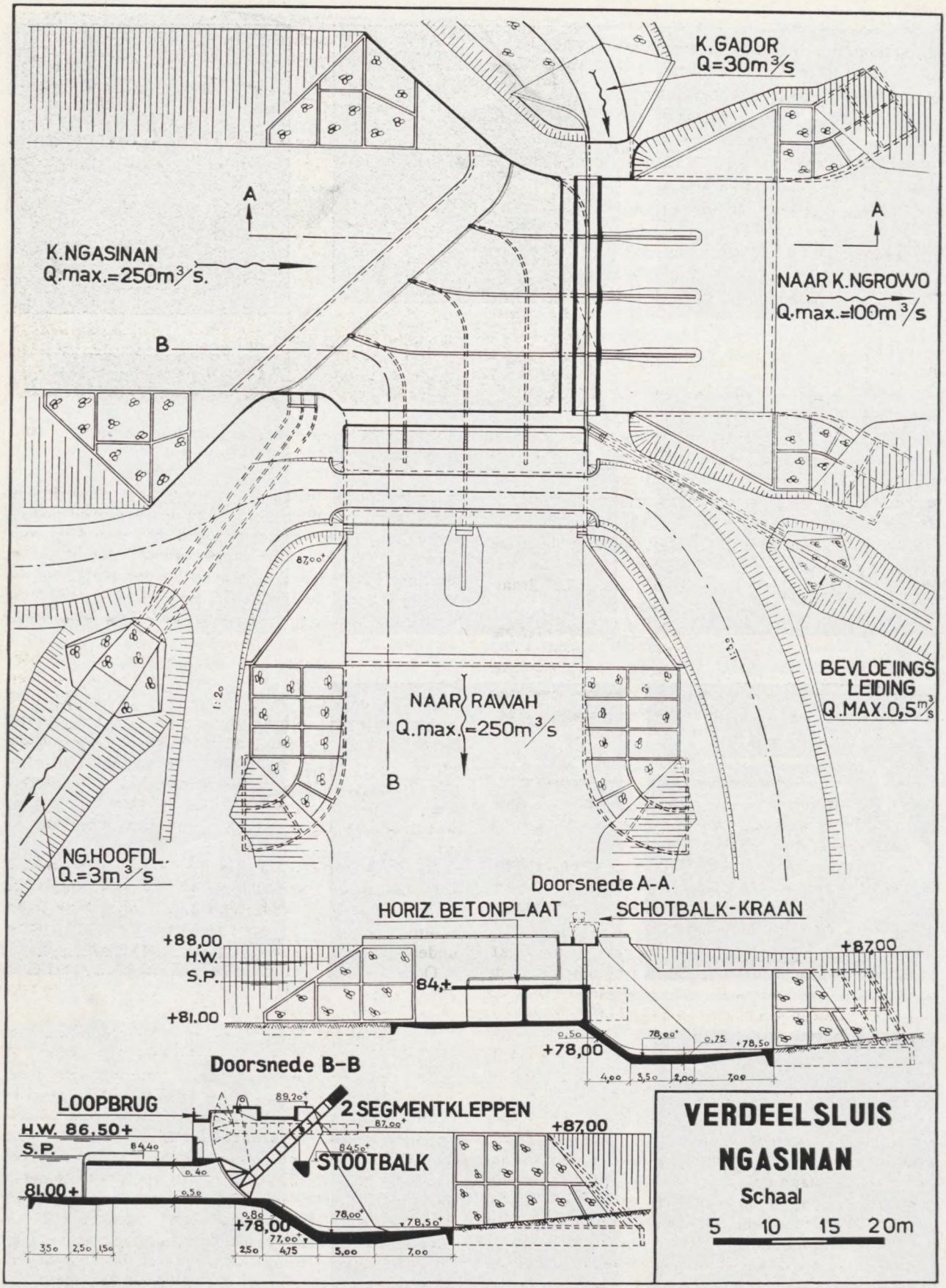

K.GADOR
Q=30m³/s
A
A
K.NGASINAN
Q.max.=250m³/s.
NAAR K.NGROWO
Q.max.=100m³/s
B
B
87,00+
1:2,0
1:2,0
BEVLOEIINGS
LEIDING
Q.MAX.0,5m³/s
NAAR RAWAH
Q.max.=250m³/s
NG.HOOFDL.
Q.=3m³/s
Doorsnede A-A.
HORIZ. BETONPLAAT
SCHOTBALK-KRAAN
+88,00
H.W.
S.P.
+81.00
84,+
+87,00
0,50
78,00+
0,75
+78,50
+78,00
Doorsnede B-B
4,00
3,50
2,00
7,00
LOOPBRUG
H.W. 86,50+
S.P.
81,00+
89,20+
2 SEGMENTKLEPPEN
87,00+
84,40
0,40
0,50
STOOTBALK
84,50+
+87,00
0,80
+78,00
77,00+
78,00+
78,50+
3,50
2,50
1,50
2,50
4,75
5,00
7,00
VERDEELSLUIS
NGASINAN
Schaal
5 10 15 20m

Fig. 4.

Met een windwerk van 3 ton zou dus kunnen zijn volstaan. Echter dient nog rekening te worden gehouden met zuigwerking en met het feit dat de klep bij het optrekken boven water komende zwaarder wordt. In verband hiermede is een windwerk ontworpen met een hefvermogen van 4 t, terwijl de klep uitgebalanceerd werd tot op 3 t na. Dit laatste kon op nauwkeurige wijze geschieden met behulp van weegschalen, als in gebruik bij den wegendienst voor contrôle op de asbelasting van vrachtauto's. Twee dergelijke „Loadometers" werden onder den stuwwand geplaatst, waarna de ballastruimte, in het midden van het klep-portaal aangebracht (*Plaat II, afb. 13*), gevuld werd met steenen. Het overige deel van het portaal was tot aan de draaipunten van te voren reeds volgestort met mager beton (*Plaat II, afb. 14*).

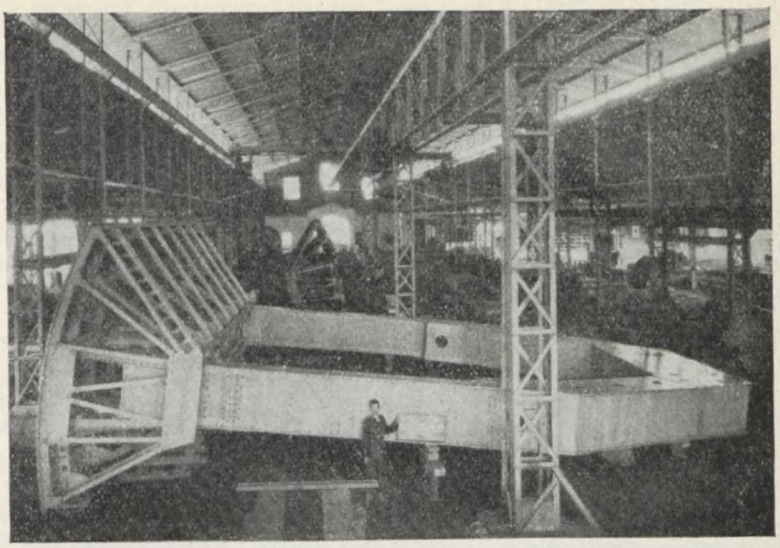


Fig. 5. Segmentklep, breed 10,30 m, in de werkplaats der N. V. Machinefabriek B r a a t te Soerabaja.

Het totale gewicht van een segmentklep bedroeg uiteindelijk ongeveer 50 t. Dit gewicht plus de waterdruk van 200 t geeft een resultante door het draaipunt groot ± 90 t.

De stand van het huis der lagers en de verankering daarvan in de z.g. ooren van beton is in verband hiermede zoodanig bepaald, dat in gesloten en geopenden stand van de klep gelijke afschuivende krachten optreden langs de loodrecht op elkaar staande vlakken der huizen.

Fig. 7 geeft zulks aan.

Het stellen dezer ankers, dat zeer nauwkeurig moest geschieden tijdens de uitvoering van het betonwerk, was uiterst lastig door het vele bekistingshout dat in den weg stond. Ook het plaatsen van de huizen (*Plaat II, afb. 15*) zelf in hun juisten stand en het maken van de lijst, waarlangs de segmentkleppen zijdelingsche afdichting vinden door middel van een rubber strip, vereischte veel zorg (*Plaat II, afb. 16*).

Deze werkzaamheden werden nog bemoeilijkt, doordat tijdens de uitvoering van het betonwerk reeds water door het nog slechts gedeeltelijk voltooide kunstwerk moest worden afgelaten. Tot dezen noodmaatregel moest worden overgegaan omdat de tijdelijke omlegging, door vroegtijdige bandjirs in de kali Ngasinan, zoodanig uitschuurde en afkalfde dat er gevaar voor den bouwpunt ontstond. De bovenbouw, bestaande uit een rijbrug en twee bedieningsplateau's zijn toen gemaakt met behulp van een houten schoorwerkconstructie zoodat geen stempels in den stroom behoefden te staan (*Plaat II, afb. 17*). Dit schoorwerk rustte op 4 ijzeren balken, DIN No. 36 die later dienst deden als ondersteuning van den werkvloer voor het monteeren der kleppen.

Aangezien bij het stellen der potten slechts een gedeelte van de zijdelingsche aanslaglijst boven water uitstak, kon de plaats der potten slechts nauwkeurig voor dit gedeelte worden bepaald. Dit geschiedde met gespannen stalen pianosnaar volgens de diagonaalmethode. Hoewel in het bestek afwijkingen der lijsten van meer dan 1 cm uit den loodrechten stand niet waren toegelaten, gaf het toch veel voldoening, toen na de montage van de klep deze bij sluiting niet klem liep en practisch waterdicht gesloten kon worden (zie *fig. 6*). Hierdoor behoefde de bevloeiing uit de kali Ngasinan niet nog een westmoesson te worden uitgesteld.

Dat het monteeren van de klep heel wat hoofdbrekens heeft gekost kan men zich indenken. Stukken toch van ongeveer 5 ton moesten in de beperkte ruimte onder de rijbrug worden neergelaten en met handklinkwerk aan één geklonken worden, waarna het geheel opgevijzeld en in de potten gelegd kon worden (*Plaat II, afb. 18*). Een complicatie was hierbij nog dat alles vastgesjord moest worden om gevrijwaard te zijn tegen verlies bij bandjir, zie *Plaat II, afb. 19*.

De N. V. Machinefabriek B r a a t te Soerabaja komt zeker een woord van lof toe voor de wijze waarop al deze moeilijkheden door haar werden overwonnen en voor de prettige samenwerking daarbij onder dikwijls minder aangename omstandigheden.

Ook heeft zij constructief een zeer aantrekkelijk ontwerp geleverd, dat bovendien in zakelijk-aesthetisch opzicht uitstekend voldoet.

Een goede oplossing is bijv. dat de beplating met ondersteunings-kanaalijzers geplaatst is vóór de regels van de beide hoofdliggers, waardoor een overzichtelijk geheel is verkregen en alle punten goed te bereiken zijn voor verfwerk. Een fraaie, hoewel dure, oplossing is ook het excentrisch plaatsen van de armen van de klep t.o.v. de potten (zie *fig. 7*). Deze excentriciteit bedroeg ruim 0,60 m, waardoor een moment van ± 5 500 000 kgcm moest worden opgenomen door de portaalconstructie. Het voordeel van de excentriciteit is, dat daardoor de armen van de klep op voldoenden afstand van de muren komen om den achterkant ervan en vooral ook de draaipunten gemakkelijk te inspecteeren en te onderhouden. Voor dit doel zijn ook langs den wand uitkragende betontrappen ontworpen. De windwerken zijn door de

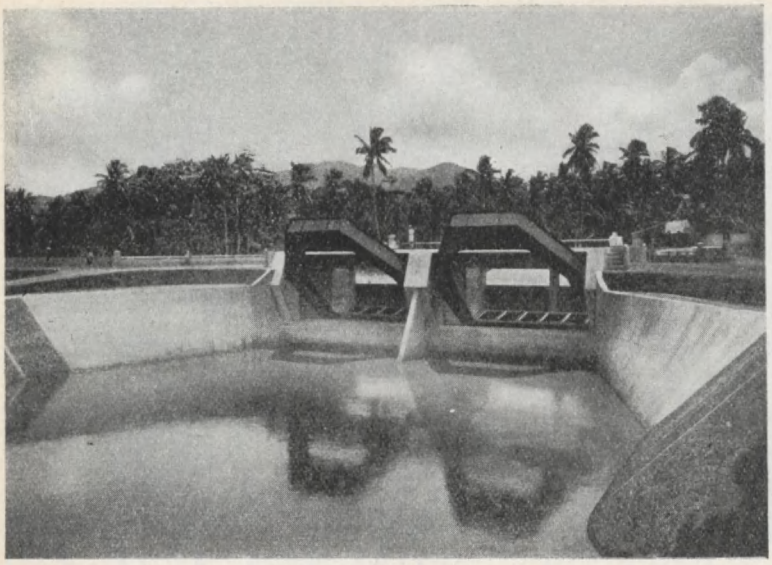


Fig. 6. De verdeelsluis Ngasinan zoo goed als gereed.

firma Braat eveneens bijzonder goed verzorgd. Behalve een handrem is daarbij een z.g. zelfwerkende lastdrukrem aanwezig (*Plaat II, afb. 20*). Op de handrem alleen kunnen namelijk de kleppen in enkele minuten tijds worden neergelaten. We hebben echter gemeend aan het bedieningspersoneel de sensatie, een lichaam van zulke groote afmetingen en gewicht in een dergelijk tempo te doen bewegen, te moeten ontnemen uit vrees voor beschadigingen.

De kleppen hebben *f* 16 000,— per stuk gekost en mogen dus wel met de noodige omzichtigheid naar beneden worden gedraaid. Per klep zijn hiervoor 5 minuten noodig. Het openen kan gemakkelijk door 2 man in een kwartier plaats hebben. Dat dit een belangrijk voordeel is voor een goede regeling der debieten spreekt vanzelf.

Van segmentkleppen welk type hier, althans in deze afmetingen, voor den eersten keer in Indië zijn toegepast, kan uit ervaring bij den bouw en exploitatie opgedaan gezegd worden, dat zij technisch en economisch in alle opzichten voldoen en daarom te verkiezen zijn boven de gebruikelijke schuiven.

Verdere verbreiding van dit type stuwinrichting zij dan ook ten zeerste aanbevolen.

Bij het projecteeren waren dan ter besparing van kosten de volgende afwijkingen van de zoojuist beschreven constructie wel in overweging te nemen.

Ten eerste: de kleppen kunnen ook uitgebalanceerd worden met een los tegengewicht hangende aan Gallsche kettingen. Ten tweede: de stuwwand kan als een plat vlak in stede van cylindrisch worden uitgevoerd. Dit vlak moet dan z.g. lossend geplaatst worden, d.w.z. bij het openen moeten alle punten van dat vlak zich van het water of eventueel afgezet slib, af bewegen. Ten derde: het is mogelijk de draaipunten centrisch ten opzichte van de armen te plaatsen en deze laatste niet evenwijdig aan de as van de sluis te nemen. De oplegging van de hoofdliggers van het stuwlichaam wordt daardoor gunstiger.

Deze wijzigingen kunnen mogelijk in andere gevallen bezuinigingen beteekenen.

Ter afsluiting van de vier openingen ter breedte van 5 m naar het Ngasinan-Ngrowokanaal zijn schotbalken van 60 en 90 cm hoogte gemaakt, bestaande uit een ijzeren raamwerk, waartusschen beton is

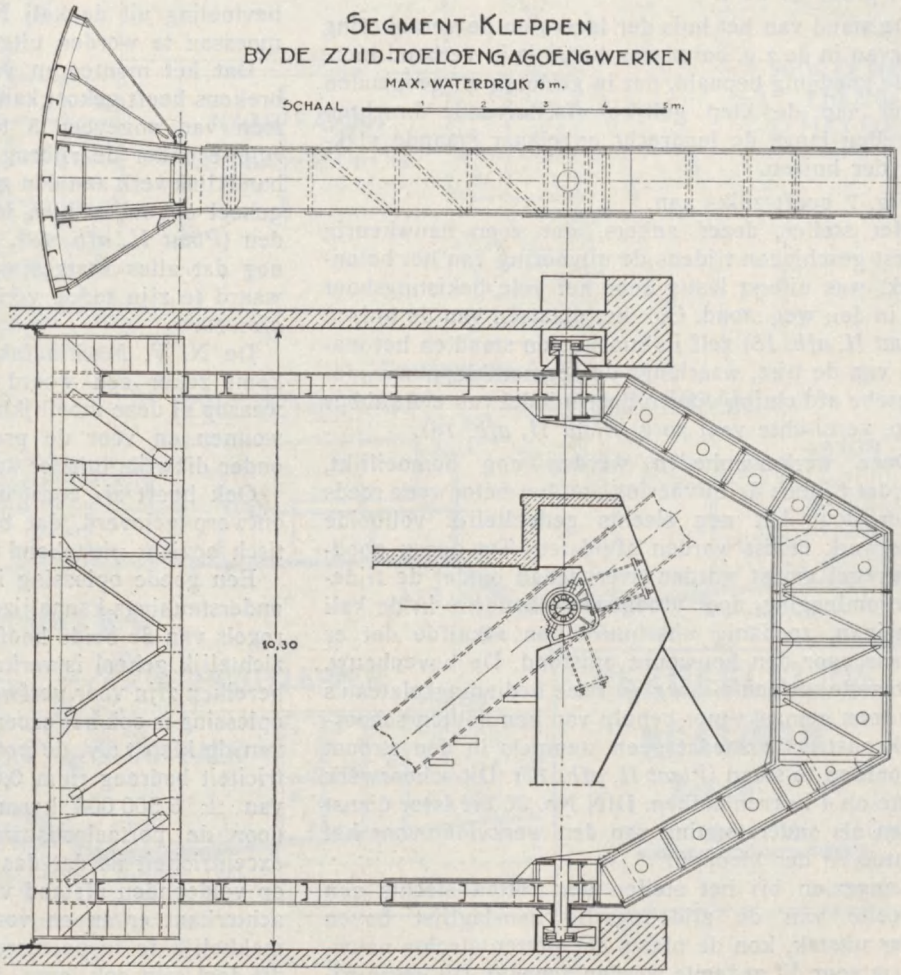


Fig. 7.

gestort, zoodanig dat het gewicht per balk ongeveer 2 ton bedraagt. Dit is juist zooveel als noodig om de wrijving te overwinnen bij overstortend water (*Plaat II, afb. 21*).

Als sponningen zijn balkijzers met 30 cm breede en evenwijdige flenzen gekozen, die tusschen de gewapende beton schotten verankerd zijn. Voor het lichten van de balken is een hefinrichting aanwezig, samengesteld uit een in lengterichting verplaatsbaren portaalvormigen onderwagen en een zich loodrecht daarop bewegenden bovenwagen. Deze loopkraan werd gemaakt in de werkplaatsen van de Constructiewinkel „De Bromo" te Pasoeroean. Aangezien geen overkappingen bij dit kunstwerk zijn ontworpen moesten de windwerken en de trommels, waarop de kettingen loopen, beschermd worden door waterdichte plaatijzeren kasten, zooals duidelijk te zien is op *fig. 8*. Een bij deze schotbalkinrichting goed voldaan hebbende nieuwigheid is nog, dat de vaste haalkettingen in z.g. kasten aan zijkanten der balken zijn bevestigd. Nadat een balk is neerlaten wordt het oog der kettingen ingepikt in een haak, die op het lijf der sponningsijzers is aangebracht. Behalve dat hierdoor de kettingen niet in den stroom hangen, met alle nadeelen daarvan, wordt het voordeel verkregen dat een omklapbaar verbindingsstuk voor bevestiging der kettingen aan den balk vermeden wordt.

Plaat II, afb. 22 toont het neerlaten van een balk op den dag van ingebruikstelling, toen Z. E. de Gouverneur-Generaal Jhr. Tjarda van Starkenborgh Stachouwer het kunstwerk bezocht.

Stuw Widoro.

Een derde belangrijk werk in de Zuid-Toeloengagoengsche vlakte was het regelbaar maken van de *stuw te Widoro*. Zooals reeds tevoren vermeld, werd in 1899 op die plaats een vaste drempel in de kali Tawing gebouwd met een breedte van 32 m. In later jaren is er ook nog een even breede vaste stuw nabij die plaats in het Moendjoengankanaal tot stand gebracht, waardoor het Tawingwater gelijkelijk verdeeld werd over beide richtingen. Voor de Tawing was dat echter dikwijls nog te veel, terwijl langs het Moendjoengankanaal meer afgevoerd zou kunnen worden naar de kali Ngasinan, tenminste als laatstgenoemde rivier niet reeds overbelast was door regenval in het eigen stroomgebied.

De waarschijnlijkheid van coïncidentie bleek echter niet zoo groot. Hierdoor, maar ook omdat het nog allerlei nevenvoordeelen gaf het Tawingwater zooveel mogelijk via het Moendjoengankanaal, de Ngasinan, het Ngasinan-Ngrowokanaal en de Ngrowo naar de Brantas te leiden, waarvan als voornaamste genoemd kunnen worden: meerdere verlaging der rawahstanden en betere mogelijkheid om de ontworpen rivierprofielen vrij van aanslibbingen te houden, werd besloten de Tawing-overlaat te voorzien van een beweegbare stuw, die met het oog op de snel opkomende bandjirs automatisch moest zijn.

Aan deze inrichting werden voorts de volgende eischen gesteld.

Bij een stijging van het waterniveau tot 1,50 m boven de vaste kruin moet de inrichting gesloten blijven en bij doorgaande verhooging tot 2,30 m moet maximaal 100 m^3/sec worden afgelaten.

Verder dient de afsluiting ten allen tijde met de hand te kunnen worden geopend, teneinde overbelasten van de kali Ngasinan te voorkomen en om op gezette tijden te kunnen spuien.

Automatische kleppen met boven water gelegen draaipunt leken aanvankelijk de meest geschikte oplossing te geven, maar van dit plan moest worden afgestapt, omdat deze constructie zich slecht aan den bestaanden toestand aanpaste.

Gekozen werden om deze redenen twee kleppen met laaggelegen draaiingsas, ter breedte van 15 m met een tusschenpijler van 2 m breedte (zie *fig. 9* en *10*). De draaipunten voor iedere klep, zeven in getal, konden op I-liggers worden geplaatst die betrekkelijk eenvoudig in den nieuw te maken kop van de vaste stuw konden worden ingebetonneerd (*Plaat II, afb. 23*).

Boven de stuw werd tevens een bedieningsbrug gelegd, aan de uiteinden waarvan portalen werden opgesteld (*Plaat II, afb. 24*). Over deze portalen loopen op kettingwielen, die aan weerszijden gelagerd zijn in S.K.F.-rollagers, de Gallsche kettingen waaraan een tegengewicht, zwaar 25 t, hangt (*Plaat III, afb. 25*). Dit tegengewicht is van dezelfde constructie als de loopbruggen en bestaat uit twee liggers van gewapend beton met een laag gelegen vloertje daartusschen. Hierdoor wordt een bak gevormd, die zoonoodig met losse ballast kan worden bijgevuld.

Aan de zijkanten der tegengewichten steken assen uit, waaromheen, zooals *Plaat III, afb. 26* laat zien, tijdens de exploitatie, de kabelschijven geschoven

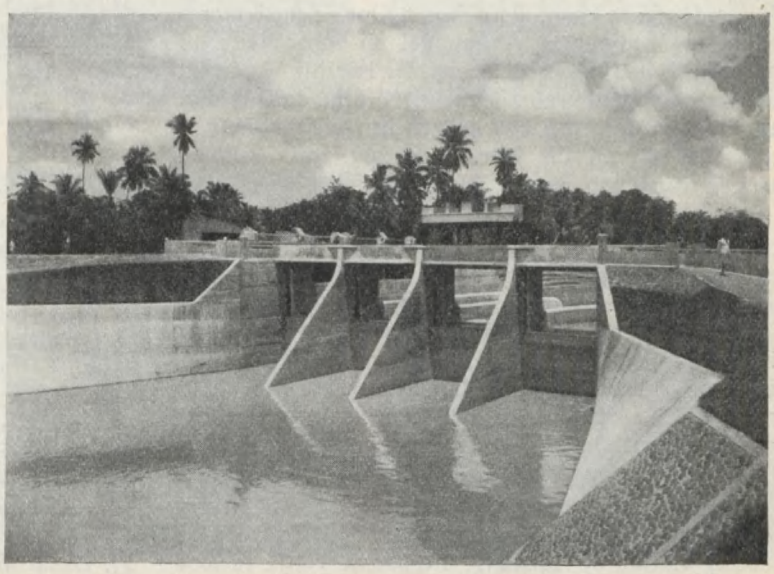


Fig. 8. Benedenstroomsch aanzicht van de schotbalkinrichting van de verdeelsluis Ngasinan.

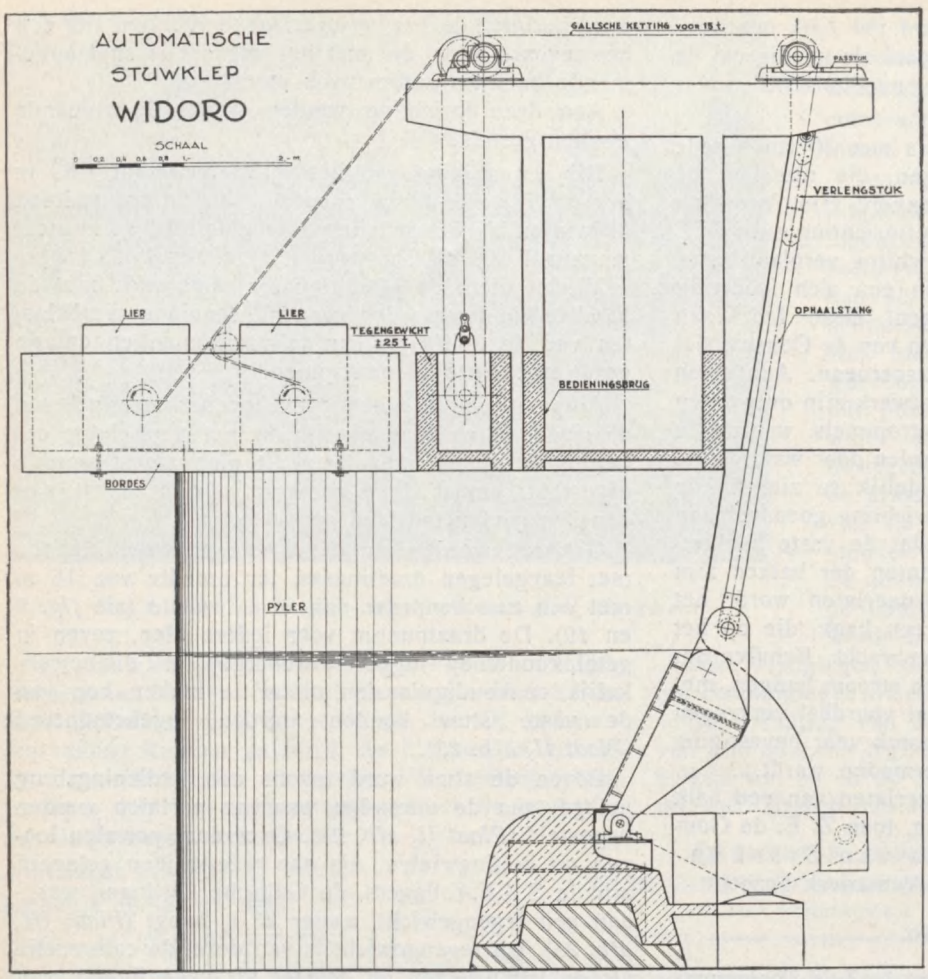


Fig. 9.

kunnen worden van de hefinrichting om het tegengewicht op te hijschen en de klep aldus met handkracht te strijken.

Teneinde de hydraulische werking van dit soort kleppen, waarvan het een eerste toepassing in Ned.-Indië gold, na te gaan, werd in het Openlucht Laboratorium te Modjokerto een model op schaal 1 : 10 beproefd (*Plaat III, afb. 27* en *28*). Hierbij bleek dat dit soort kleppen veel „gevoeliger" zijn dan de z.g. hangkleppen door mij beschreven in *De Ingenieur in Indië* No. 6 van dit jaar. Men zou zelfs kunnen spreken van „van nature overgevoelig".

Hiermede wordt bedoeld, dat het openende moment door den waterdruk op de klep uitgeoefend, bij opengaande beweging in sterker mate toeneemt dan het sluitende moment door het tegengewicht veroorzaakt. Het gevolg hiervan is dat veel waterafvoer plaats heeft op een nagenoeg constant niveau. Het is zelfs denkbaar dat de toestand labiel wordt en de klep doorslaat. Nu werd van de stuw in kwestie juist geëischt dat zij bij stijgend water slechts weinig zal aflaten, m.a.w. de klep diende ongevoelig te zijn.

Dientengevolge moest het sluitende moment bij openen snel toenemen. Om dit te bereiken werd de richting van de ophaalstang, die aanvankelijk te lood was gedacht, gewijzigd en wel zoodanig dat deze stang een veel kleineren afstand tot het draaipunt kreeg (*Plaat III, afb. 29*). Het tegengewicht moest hierdoor belangrijk verzwaard worden om bij geen of weinig afvoer het stuwpeil te kunnen blijven handhaven.

Uit verschillende proeven met het model werd vastgesteld dat het sluitende moment bij draaiing over 60° ongeveer 2,5 maal zoo groot moet worden, wil een hydraulisch gedrag van de klep verkregen worden, zooals de vereischte karakteristiek aangaf.

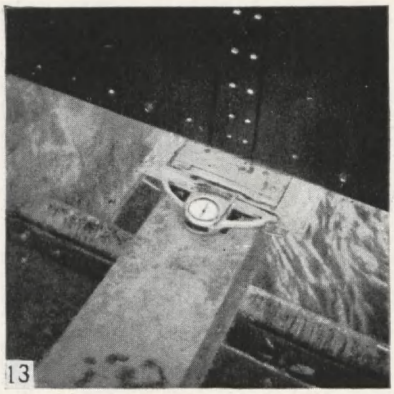
Een toeneming van het sluitende moment, mits deze niet al te groot moet zijn, wordt ook wel eens verkregen door excentrische ophanging van het tegengewicht of door middel van schijven van bijzonderen vorm. In ons geval kon het gestelde doel echter slechts op eenvoudige wijze worden verkregen door een juiste helling van de ophangstang.

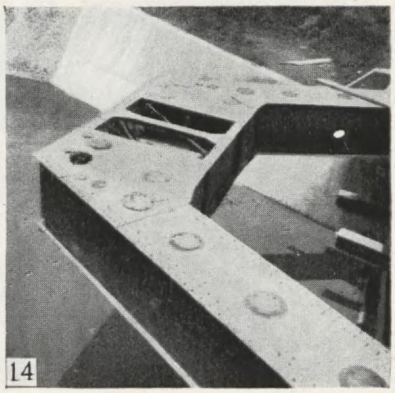
Er werd bij het ontwerpen van de ijzerconstructie ook voor gezorgd dat in die helling later, zoo de exploitatie dat noodig maakt, gemakkelijk verandering gebracht kan worden.

Daartoe zijn de benedenstroomsche potten op de portalen verplaatsbaar gemaakt en is de mogelijkheid geschapen de ophaalstang te verlengen (zie *fig. 9*). Aldus werd hydraulisch een bevredigende oplossing

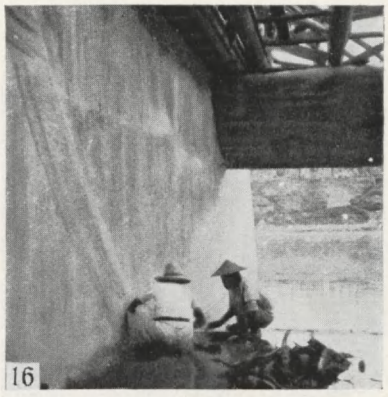
Verklaring Plaat II.

13. De segmentklep wordt gewogen met behulp van „loadometers".
14. Portaal van de segmentklep door de ronde openingen gedeeltelijk gevuld met mager beton.
15. Belangstelling voor een gietstalen huis van het rollager der segmentkleppen.
16. Voor de beton aanslaglijsten der segmentklep werd een djatihouten kist gebruikt, waardoor ze na het ontkisten slechts gladgeschuurd behoefden te worden.
17. Houten schoorwerkconstructie onder gewapend beton rijbrug met 10,30 m vrije overspanning.
18. Eén zorg minder: het gevaarte rust veilig op zijn as.
19. In dagen van tegenspoed.....
20. Windwerk met zelfwerkende lastdrukrem.
21. Schotbalken staan naast de sponning en tusschen de rails van de loopkraan.
22. Het neerlaten van een schotbalk.
23. Detail draaipunt klep Widoro.
24. De automatische stuwklep in bedrijf gesteld.


13

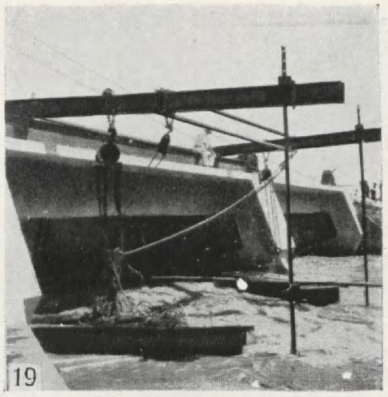

14

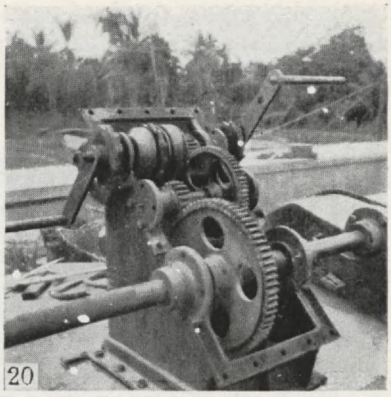
15

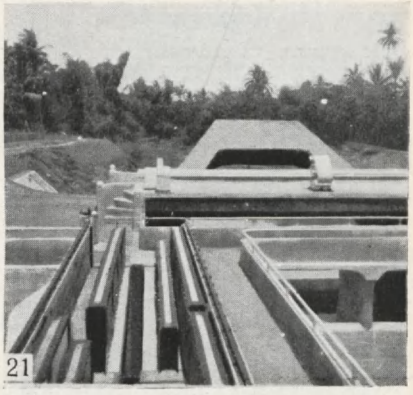

16

17

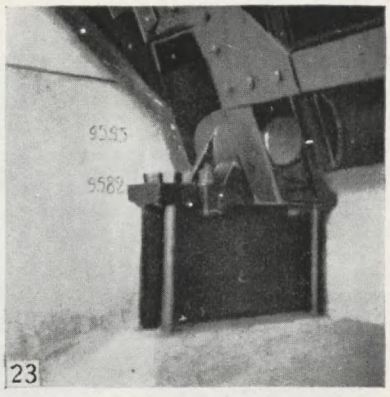
18


19


20


21

22

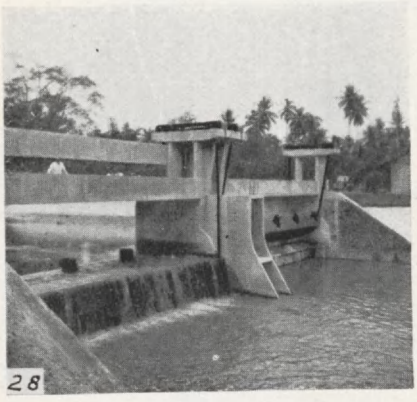

23

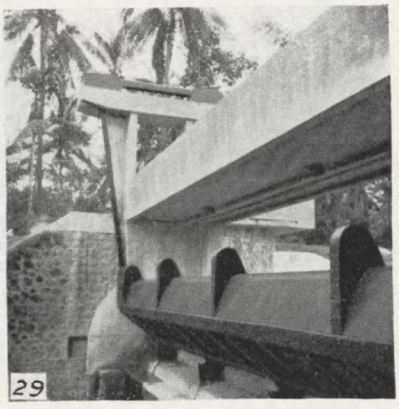
24

25

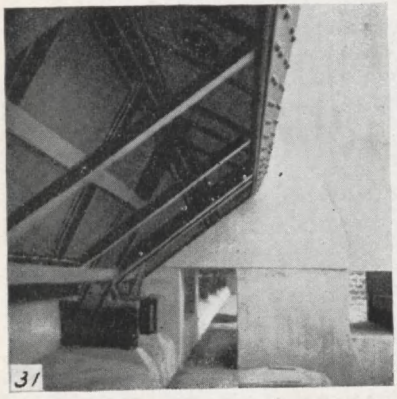
26

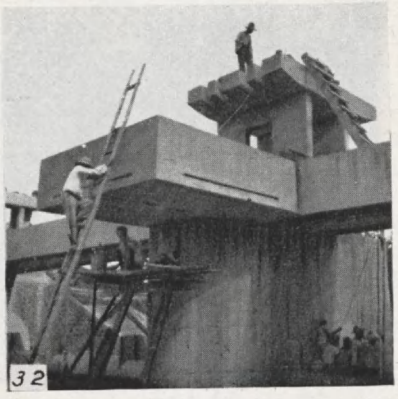
27


28


29

30


31


32

33

34

35

36

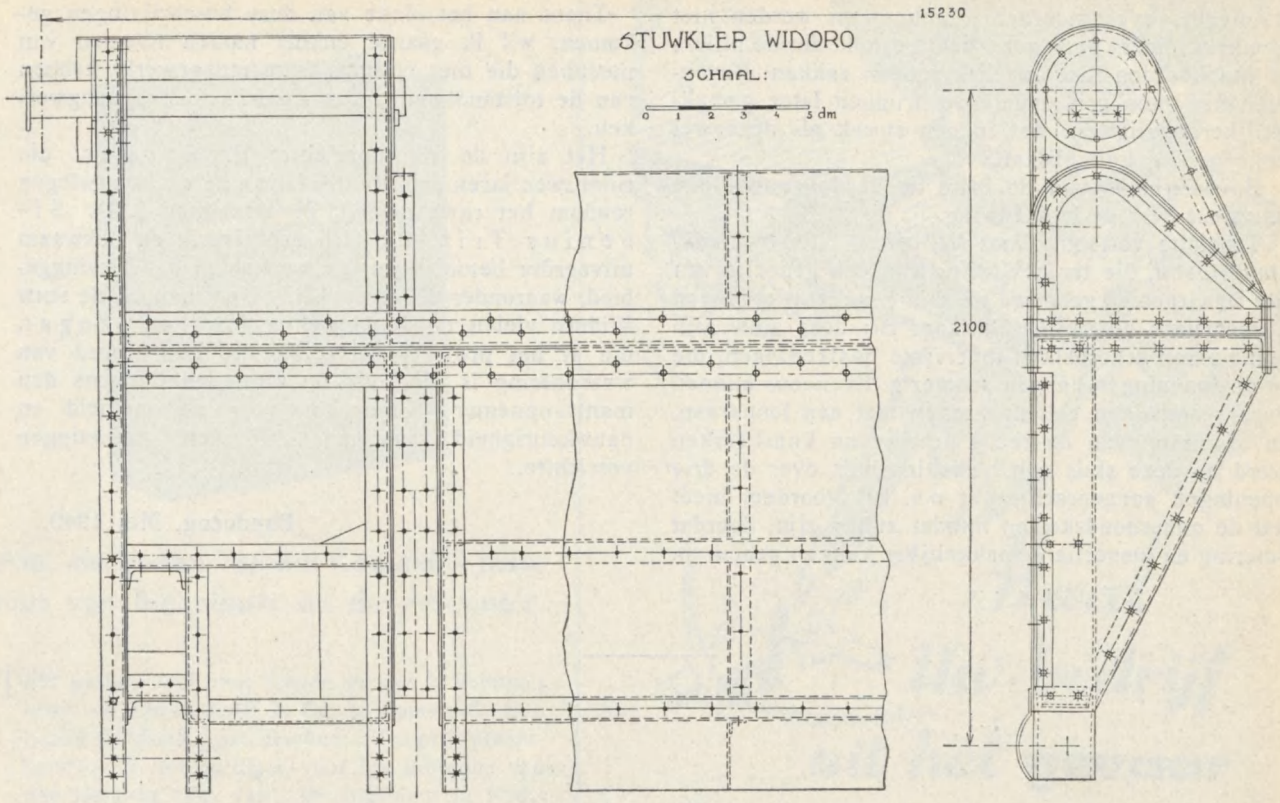


Fig. 10.

gevonden. Het wil echter in de practijk bij constructies, waar water overheen stort of onderdoor schiet, wel eens voorkomen dat ongewenschte trillingen ontstaan. Om deze te vermijden werden op de klep z.g. stroomverdeelingsschotten geplaatst (*Plaat III, afb. 30*) en werd bovendien de overstortende straal gelucht door openingen in den pijlerwand te maken (*Plaat III, afb. 31*). Door deze gaten heeft men tevens gemakkelijk toegang tot het bordes onder de klep voor inspectiedoeleinden. Ter beperking van het onderhoud aan de lagers zijn deze voorzien van een voering van een soort kunsthars dat smering overbodig maakt en de hardheid van staal bezit.

De draaipunten van de ophaalstang werden hiermede eveneens gevoerd.

Ten aanzien van de uitvoering van dit werk kan vermeld worden dat deze geheel is eigen beheer plaats had (*Plaat III, afb. 32*) en dat de beide kleppen met toebehooren werden geleverd door de N. V. Ned.-Ind. Industrie te Soerabaja voor den prijs van ± *f* 19 000,— inclusief de montage (*Plaat III, afb. 33*).

Van de vele kleinere kunstwerken in de Zuid-Toeloengagoengsche vlakte, zooals verdeelwerken, stortdammen, duikers, bruggen, alle in eigen beheer uitgevoerd, zullen thans nog slechts eenige bijzonderheden worden vermeld.

Acht *loopbruggen* van 1,50 m breedte tusschen de leuningen en 30 m vrije overspanning werden als open vakwerkwandbruggen vervaardigd door „De Bromo" te Pasoeroean voor *f* 1 400,— per stuk. *Plaat III, afb. 34* toont één dezer bruggen.

En veertigtal *loopgelegenheden* en *rijbruggen* voor licht verkeer met 3 m breedte tusschen de leuningen werden in gewapend beton uitgevoerd. Hiervoor werd de bakvormige dwarsdoorsnede gekozen, waarbij de hoofdliggers tevens de leuningen vormen, hetgeen het onderhoud aan al deze bruggen tot een minimum zal beperken.

Plaat III, afb. 35 geeft een beeld van een dezer bruggen met drie overspanningen van 8 m. Doorgaan-

Verklaring Plaat III.

25. Het stellen van de kabelschijven der lieren op de portalen.

26. Bij bediening met handkracht worden om de uitstekende assen van het tegengewicht kabelschijven geschoven.

27. Model 1 : 10 van de automatische stuwklep Widoro in het openlucht-laboratorium te Modjokerto.

28. In 1939 werden 2 automatische stuwkleppen van 15 m breedte op de in 1899 gebouwde stuw Widoro geplaatst. Het tegengewicht van de nabijzijnde klep is hoog opgetrokken.

29. De ophaalstang van de klep is in gesloten stand schuin geplaatst.

30. De afdichting langs den onderrand geschiedde met een rubberstrip, langs de zijkanten met een hardhouten rib, door plaatselijk aangebrachte veeren tegen den betonwand gedrukt.

31. Opname van het bedieningsbordes, dat door een trap in den hollen pijler is te bereiken, tegen de onderzijde van de klep.

32. De pijler in het midden van de stuw.

33. De op den stortvloer gemonteerde klep wordt met 2 vijftons-takels opgeheschen.

34. Loopbrug met een overspanning van 30 m, geconstrueerd als wandbrug.

35. Een der rijbruggen over de K. Tawing met aquaduct.

36. De schotbalkstuw Poetat in den Dawir-afvoer.

de liggers over meerdere steunpunten werden niet gemaakt, omdat geen zekerheid bestond dat de pijlers of landhoofden niet ongelijk zouden zakken. Bovendien kan men vrij opgelegde bruggen later gemakkelijker opvijzelen, wat in een streek als deze wel eens noodig kan blijken.

Bovenstrooms van de brug op de foto's ligt een *aquaduct* over de kali Tawing.

Tenslotte vertoont *Plaat III, afb. 36* de *schotbalkstuw Poetat*, die ter bevloeiing van een gedeelte van het Dawirgebied gebouwd werd in een nieuw gegraven afvoer naar de rawah Gesikan. Bij deze stuw zijn ook ijzeren schotbalken met vaste haalkettingen, die in de sponningen hangen aanwezig. Eveneens kunnen deze schotbalken gelicht worden met een loopkraan. In afwijking van de reeds beschreven kunstwerken werd op deze sluis een bedieningshuis over de drie openingen aangebracht, wat o.a. het voordeel biedt dat de onderhoudskosten minder zullen zijn, doordat smering en inspectie gemakkelijker kunnen gebeuren.

Thans aan het einde van deze beschrijvingen gekomen, wil ik gaarne enkele namen noemen van personen die met enthousiasme meegewerkt hebben aan de totstandkoming der Zuid-Toeloengagoengwerken.

Het zijn de Hoofdopzichter R. Sepoer, die ruim twee jaren executant was van de werken gelegen rondom het rawahgebied, de Opzichter J. D. Sibenius Trip, die zich een ijverig en bekwaam uitvoerder betoonde bij de werken in het Tawinggebied, waaronder de verdeelsluis Ngasinan en de stuw Widoro vielen en de Opzichter M. Soepangat, die al het projectwerk verzorgde. Een woord van waardeering is hier ook op zijn plaats jegens den mantri-opnemer Koesno voor de snelheid en nauwkeurigheid waarmede hij vele opmetingen verrichtte.

Bandoeng, Mei 1940.

Aan de Leden van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs en de Abonné's.

TEN gerieve van onze Leden en van de abonné's heeft de Firma Kolff & Co. te Batavia-C. zich bereid verklaard tegen gereduceerden prijs prachtbanden te vervaardigen voor het inbinden van den jaargang 1939 van „De Ingenieur in Ned.-Indië". De band is van mooi donkerblauw linnen, met goud-opdruk. De prijs per band bedraagt *f* 2.10 (Twee gulden en tien cent). Zij die van deze aanbieding gebruik wenschen te maken, gelieven onderstaand bestelbiljet te willen invullen en te zenden aan G. Kolff & Co., Petjenongan 72, Batavia-C.

P. S. Eventueel ontbrekende nummers zijn, zoolang de voorraad strekt, tegen den prijs van *f* 1,— per exemplaar bij de administratie, Bragaweg 38 te Bandoeng, verkrijgbaar.

Hierlangs afscheuren s.v.p.

Aan
de firma G. Kolff & Co.
Petjenongan 72, Batavia-C.

Ondergeteekende verzoekt toezending van .....stuk(s) prachtband(en) voor den jaargang 1939 à *f* 2,10 per stuk voor „De Ingenieur in Ned.-Indië".

(Naam *) .....

(Adres *) .....

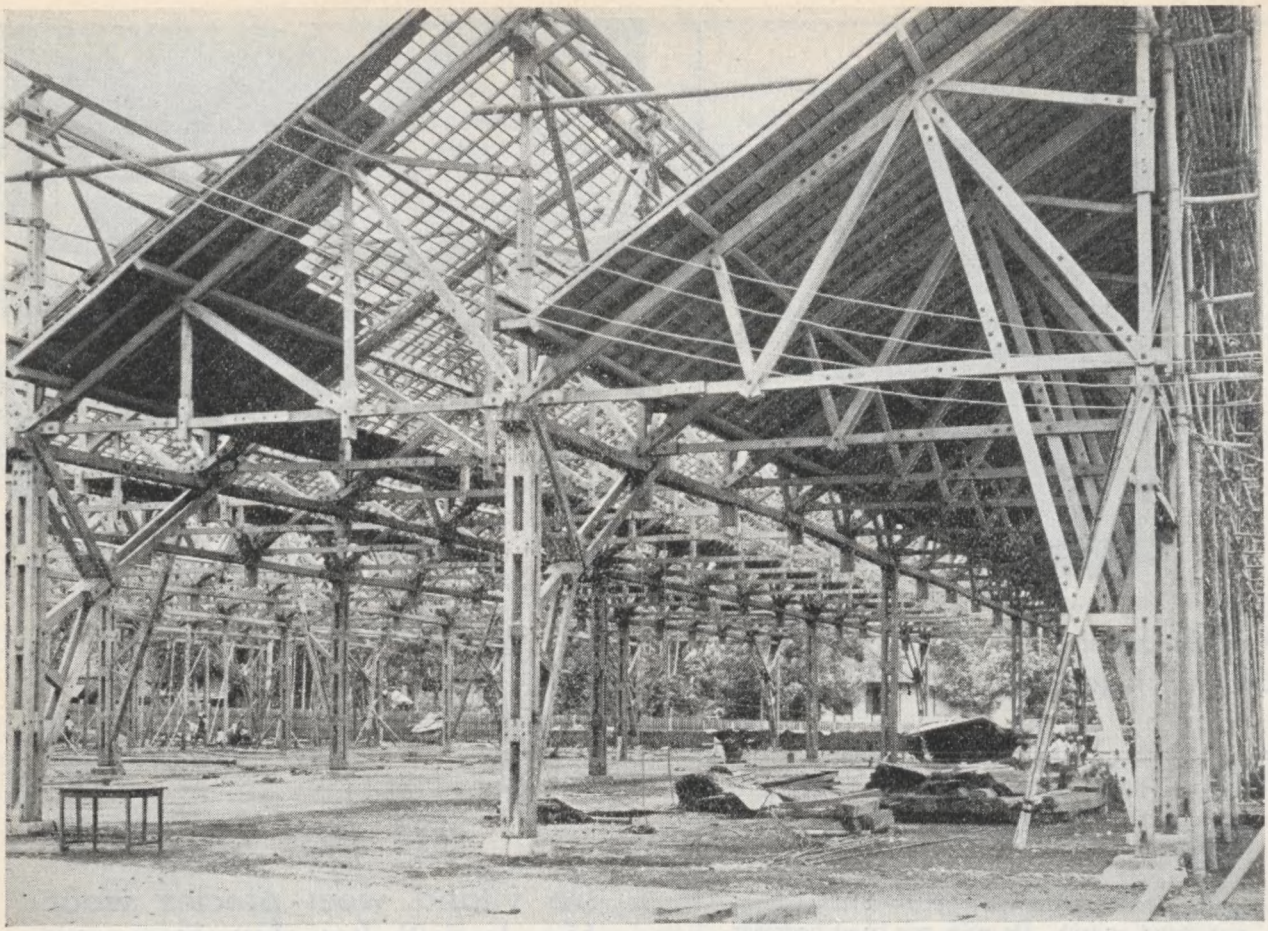
*) s. v. p. duidelijk schrijven

Haal Uw bedrijf uit het gevaar

De vijand weet precies waar Uw bedrijf ligt. Hij kiest zijn route door de lucht met Uw bedrijf als wegwijzer.
Door Uw gebouwen te camoufleeren met de camouflage-verven van Lindeteves-Pieter Schoen brengt U den vijandelijken vlieger in de war. Als U Uw fabriek onzichtbaar maakt, raakt hij den weg kwijt.
Wees geen wegwijzer voor den vijand – haal Uw bedrijf uit 's vijands route! Vraag vandaag nog advies aan de camouflage-experts van Lindeteves-Pieter Schoen.
Camoufleer **goed**; doe het met de

camouflage verven
van

LINDETEVES PIETER SCHOEN & ZN. N.V.
Verffabriek Batavia



FABRIEKSGEBOUW TE SOEMEDANG

De foto toont 2 van de vele sheds waaruit het gebouw thans bestaat. Elke shed heeft een geconstrueerde ligger van 3 × 21 m. Ontwerp: Boschbouwproefstation.

Het „Kübler" systeem, dat een moderne houtverbinding introduceert, schept de mogelijkheid loodsen met **kappen van groote overspanningen geheel in hout uit te voeren.**

Reeds vele projecten uitgevoerd.

GOEDKOOPER DAN IJZER
GEEN ONDERHOUD
UITERST DUURZAAM
BIJ GEBRUIK VAN DJATI.

Vraagt ons een voor U passend project met prijsopgave.

JAVA HOUT

SEMARANG (HOOFDKANTOOR)

Soerabaia — Batavia — Bandoeng — Djocja

7e JAARGANG
NUMMER 8

AUGUSTUS
1940

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE.

„DE MIJNINGENIEUR"

INHOUD: Het Schwanergebergte (Westerafdeeling van Borneo) (*vervolg*), door dr. ir. C. P. A. Zeijlmans van Emmichoven. — Economische mededeelingen.

Het Schwanergebergte (Westerafdeeling van Borneo)

door

dr. ir. C. P. A. ZEIJLMANS VAN EMMICHOVEN,

Geoloog bij den Dienst van den Mijnbouw, Bandoeng.

(With a summary in English).

Vervolg.

Inhoud.

Blz.

D. Het stroomgebied van de S. Pinoh (S. Kelawai en S. Pinoh). 103-107
1. Metamorfe sedimentstrook in de brongebieden van de S. Inau (linker zijrivier van de S. Ella-ilir) en van de S. Kelawairiboet. 104
2. Tonalietmassief in het stroomgebied der Boven Kelawai. 105
3. Afwisselende strooken dieptegesteenten en contactgesteenten in de Midden- en Beneden Kelawai. 106
4. De S. Pinoh. 107
5. De S. Kaloet (rechter zijriviertje van de Beneden Pinoh). 107

E. De S. Blimbing. 107-110
1. De noordelijke randzone. 108
2. Het granodiorietmassief. 109
3. De zuidelijke randzone. 109
4. Tertiaire dacieten. 110

F. De bovenstroomgebieden van de S. Tempoenak en de S. Sepauk. 110
1. De jongste pre-tonalitische groep. 110
2. Tonaliet. 110
3. Tertiaire doorbraken. 110

III. De diepte in de aardkorst van het tegenwoordig ontsloten niveau tijdens het intrudeeren der plutonen. 110

Blz.

IV. Samenvatting en ouderdom. 111

V. Summary. 111

VI. IJzererts in de S. Ella-ilir (R. Keraroe). 112-119

A. Algemeen voorkomen. 112

B. Beschrijving der gesteentemonsters.
1. Pegmatiet met hälleflintachtig nevengesteente van de R. Batoeboelan. 112
2. Het ijzererts van de R. Keraroe. 112

C. De dieptezone, waarin martitiseering optreedt. 115

D. Genese van het ijzererts.
1. Wijze van voorkomen en mineraalgehalte. 116
2. Aard van het ertsvoorkomen. 116
3. Vergelijking met bekende ertsvoorkomens. 117
4. Samenvattende verklaring der genese van het Keraroe-erts. 118

E. Economisch belang. 119

F. Scheikundige analysen. 119

G. The Iron Ore Deposit of the Ella-ilir River (left affluent of the Melawi River), Schwaner Mountains, Western Division of Borneo (Summary). 119-121
Introduction. 119
General description of the ore deposit. 119
Genesis. 120
Economical value. 121

VII. Literatuur. 121-122

D. HET STROOMGEBIED VAN DE S. PINOH (S. KELAWAI EN S. PINOH).

1. Metamorfe sedimentstrook in de brongebieden van de S. Inau (linker zijrivier van de S. Ella-ilir) **en van de S. Kelawai-riboet** (rechter oorsprongstak van de S. Kelawai).

a. Beschrijving der gesteenten.

1822 Me. Donkerblauwgrauwe, zeer fijnkristallijne andalusiet(?)chloritoïedchlorietsericietlei. Een onvolmaakte, doch duidelijk zichtbare schistositeit — gepronconceerd door enkele mm lange, oogvormige, grijze vlekjes, welke volgens deze schistositeit georiënteerd zijn — wordt onder ± 45° gesneden door een minder duidelijke „second cleavage".

O.h.m. Een fijn kwartsitisch, sericitisch en chloritisch bindweefsel, zeer rijk aan een stoffig fijne opake substantie, vermoedelijk oxydisch erts. Hierin zeer talrijke, kleine blaadjes chloritoïed, zonder eenige oriënteering. Oorspronkelijk rechthoekige kristalloblasten, mogelijk van andalusiet, zijn thans geheel omgezet in een sericitisch aggregaat, waarbij ook opake substantie gemengd is.

Een intensief geplooide, fyllitisch rimpelige textuur, hetgeen in het bindweefsel vooral door de concentratie van het erts tot uiting komt. De, oorspronkelijk rechthoekige, kristalloblasten vertoonen een uitwalsing, waardoor zij grillig van vorm, lensvormig en min of meer wervelvormig zijn; de fyllitische rimpeling doortrekt de kristalloblasten, waardoor zij een sterk helicitische structuur vertoonen.

Verder komt de „second cleavage" ook o.h.m. duidelijk tot uiting.

Het gesteente is ongetwijfeld oorspronkelijk een contactrots, vermoedelijk een andalusiethoornrots geweest en werd hierbij tevens geïmpregneerd met oxydisch erts. Door de 2 „cleavages" is het duidelijk, dat het gesteente 2 orogenesen heeft ondergaan, hetgeen dus een sterken steun vormt voor de reeds vroeger afgeleide opvatting, dat tijdens en na de contactmetamorfose dit gebied nog door twee dynamometamorfe fasen werd beïnvloed. Door deze dubbele stresswerking werden de kristalloblasten (vermoedelijk andalusiet) volkomen gesericitiseerd en ontstond tevens het typische stressmineraal chloritoïed; waarschijnlijk geschiedde dit pas bij de jongste dynamometamorfose, die hier dan in bijzonder sterke mate gewerkt zou hebben.

1823 Me. Door limonitiseering rood- tot geelbruine, vlakplatige hoornrotslei.

O.h.m. Onregelmatige, langgestrekte oogen van sericiet, waardoor een onvolkomen schistositeit ontstaat. Het door limoniet bruinrood gekleurde bindweefsel bestaat uit kwarts en chloriet, terwijl verschillende groote blaadjes van chloriet, vermoedelijk ontstaan uit biotiet, vaak dwars op de schistositeit gericht zijn. Talrijke snoertjes van limoniet.

1824 Me. Zilvergrijze, wit en bruinpaars gevlekte satijnglanzende, geel tot paars verweerende, toermalijnhoudende sericietfylliet; een duidelijke dubbele schistositeit onder ± 45°.

O.h.m. Overwegend sericitische muscoviet en kwarts met fyllitische textuur. Langgestrekte oogen bestaande uit een licht vuilbruine, bijna isotrope chloritische substantie, rijk doorzaaid met korrels oxydisch erts en kwarts. Oxydisch erts, gedeeltelijk gelimonitiseerd, is door het geheele gesteente verspreid. Toermalijn.

1825 Me. Blauwgrijze chlorietmuscovietandalusietrots met onvolmaakte, doch duidelijk kenbare schistositeit.

O.h.m. Overwegend kwarts. Zeer veel chloriet, waarschijnlijk geheel ontstaan uit biotiet. Minder muscoviet. Algemeen verbreid is andalusiet. Oxydisch erts is in geringe hoeveelheid regelmatig verspreid.

1826 Me. Sneeuwwitte, fijn groen gestreepte, bladerig schisteuze, toermalijnhoudende kwartsietfylliet.

O.h.m. Fijnkorrelige kwarts, muscoviet en biotiet, die grootendeels gechloritiseerd is, waarbij ook kleurlooze epidoot ontstond. Regelmatig verspreid rutiel; sporadisch toermalijn.

b. Beschouwingen.

Deze, ± 3 km breede, strook vertegenwoordigt de jongste, pre-tonalitische formatie. Zij werd contactmetamorf en pneumatolytisch beïnvloed, waardoor toermalijn- en oxydisch erts houdende glimmerkwartsieten en glimmerandalusietrotsen ontstonden. Vier der vijf monsters (1822, 1824, 1825 en 1826 Me) vertoonen een meer of minder duidelijke schistositeit, terwijl in twee hiervan (1822 en 1824 Me) nog bovendien een „second cleavage" duidelijk tot uiting komt. Deze gesteenten hebben dus twee verschillende stressfasen ondergaan. Hierbij werd in één der monsters, 1822 Me, chloritoïed gevormd; dit gesteente bevatte kristalloblasten van waarschijnlijk andalusiet, die volledig gesericitiseerd werden, en was bovendien zeer rijk aan ijzererts. Vermoedelijk waren ook kleinere individuen andalusiet aanwezig, uit welker reactie met ijzererts chloritoïed ontstond. Dit zou nl. in overeenstemming zijn met Harker's vermelding (1932, blz. 338), dat bij contact- gevolgd door regionale metamorfose andalusiet in gesteenten, zeer rijk aan ijzererts, chloritoïed kan leveren. Het ontbreken van chloritoïed in 1825 Me, dat eveneens andalusiet bevat, zou zijn toe te schrijven aan het zeer geringe gehalte aan ijzererts in dit monster.

De conclusie, dat in dit gebied behalve de contactmetamorfose nog *twee* verschillende dynamometamorfe fasen hebben geheerscht, vormt dus een nieuwen steun voor de voor het Mentataigebied verkregen opvatting, dat behalve de jongste dynamometamorfose, die de post-tonalitische gesteenten beïnvloedde, ook nog een orogenese tijdens de tonalietintrusie haar sporen van drukwerking achterliet. Deze opvatting vond reeds een bevestiging in de injiceeringsgneizen van de S. Kalan, welker ontstaan, volgens Grubenmann — Niggli, met plooiing verbonden pleegt te zijn.

Het is natuurlijk niet mogelijk om met zekerheid de effecten van de beide stresswerkingen te onderkennen. Echter is het wel waarschijnlijk, dat de jongste dynamometamorfose hier bijzonder intensief geweest moet zijn en dat aan haar de algemeene diafthorese dezer gesteenten, tot uiting komend in de chloritiseering van den biotiet en de sericitiseering

van den andalusiet, als ook de, zij het ook plaatselijke, chloritoïedvorming moeten worden toegeschreven.

Het is van belang, de opvattingen van Tilley (1925) (reeds kort vermeld op blz. 89) betreffende de analoge andalusietchloritoïedgesteenten van het Eyre-schiereiland in Z.-Australië nader in beschouwing te nemen. De chloritoïed komt hier gedeeltelijk samen voor met andalusiet en blijkt uit dit mineraal te zijn ontstaan; plaatselijk omsluit hij toermalijn. De chloritoïed moet dus niet alleen na den andalusiet, maar ook na den toermalijn gevormd zijn, dus na de pneumatolytische fase, welke het einde der contactmetamorfe periode aangeeft. Echter behoeven volgens Tilley de vormingen van andalusiet en chloritoïed niet door een groot tijdsinterval gescheiden te zijn. De graniet, door welks contactmetamorfose de andalusiet ontstond, intrudeerde tijdens een orogenese, hetgeen Tilley afleidt uit de injiceeringsgneizen, welke de graniet in de aangrenzende kristallijne schisten deed ontstaan.

Blijkbaar zijn in het Eyre-schiereiland geen gegevens bekend, die op een jongere orogenese wijzen, zoodat Tilley wel genoodzaakt is den chloritoïed, dien ook hij als een typisch stressmineraal beschouwt, aan de orogenese tijdens de intrusie toe te schrijven. Hij trekt dan ook de consequentie, dat in die periode de stressfactor, die den chloritoïed deed ontstaan, den temperatuursfactor, waaraan de andalusiet is toe te schrijven, heeft overleefd.

Voor een dergelijke metamorfose, gekenmerkt door caustische contactwerking en door stress, stelt Tilley (1925, blz. 312) den naam piëzocontactmetamorfose voor. Dit begrip werd echter reeds geschapen door Weinschenk, die hierbij eerder dacht aan een door de intrusie van het magma veroorzaakten druk dan aan een tectonischen druk (Grubenmann — Niggli, 1924, blz. 334). Ter vermijding van verwarring zij daarom hier voorgesteld om dit type metamorfose aan te geven onder den naam *„thermische dynamometamorfose"*, welke naam eveneens aan Tilley is ontleend (1925, blz. 312, al. 3.: „..... a metamorphism of thermal dynamic type.").

Ook voor ons gebied is een dergelijke thermische dynamometamorfose waarschijnlijk op grond van de gegevens in het Mentataigebied en de S. Kalan, in welke laatste rivier de injiceeringsgneizen een argument vormen, identiek aan dat van Tilley. Bovendien wordt (zooals hier reeds vermeld zij) dit type van metamorfose bewezen door enkele andalusiethoudende gesteenten in de Beneden Kelawai en de Boven Blimbing (resp. 1847 Me en 635, 639 en 642 Me), waarmee ook de uitgewalste, door differentieele bewegingen ontstane vormen der kristalloblasten van waarschijnlijk andalusiet in het hier beschouwde monster 1822 Me volkomen te vergelijken zijn. Bij de behandeling dezer monsters zal dan echter blijken dat in ons gebied in tegenstelling met hetgeen Tilley voor het Eyre-schiereiland aanneemt, de temperatuursfactor den stressfactor heeft overleefd. Maar hierdoor is het voor het andalusiet-chloritoïedgesteente van de Boven Inau (1822 Me) niet meer mogelijk, het ontstaan van den chloritoïed aan de thermische dynamometamorfose toe te schrijven en moet het tijdstip van zijn vorming worden verplaatst naar de jongste dynamometamorfose.

In de strook metamorfe gesteenten van de brongebieden van de S. Inau en de S. Kelawai-riboet zouden de sporen van de oudste stresswerking, d.i. van den stressfactor in de thermische dynamometamorfose, te vinden zijn in de vrij volmaakte schistositeit (de „second cleavage" is een gevolg der jongste dynamometamorfose) en in de tot wervelige vormen uitgewalste andalusietkristalloblasten in 1822 Me (zie voor dit laatste ook 1847 Me, blz. 79 e.v.).

2. Tonalietmassief in het stroomgebied der Boven Kelawai.

Behalve een tweetal monsters met volkomen richtingslooze textuur (1829 en 1839 Me) vertoonen alle andere uit dit gebied verzamelde handstukken van tonaliet een min of meer duidelijke, doch steeds onvolmaakte schistositeit (1827, 1831, 1832, 1833, 1834, 1836 en 1837 Me). O.h.m. blijken alle monsters, zonder uitzondering, dezelfde mechanische en chemische drukverschijnselen te vertoonen, zooals reeds meermalen in het voorgaande werden beschreven en waaruit, volgens Harker's opvattingen, de conclusie zou af te leiden zijn, dat de tonalieten door twee dynamometamorfe fasen werden beïnvloed, waarvan één te vergelijken is met Weinschenk's piëzokristallisatie. Het ligt voor de hand om aan te nemen dat ook aan deze, vrij intensieve dynamometamorfe beïnvloeding de hier algemeen verbreide schisteuze textuur is toe te schrijven. Misschien is dit dan ook ten deele juist, doch er moet nog ernstig rekening worden gehouden met een andere mogelijke — en reeds elders (in de S. Kalan) geconstateerde — oorzaak voor het schisteuze karakter. In 1834 Me is de schisteuze habitus het sterkst ontwikkeld; hier zou het gesteente een tonalietgneis genoemd kunnen worden. O.h.m. komt echter de schisteuze textuur niet tot uiting; het is van een normalen, doch sterk gedrukten tonaliet niet te onderscheiden. In 1831 Me komt nog een breed geband karakter tot uiting door afwisseling van minstens 5 cm breede banden van grover kristallijn en meer leukokraat met fijner kristallijn en meer melanokraat gesteente.

Door deze verschijnselen rijst het vermoeden, dat deze gesteenten op te vatten zijn als migmatieten, ontstaan door granitiseering van kristallijne schisten, bijv. door een vrij volledige verdringing volgens „injection lit-par-lit" door een granodioritisch magma. Enkele monsters, zoowel het zwak schisteuze gesteente 1836 Me als de volkomen richtingslooze tonaliet 1839 Me bevatten concreties van een donkergroen, zeer fijnkristallijn gesteente. Dergelijke concreties werden vroeger algemeen opgevat als basische segregaties, doch worden door de modernste petrologen ook wel verklaard als bij de migmatitiseering optredende verschijnselen.

Het vermoeden, dat deze tonalieten ontstonden door granitiseering van schisten, wordt gesteund

doordat inderdaad kristallijne schisten in dit tonalietgebied voorkomen. Zij werden aangetroffen in een smalle NW-ZO gerichte strook in de S. Kelawai en de S. Kelawai-betoeng (linker zijtak der Boven Kelawai, stroomende ten W van den Bt. Djalan). Hieruit is afkomstig 1838 Me. In uiterlijk vertoont dit gesteente nog slechts weinig het karakter van een schist. O.h.m. blijkt het vnl. te zijn opgebouwd uit kwarts en uit een breed, rechthoekig mineraal, dat geheel is omgezet in chloriet en sericiet en waarin bovendien dikwijls een groot individu van kristallografisch niet begrensden andalusiet voorkomt, die sterk poikiloblastisch is door chloriet en sericiet. Verder komen voor muscoviet en sillimaniet, het laatste mineraal zoowel in groote slanke zuiltjes als in de bekende, haarfijn vezelige aggregaten.

Zeer waarschijnlijk hebben we hier te maken met een oorspronkelijke biotietmuscovietglimmerschist, eventueel sillimaniet bevattend, waarin door intensieve contactmetamorfose andalusiet en sillimaniet ontstonden, terwijl later chloritiseering en sericitiseering plaats vonden. Het gesteente is te vergelijken met 1412 en 1418 Me, afkomstig uit de migmatietstrook in het tonalietmassief van de Beneden Kalan; het neemt tusschen deze beide monsters, waarvan het eerste een uitgesproken schisteuzen habitus vertoont en het tweede van een stollingsgesteente haast niet te onderscheiden is, een overgangsplaats in.

Deze strook, waaruit 1838 Me afkomstig is, is dus op te vatten als een relict van kristallijne schisten, dat voor algeheele migmatitiseering gespaard gebleven is.

Ten NO dezer strook kristallijne schisten bevindt zich een smalle zone van onduidelijk gelaagde, dus zwak gneisachtige, pegmatitische gesteenten, vertegenwoordigd door de monsters 1828 en 1830 Me.

1828 Me is een wit, fijnkristallijn tot dicht gesteente, door blauwgrauwe strepen duidelijk doch onvolkomen gelaagd en met enkele cm groote, ten opzichte van hun omgeving vaag begrensde, grover kristallijne „nodulen", bestaande uit gelen veldspaat, kwarts, muscoviet en een chloritischen glimmer.

O.h.m. blijkt dit gesteente bijna geheel te bestaan uit kwarts en plagioklaas. Een onvolmaakte schistositeit komt duidelijk tot uiting door alterneering van fijner en grover korrelige lagen; de laatste bevatten muscoviet, chloriet en epidoot. Plaatselijk concentraties van blauwgroenen toermalijn. Sporadisch zirkoon.

Het gesteente benadert dus een granuliet. Mogelijk is het ontstaan door intensieve injiceering „lit-par-lit" van kwartsrijke schisten door een granodioriet pegmatitisch gesteente.

1830 Me is een leukokraat, grofkristallijn, pegmatitisch gesteente met een onduidelijk schisteuzen habitus, vnl. te danken aan min of meer gestrekte en parallelle oogen kwarts.

O.h.m. Bijna uitsluitend kwarts en idiomorfe tot hypidiomorfe plagioklaas. Weinig muscoviet, chloriet en epidoot. Zeer veel oxydisch erts. Sporadisch zirkoon en apatiet.

Dit gesteente is dus analoog aan het vorige monster, doch zuiverder pegmatitisch. Een mogelijke „intrusion lit-par-lit" wordt nog hoogstens even aangeduid in de zwak tot uiting komende schisteuze textuur.

Ook deze strook van zwak gneisachtige pegmatitische gesteenten vormt dus nog een zwakke aanwijzing op de aanwezigheid alhier van een migmatietgebied.

Een pegmatitisch gesteente, kwartsglimmerdioriet-pegmatiet (1835 Me), waarin in het geheel geen aanduiding op „intrusion lit-par-lit" te bespeuren is, werd aangetroffen in de Boven Kelawai-djalan (linker oorsprongstak van de S. Kelawai). Dit gesteente bestaat uit groote idiomorfe kristallen van zuren plagioklaas (oligoklaas tot oligoklaas-andesien) en kwarts in groote, doch vrij fijnkorrelige aggregaten; weinig biotiet (gedeeltelijk gechloritiseerd) en muscoviet.

3. Afwisselende strooken dieptegesteenten en contactgesteenten in de Midden en Beneden Kelawai.

Stroomafwaarts gaande werden na het hierboven beschreven tonalietmassief achtereenvolgens de volgende strooken aangetroffen.

a. Contactgesteenten.

1840 Me. Grijze, grofkristallijne biotietmuscoviet-andalusietrots met sporadisch toermalijn en oxydisch erts.

b. Graniet.

1841 Me. Kwarts. Kaliveldspaat (orthoklaas, microclien, micropertiet en microclienmicropertiet) in iets grootere hoeveelheid dan plagioklaas. Veel muscoviet. Enkele kleine schubjes biotiet.

c. Contactgesteenten.

1842 Me. Grauwe, grofkorrelige biotietchiastoliet-hoornrots.

De chiastoliet, in groote idiomorfe zuiltjes, is merkwaardigerwijze vnl. geconcentreerd tot een laagje, dat uitsluitend uit dit mineraal bestaat; daar buiten komt chiastoliet (of andalusiet) slechts in zeer geringe hoeveelheid voor.

d. Tonaliet.

1843 Me. Overwegend kwarts en intermediaire plagioklaas. Als femische mineralen groene hoornblende en biotiet. Weinig chloriet, sericiet en epidoot.

e. Contactgesteenten.

1844 Me. Grijze, grauw gevlekte biotietmuscoviet-andalusietkwartsietrots.

Deze strook contactgesteenten zet zich in westelijke, vervolgens noordwestelijke richting voort tot in de S. Pinoh. Uit den benedenloop van de S. Kelawai, niet ver boven den mond, is afkomstig het belangrijke monster 1847 Me.

1847 Me. Dit gesteente is een donkergrauwe biotiet-andalusietrots, sterk beïnvloed door stress, waardoor het een onregelmatigschubbig schisteuzen habitus met zwakken fyllitischen glans verkreeg.

O.h.m. Kwarts. Biotiet, overwegend in kleine, parallel gerichte blaadjes, daarnaast in groote schubben, die onafhankelijk van de schistositeit georiënteerd zijn. Groote, vaak eigenaardig gevormde andalusietkristalloblasten.

Voor de beschrijving dezer andalusietkristallen kan verwezen worden naar het J.M. '39 (blz. 32 en 33), waar tevens één individu in de foto's 1 en 2 is afgebeeld. De motiveering der hieruit afgeleide conclusie zal hier in iets uitgebreideren vorm worden herhaald.

De andalusietkristalloblasten toonen aan, dat andalusiet door differentieele bewegingen werd beïnvloed en vervolgens weer in den vorm van andalusiet rekristalliseerde. Reeds bewezen werd het bestaan van een post-tonalitische dynamometamorfose, nl. door haar sporen in post-tonalitische sedimenten. Het is echter niet mogelijk om aan haar de beschreven verschijnselen in den andalusiet toe te schrijven, ook niet als men zou aannemen, dat zij hier bijzonder krachtig geweest zou zijn en dat dit gesteente zich toen in de mesozone bevond. Onder deze omstandigheden, waarbij de stressfactor overheerscht, kan wel rekristallisatie van het Al_2SiO_5-mineraal optreden, doch dan zal het typische stressmineraal distheen worden gevormd (Harker, 1932, blz. 340). Bij de beschrijving der polymetamorfe schisten van de S. Tedari werd uiteengezet, dat andalusiet als een strikt anti-stressmineraal, dat uitsluitend door thermische metamorfose kan ontstaan, moet worden opgevat (blz. 88 e.v.).

Hieruit volgt, dat de omstandigheden tijdens de rekristallisatie van den andalusiet, die op zijn dynamometamorfe beïnvloeding volgden, beheerscht werden door den temperatuursfactor.

Daar in dit gebied geen andere periode van hooge temperatuur bekend is dan die der intrusie van de tonalieten, moeten dus de vorming èn de rekristallisatie van den andalusiet in deze periode hebben plaats gegrepen en dus tevens de drukwerking, welke tusschen de vorming en de rekristallisatie heeft geheerscht. Hiermee is bewezen, dat met de intrusie een gelijktijdige orogenese gepaard ging.

De interpretatie van het afgebeelde andalusietkristal is dus als volgt samen te vatten. Door contactmetamorfose ontstond andalusiet in den vorm van een fijnkorrelig, sterk poikiloblastisch kristal of aggregaat. Door de tegelijkertijd heerschende stresswerking werd dit kristal of aggregaat verbogen en aan de randen, parallel aan de schistositeit, door de differentieele bewegingen (volgens de schistositeit) uitgewalst. Steeds had, gelijktijdig met deze differentieele bewegingen, rekristallisatie plaats, zoodat elke mechanische vervorming op den voet gevolgd werd door een rekristallisatie, zoodat, daar de temperatuursfactor den stressfactor overheerschte, tenslotte toch één (optisch) homogeen individu ontstond, dat nog slechts in den vorm de sporen van de mechanische beïnvloeding verraadt. Hier demonstreert zich dus zeer fraai een constructieve dislokatiemetamorfose, welke steeds een destructieve dislokatiemetamorfose op den voet volgt (Grubenmann-Niggli, 1924, blz. 238 en 239).

4. S. Pinoh.

De laatst beschreven zone contactgesteenten wordt in de S. Kelawai en de S. Pinoh noordwaarts gevolgd door een breede strook van granodiorieten, welke even ten Z van de grens met het Tertiair nog door een smalle zone contactgesteenten onderbroken wordt.

a. Tonaliet.

Uit de granodiorieten werden achtereenvolgens de volgende handstukken verzameld.

1845 Me. Kwartsglimmerdioriet.

1846 Me. Tonaliet.

1847a Me. Zeer sterk gedrukte, protogienachtige graniet. Zeer veel kaliveldspaat, overwegend als microperthiet, kataklastisch en vlekkig unduleus uitdoovend. Ook plagioklaas is aanwezig geweest, doch is volledig omgezet, vnl. in een vuiltroebele, volkomen isotrope substantie en in ondergeschikte mate ook in sericiet en muscoviet. Zeer veel kwarts (unduleus uitdoovend, kataklastisch en gerekristalliseerd). Veel biotiet, gedeeltelijk gechloritiseerd. Weinig muscoviet.

1848 en 1849 Me. Sterk gedrukte kwartsglimmerdiorieten.

1852 Me. Tonaliet.

b. Contactgesteenten.

1850 Me. Contactvleklei.

O.h.m. Talrijke, donkere vlekken van een nog niet gekristalliseerd mineraal, welke donker zijn door een fijne en sterke concentratie van pigment. Het is volkomen identiek aan fig. 1A van Harker (1932).

1851 Me. Loodgrijze, zwak fyllitisch glanzende knoplei.

O.h.m. Een zeer fijn en dicht aggregaat van kwarts en fijnen muscoviet, waarin goed omlijnde kristallen „in aanleg", sterk doorgroeid met fijnvezeligen muscoviet; mogelijk een begin van vorming van cordiëriet of andalusiet. Talrijke kristallen van oxydisch erts of spinel.

5. De S. Kaloet (rechter zijriviertje van de Beneden Pinoh, uitmondend ruim 3,5 km beneden de S. Mangat).

In den benedenloop is granitiet ontsloten (464 Me). De groote, vaak vlekkig unduleus uitdoovend veldspaatkristallen bestaan vnl. uit orhoklaas en daarnaast uit oligoklaas van ± 15% An. (beide veldspaten bepaald volgens de methode Duparc & Reinhard). Groote partijen van kataklastischen, unduleus uitdoovend en gerekristalliseerden kwarts. Myrmekiet. Groote blaadjes biotiet, hier en daar met een begin van chloritiseering. Accessorisch enkele partijtjes grofkorrelige titaniet.

Stroomop van den granitiet volgt een dioritisch gesteente (465 Me). Het bestaat overwegend uit andesien van ± 35% An. (meth. Duparc & Reinhard) en aktinolitischen hoornblende, waartusschen nog vrij veel kwarts voorkomt (kataklastisch, unduleus uitdoovend, vaak gerekristalliseerd). Accessorisch veel titaniet in groote kristallen. De aktinolitische hoornblende is, met hetgeen uit de S. Kalan bekend is voor oogen, waarschijnlijk toe te schrijven aan een assimilatie van nevengesteente.

Bij Na. Keberah loopt de ongeveer O-W gerichte grens tusschen het Tertiair en het Kristallinicum. Het Tertiair (in Melawifacies) transgredeert hier over tonaliet en contactgesteenten. De tonaliet strekt zich stroomop van Na. Keberah onafgebroken over ± 20 km zuidwaarts uit. Uit de noordelijke grenszone werden stroomaf van deze kampong slechts enkele monsters van stollings- en contactgesteenten verzameld.

De zuidelijke randzone van het tonalietmassief bestaat overwegend uit contactgesteenten, waarmee echter op verschillende plaatsen tonalieten afwisselen. Deze strook is te vergelijken met de zuidelijke randzone in de S. Kalan.

1. Noordelijke randzone.

a. Tonaliet.

Het tonalietmassief is hierin vertegenwoordigd door een biotietarmen tonaliet en door, ten N hiervan aanwezigen, kwartsdiorietporfiriet. De biotietarme tonaliet (613 Me) benadert een dioritische samenstelling. De veldspaat bestaat uit labrador van 60 à 65% An. (meth. Rittmann). Vrij weinig kwarts. Groene hoornblende met blauwe nuances, gedeeltelijk aktinolitisch (vermoedelijk door assimilatie van nevengesteente). Weinig biotiet. Accessorisch veel oxydisch erts.

De kwartsdiorietporfiriet (611 Me), waarschijnlijk een porfirische randfacies van den tonaliet, bevat fenokristen van oligoklaas-andesien (25 à 30% An., meth. Rittmann) en van groenen hoornblende (met blauwe nuances) in een grofkorrelige, kwartsrijke grondmassa waarin flarden groene hoornblende voorkomen. Accessorisch groote kristallen oxydisch erts en zeer veel titaniet.

b. Contactgesteenten.

612 Me. Lichtblauwgrijze, vlak doch zeer onvolkomen gelaagde, bijna massieve kwartsietlei. Op de laagvlakken talrijke, tot 0,5 cm lange naaldjes van een kleurloos, sillimanietachtig mineraal.

O.h.m. Overwegend fijnkorrelige kwarts. Talrijke slanke zuiltjes van een omgezet mineraal, dat oorspronkelijk een zonaal zuilvormigen bouw bezat, waarbij meest 2, soms 3, zones zijn te onderscheiden. Reeds de vorm doet denken aan oorspronkelijken sillimaniet, hetgeen bevestigd wordt doordat meestal nog relicten van sillimaniet aanwezig zijn; deze relicten bestaan uit geïsoleerde korreltjes of korte zuiltjes, welker splijting (indien aanwezig) steeds parallel is aan de zuilrichting van het oorspronkelijke mineraal, terwijl verder alle relicten binnen een oorspronkelijken zuil uniform uitdooven, dus tot één kristalindividu behooren.

Binnen deze zuilen komt naast den sillimaniet in ondergeschikte mate kwarts voor, welke, in tegenstelling met den sillimaniet, wèl in verschillende individuen voorkomt en dus wèl secundair is. De grootste ruimte in deze zuilen wordt echter ingenomen door een kleurloos, cryptokristallijn mineraalaggregaat, dat niet met zekerheid bepaald kon worden; waarschijnlijk bestaat het uit een kleurloos chloritisch mineraal. Deze zuilen zijn dus op te vatten als oorspronkelijke sillimaniet, die — hoewel Rosenbusch-Mügge (1927 blz. 318) vermelden dat natuurlijke omzettingsproducten van sillimaniet niet bekend zijn — grootendeels omgezet moet zijn in het (vermoedelijk) chloritische mineraal en ondergeschikt in kwarts, waarbij enkele resten van den sillimaniet gespaard gebleven zijn.

Dit chloritische mineraal is niet beperkt tot den oorspronkelijken sillimaniet, doch is ook daarbuiten algemeen verbreid en komt daar voor (zooals goed te zien is in het loodrecht op de schistositeit geslepen slijpplaatje B) als een, het geheele gesteente doortrekkend, fijn netwerk doordat het alle kwartskorrels omhult; ook vult het scheurtjes op en kan als zoodanig kwartsindividuen doortrekken. In uiterlijk en wijze van voorkomen is dit chloritische mineraal geheel identiek aan dat, hetwelk in de contactgesteenten van de S. Noea werd aangetroffen.

Zeer veel andalusiet in korte zuilen.

Verder talrijke kleine, idiomorfe zuiltjes van lichtkleurigen toermalijn (pleochroïsme van kleurloos tot lichtbruin). Schubjes muscoviet. Talrijke korreltjes rutiel.

In de slijpplaatjes B en C blijkt het gesteente doordrongen te zijn met rechte, hoofdzakelijk uit kwarts bestaande aders, waarin de kwarts, evenals in het omringende gesteente, weer korrel voor korrel omhuld is door het kleurlooze, chloritische (?) mineraal. Naast den kwarts komen nog voor topaas in vrij groote kristallen en kleine zuiltjes toermalijn, weer pleochroïtisch van kleurloos tot lichtbruin.

Een volledig bevredigende interpretatie van dit gesteente kon niet gevonden worden. Het gesteente was een oorspronkelijke kleizandsteen, waarin door contactmetamorfose andalusiet en sillimaniet gevormd werden; tijdens een iets latere pneumatolytische fase ontstonden de kwartsaders met topaas en toermalijn, waarbij de toermalijn ook buiten de aders het gesteente binnendrong. Een groote moeilijkheid vormt echter de omzetting van den sillimaniet. Misschien is deze op de volgende wijze te verklaren.

Het is mogelijk, dat de voor sillimaniet gehouden relicten uit mulliet ($3\ Al_2O_3 \cdot 2\ SiO_2$) bestaan, welke mineraal volgens Rosenbusch-Mügge (1927, blz. 320) „ausserordentlich sillimanitähnlich" is. Daar de dubbelbreking op ± 0,020 geschat werd, terwijl die voor mulliet slechts 0,012 bedraagt, kon niet tot een determinatie als mulliet besloten worden. Bepaling van den assenhoek (waarschijnlijk mogelijk met behulp van de theodoliettafel) kan hierin een beslissing brengen.

Voor het geval, dat de relicten werkelijk uit mulliet bestaan, zou men de volgende verklaring kunnen opstellen.

Bij de contactmetamorfose ontstond oorspronkelijk sillimaniet, waarna, nog tijdens de contactmetamorfose, dit mineraal werd omgezet in mulliet en SiO_2; in het laboratorium werd de eutectische temperatuur tusschen mulliet en SiO_2 bepaald als 1545° (Rosenbusch-Mügge, 1927, blz. 318 en 321), waarbij de nieuw gevormde mulliet dezelfde kristallografische oriënteering vertoont als de sillimaniet, hetgeen bij de hier beschouwde relicten ook inderdaad het geval is. Door de latere pneumatolytische processen zou de mulliet voor een groot gedeelte in het chloritische (?) mineraal zijn omgezet.

Terwijl natuurlijke omzettingen van sillimaniet niet bekend zijn, is dit wel het geval bij den chemisch identieken andalusiet (o.a. in muscoviet), zoodat dit voor den chemisch afwijkenden mulliet zeker mogelijk geacht moet worden; althans zou men dit uit dit monster hebben te concludeeren.

614 Me. Door sterke impregnatie met ijzerhydroxyde paarsroode, fijnkristallijne muscovietsericietkwartsietschist.

2. Het granodiorietmassief.

Het ± 20 km breede granodiorietmassief is gemiddeld van tonalitische samenstelling. Naast tonalieten komen ook zuurdere en basischere variëteiten voor, welke resp. kwartsglimmerdiorieten en hoornblendediorieten te noemen zijn.

a. Tonaliet.

Hiervan werden verzameld de monsters 617, 619, 621, 626, 628, 629 en 630 Me, waarvan slechts de eerste twee en het vierde monster microscopisch werden onderzocht. Dit zijn kwartsrijke gesteenten met biotiet en groenen hoornblende (in 619 Me met intensief blauwe nuances); de veldspaat bestaat uitsluitend uit plagioklaas (andesien van 35 à 45% An., meth. Rittmann, in 617 en 619 Me en van ± 45% An., meth. Rittmann, in 626 Me). Accessorisch zijn in de drie monsters oxydisch erts en apatiet, in 619 Me ook titaniet en in 626 Me ook zirkoon. Als secundair mineraal komt epidoot in de eerste twee monsters voor.

b. Kwartsglimmerdioriet.

Van de hiertoe behoorende handstukken 622, 624, 625 en 627 Me werden het eerste en het derde microscopisch onderzocht.

Deze beide, kwartsrijke, monsters bevatten slechts biotiet als femisch mineraal. Onder den rijk aanwezigen veldspaat overheerscht zuur intermediaire plagioklaas: in 622 Me andesien van ± 35% An. (meth. Rittmann); in 625 Me sterk zonaal gebouwd met een kern van andesien van ± 30% An., naar den rand toe overgaande in oligoklaas van ± 20% An. (meth. Rittmann). In iets geringere hoeveelheid komt als laatst, gelijktijdig met den kwarts uitgescheiden bestanddeel vrij veel orthoklaas voor.

De in geringe hoeveelheid in 625 Me aanwezige muscoviet is waarschijnlijk secundair ontstaan.

Accessorisch zijn titaniet, oxydisch erts en apatiet.

De plagioklaas vertoont een begin van sericitiseering en hier en daar wat epidootvorming; de biotiet is gedeeltelijk gebleekt en gechloritiseerd.

c. Hoornblendedioriet.

618 Me. Groote, door druk zwak verbogen en verbroken, zwak zonaal gebouwde kristallen van bytowniet (80 à 85% An., meth. Rittmann). Zeer rijk aan groenen hoornblende met zwak blauwe nuances. Accessorisch is oxydisch erts (ilmeniet of titanomagnetiet) met leukoxeenrandjes. Secundair zijn enkele partijtjes epidoot.

620 Me. Talrijke door druk verbogen en verbroken, zwak zonaal gebouwde kristallen van basischen plagioklaas, in de kern bestaande uit bytowniet van 80 à 85% An., naar den rand toe overgaande in zuren labrador van 50 à 55% An. (meth. Rittmann); een begin van sericitiseering en epidootvorming. Zeer veel groene hoornblende. Weinig kwarts. Accessorisch sulfidisch erts.

3. De zuidelijke randzone.

De zuidelijke randzone van het tonalietmassief van de S. Blimbing is te vergelijken met die van de S. Kalan.

In hoofdzaak wordt ook hier deze randzone gevormd door de jongste pre-tonalitische formatie, waartusschen in ondergeschikte mate ook de oudste pre-tonalitische formatie is ingeplooid. Al deze pretonalitische gesteenten zijn intensief contactmetamorf beïnvloed. Op verschillende plaatsen werd ertusschen nog tonalitisch gesteente aangetroffen, dat door assimilatie van het nevengesteente een afwijkende samenstelling van die der normale tonalieten verkreeg.

Dus ook hier, evenals in de S. Kalan, is de zuidelijke randzone op te vatten als het gebied waar het grillige bovencontactvlak van den, de reeds onderling verplooide pre-tonalitische formaties binnendringenden, tonaliet geleidelijk zuidwaarts daalt.

Voor de gesteenten der beide pre-tonalitische groepen kan verwezen worden naar het J. M. '39, waar de enkele monsters behoorende tot de oudste groep vermeld zijn op blz. 26 (laatste alinea) en de talrijke monsters der jongste groep op blz. 34 en 35. Betreffende de jongste groep zij hier nog even de aandacht gevestigd op de twee volgende belangrijke punten.

1e. In het andalusiethoudende gesteente 642 Me herhaalt zich volkomen hetzelfde verschijnsel, doch in veel zwakkere mate, van 1847 Me uit de S. Kelawai (zie blz. 106 e.v.).

In den chiastolietglimmerkwartsiet 635 Me toont de chiastoliet (in het J. M. '39 afgebeeld in de foto's 3, 4, 5 en 6), die op fraaie wijze het principe van Riecke demonstreert, dat dit gesteente door „stress" (gerichten druk) inplaats van door „shearing stress" (differentieele bewegingen) werd beïnvloed, terwijl verder op soortgelijke wijze hieruit het bewijs voortvloeit voor het gepaard gaan van een orogenese met de contactmetamorfose.

2e. Het granaatgehalte in verschillende monsters en vooral de hoornblendeveldspaathoornrots 640 Me en de kalksilikaatrots 646 Me toonen aan, dat in dit gebied de jongste pre-tonalitische formatie oorspronkelijk ook gedeeltelijk kalkhoudend (mergelig) was, terwijl zij in het geheele ten O hiervan gelegen terrein nagenoeg uitsluitend kleiig zandig ontwikkeld was.

De in de zuidelijke randzone aangetroffen stollingsgesteenten zijn, zooals uit de hieronder volgende beschrijving blijkt, meer van dioritische dan van tonalitische samenstelling.

633 Me. Donkergrijze, aktinoliethoudende dioriet.

O.h.m. Groote kristallen van basischen plagioklaas, welke volgens de methode Rittmann bepaald konden worden als bytowniet (± 85% An.) en als labrador (± 55% An.). Groote kristallen lichtgroene, aktinolitische hoornblende en onregelmatig begrensde, vaak zwak divergent-stralige aggregaten van aktinoliet. Accessorisch oxydisch erts.

Met verwijzing naar hetgeen voor de aktinoliethoudende tonalieten in de S. Kalan werd opgemerkt, is dit gesteente te beschouwen als een door assimilatie van nevengesteente geaktinolitiseerde dioriet.

643 Me. Grauwe, grofkristallijne hoornblendedioriet.

O.h.m. Basische plagioklaas, overwegend bytowniet (± 80% An., meth. Rittmann), plaatselijk zonaal gebouwd en dan naar den rand toe geleidelijk overgaande in zuren labrador (± 55% An.; meth. Rittmann). Veel groene hoornblende, in groote kristallen of knoedelvormig bijeengehoopt. Weinig xenomorfe kwarts. Accessorisch zeer veel oxydisch erts en titaniet bij voorkeur bij den amfibool voorkomend; enkele vrij groote kristallen apatiet.

649 Me. Grijze, middelmatigkorrelige, biotiethoornblendedioriet.

O.h.m. Basische plagioklaas (bytowniet van 80 à 85% An., meth. Rittmann). Zeer veel grofkorrelige, lichtgroene hoornblende, meest in zeer groote kristallen, daarnaast ook in viltachtige partijen. Ondergeschikt biotiet. Accessorisch apatiet in groote zuiltjes en oxydisch erts.

4. Tertiaire dacieten.

Op drie plaatsen in de S. Blimbing werden gangen aangetroffen van een lichtkleurig, dicht, dacitisch uitvloeiingsgesteente (615, 623 en 641 Me), dat volkomen identiek is aan de dacitische doorbraken in het Tertiair, even ten N van dit kristallijne gebied. Ook deze gangen in het Kristallinicum zijn daarom te beschouwen als aanmerkelijk jongere doorbraken, behoorende tot de tertiaire eruptieperiode.

F. DE BOVENSTROOMGEBIEDEN VAN DE S. TEMPOENAK EN DE S. SEPAUK.

1. De jongste pre-tonalitische groep.

In den bovenloop van de S. Tempoenak werd een monster (722 Si) verzameld, dat opgevat moet worden als een kalksilikaatrots; het bestaat geheel uit groenen tot blauwen hoornblende, epidoot en kwarts. Het is te vergelijken met de kalksilikaatrots 646 Me uit de S. Blimbing. Waarschijnlijk is dus hierin de jongste pre-tonalitische formatie vertegenwoordigd.

2. Tonaliet.

In dit gebied werd het Kristallinicum verkend tot 20 km ten Z. van de WNW-OZO loopende grens met het Oudtertiair.

Het Kristallinicum bestaat hier nagenoeg uitsluitend uit tonalieten.

Evenals elders in het hier behandelde gebied vertoonen de tonalieten sporen van druk welke, volgens de reeds meermalen genoemde opvattingen van Harker, zouden kunnen worden toegeschreven aan twee fasen en wel aan een piëzokristallisatie alsook aan een veel jongere dynamometamorfe periode. Uit de monsters van de S. Sepauk blijkt, dat in den bovenloop van deze rivier, dus naar het Z gaande, de drukverschijnselen geleidelijk intensiever worden. Verschillende handstukken vertoonen hier een beginstadium van de vorming van protogien. Hiermee gaat gepaard de vorming van veel en zeer grofkorreligen epidoot en van grofschubbigen muscoviet in den plagioklaas.

3. Tertiaire doorbraken.

Dit Kristallinicum wordt in het brongebied van de Tempoenak doorbroken door een massief, dat den 1760 m hoogen G. Saran vormt. Het hiervan verzamelde monster 724 Si is een augietdiorietporfiriet, die verwantschap toont met den augiethypersteen-biotietdiorietporfiriet 711 Si, welke afkomstig is van den 1320 m hoogen G. Koedjau, welke 25 km verder noordelijk uit het tertiaire landschap oprijst. De naburige tertiaire sedimenten zijn verhard (709 en 710 Si), hetgeen waarschijnlijk aan een contactwerking van het stollingsgesteente van den G. Koedjau moet worden toegeschreven. Het is om deze reden dan ook waarschijnlijk, dat ook de diorietporfiriet van den G. Saran beschouwd moet worden te behooren tot de tertiaire eruptieperiode.

In het stroomgebied van de S. Sepauk wordt de tonaliet, dicht bij zijn noordgrens, doorbroken door twee kleine voorkomens van dacitische gesteenten, waarvan één, bestaande uit dacito-rhyoliet (671 Si), ontsloten is in de S. Sepauk even beneden Na. Sekoebang, en het andere ruim 2 km ten O hiervan den uit biotietdacito-rhyoliet (672 Si) bestaanden G. Entadjak vormt (deze naam staat niet op de kaart). Deze gesteenten zijn dezelfde als die der talrijke tertiaire doorbraken in de Melawivallei, op grond waarvan ook aan deze een tertiaire ouderdom moet worden toegeschreven.

III. De diepte in de aardkorst van het tegenwoordig ontsloten niveau tijdens de intrusie der plutonen.

De opvallend groote, 1 : 1 naderende, verhouding van de oppervlakten der contactaureolen en der ontsloten plutonische massieven kan slechts ten deele verklaard worden met de aanname, dat de intrusies geen door steile contactvlakken begrensde lichamen vormen, doch over aanzienlijke afstanden buiten de ontsloten begrenzingen op geringe diepte onder het tegenwoordige oppervlak doorloopen; zij wijst bovendien op een groote diepte, waarop de plutonen intrudeerden (zie Gilbert, 1926, blz. 572, fig. 1).

Een tweede omstandigheid, die in sterke mate hiervoor pleit, is te vinden in de injiceeringsgneizen

uit de migmatietstrook in de S. Kalan, welke gesteenten overwegend tot diep ontsloten gesteentecomplexen behooren (Grubenmann-Niggli, 1924, blz. 333).

Ook de aanwezigheid van hälleflintzonen en vooral hun groote breedte in verhouding tot de dikte der pegmatietaders waaraan hun ontstaan is toe te schrijven, en tenslotte de aanwezigheid van biotietandalusietgangen, welke volgens Corin (1934, blz. 403) te vergelijken zijn met de vormingen die Michel Lévy beschouwt als de uiteinden van granulitische aders, vormen nog een tweetal argumenten voor de groote diepte tijdens de intrusieperiode van het thans ontsloten oppervlak. Volgens Grubenmann-Niggli (1924, blz. 349 en 350) zijn deze gesteenten typische pneumatolytisch contactmetamorfe vormingen in het grondgebergte; ook de andalusietglimmergesteenten zouden hiertoe behooren, nl. tot de leptietmarmerserie der Scandinavische geologen. In het Schwanergebergte komen deze gesteenten voor in de jongste pre-tonalitische formatie, die geen regionaalmetamorfose heeft ondergaan, zoodat dit gebied nog niet tot het grondgebergte gerekend kan worden. Het andalusietglimmergesteente vormt een gang in massieve hoornrots en kan dus niet vergeleken worden met de leptietmarmerserie, zoodat de opvatting van Corin hier meer toepasselijk is. In elk geval bewijzen deze gesteenten, dat het tegenwoordige oppervlak een diep gedeelte der aardkorst tijdens hun ontstaan vertegenwoordigt, welks toenmalige condities van druk en temperatuur die van het grondgebergte benaderden.

Combineert men alles hetgeen betreffende de diepteligging van het tegenwoordige oppervlak in het Schwanergebergte tijdens de intrusie der tonalieten bekend is, dan komt men tot de volgende conclusie. Dit niveau bestond uit de onveranderde jongste pretonalitische formatie, waartusschen in verbreiding ondergeschikte strooken Kristallijne Schisten voorkwamen. Het niveau bevond zich op groote diepte in de aardkorst, doch overwegend boven het tonalitische migmatietfront. Kristallijne Schisten zijn echter voor ultrametamorfose bij uitstek toegankelijk, zoodat langs deze strooken het migmatietfront tot op het huidig ontsloten niveau kon opstijgen. De migmatieten van het Schwanergebergte vormen dus a.h.w. protuberanzen van het tonalitische migmatietfront.

De tonalitische massieven kan men, zoo men wil, beschouwen als diapirieten in den zin van Backlund (1936), dus als op een dieper niveau door den uitersten graad van ultrametamorfose ontstane en gemobiliseerde migmatieten, welke in het dekgebergte (of Wegmann's „bovenbouw") intrudeerden (Backlund's rheomorfose).

De imbibitiegesteenten ontstonden in de, tot den „bovenbouw" behoorende, jongste pre-tonalitische formatie slechts op plaatsen (bijv. langs breuken), waar dun vloeibare (dus zeer gasrijke) pegmatitische „magma's" konden opstijgen, die slechts over zeer geringe breedte (enkele cm) pneumatolytisch contactmetamorfe gesteenten konden doen ontstaan, welker voorkomen in het algemeen tot het grondgebergte beperkt is.

IV. Samenvatting en ouderdom.

Voor een samenvatting kan worden verwezen naar de behandeling van dit gebied in het J. M. '39, blz. 26-44, waar bovendien in de tabel (blz. 43) de stratigrafie en het schema van metamorfose-fasen is samengevat.

Betreffende den ouderdom levert de vergelijking met het Kembajangebergte en het in het ZO daaraan grenzende Midden Mengkiangterrein, welk gebied tot dezelfde geologische eenheid behoort, belangrijke conclusies.

Onder verwijzing naar het J. M. '39, blz. 24, laatste drie alinea's en blz. 44-54, kan hier met het volgende volstaan worden.

Voor het Midden Mengkiangterrein konden dezelfde stratigrafie en hetzelfde schema van metamorfosefasen als voor het Schwanergebergte worden vastgesteld, waardoor de onderlinge parallelisatie van de beide gebieden alleszins gewettigd wordt. In het Midden Mengkiangterrein kon voor de twee formaties, welke te vergelijken zijn met de jongste pre-tonalitische groep en met de post-tonalitische sedimenten resp. een permocarbonische ouderdom palaeontologisch bewezen en een boventriadische ouderdom zeer waarschijnlijk gemaakt worden. Hieruit volgt voor het Schwanergebergte het volgende stratigrafische schema.

De Kristallijne Schisten, de oudste pre-tonalitische groep, zijn pre-carbonisch.

De jongste pre-tonalitische groep is permocarbonisch.

De tonalitische plutonen intrudeerden, tijdens een orogenese, in een tijdperk dat een deel van het Perm en de Onder- en Middentrias omvat.

De post-tonalitische sedimenten zijn boventriadisch.

De Boventrias werd dynamometamorf beïnvloed door een orogenese, die zeker ouder was dan het Middenkrijt, waarschijnlijk pre-cretaceïsch en dan dus juradisch moet zijn.

Met den ouderdom dezer beide orogenesen stemt fraai overeen, dat zoowel de Onder- en Middentrias als ook de Jura in dit deel van Borneo niet bekend zijn.

V. Summary.

For an English summary see the summary published in the Jaarboek v. h. Mijnwezen in Nederl.-Indië, 1939 Verhandelingen, p. 174 (sub „Schwaner Mountains") and p. 175, 176, last and first paragraphs respectively.

VI. IJzererts in de S. Ella-ilir.

(Met een schetskaartje 1 : 10.000).

A. Algemeen voorkomen (fig. 1).

In de contactmetamorfe, jongste pre-tonalitische formatie van de S. Ella-ilir werd 5 km stroomaf van de in deze rivier ontsloten noordgrens van het tonaliet-massief een drietal concordant ingeschakelde laagvormige lenzen van ijzererts aangetroffen, welke een vrij lange stroomversnelling, R. [6]) Keraroe geheeten, vormen. Deze ijzerertslagen zijn vergezeld van pegmatitische dooraderingen van het nevengesteente.

Even verder stroomaf wordt de rechter oever begeleid door een NNW-ZZO gericht gangvormig voorkomen van een wit, dicht gesteente, dat bij de R. Batoeboelan [7]) door de rivier doorbroken wordt; het is een hälleflintachtig tot granulitisch gesteente, ontstaan door intensieve injiceering van het nevengesteente door pegmatietaders. Deze pegmatietaders zijn dezelfde als die, welke de ijzerertslagen begeleiden. Daar zij in genetisch verband staan met het ijzererts, zal ook deze hälleflintachtige zone uitvoerig beschreven worden.

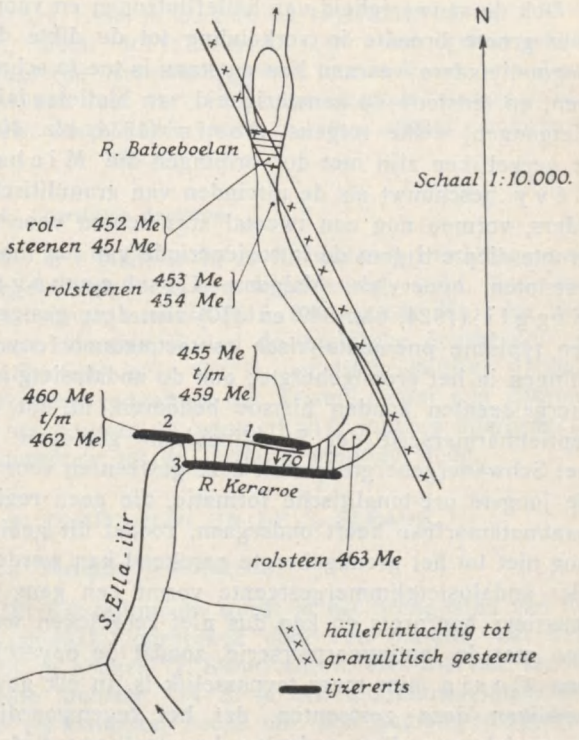


Fig. 1. Het ijzererts-voorkomen in de S. Ella-ilir (1 : 10.000).

6) R. = riam = stroomversnelling.
7) batoe = steen; boelan = maan.

B. Beschrijving der gesteentemonsters.

1. Pegmatiet met hälleflintachtig nevengesteente van de R. Batoeboelan.

De R. Batoeboelan wordt gevormd door een ± 10 m breed, gangvormig, wit gesteente (waaraan deze stroomversnelling haar naam te danken heeft), dat zeer fijnkristallijn tot dicht is en plaatselijk lichtbruingeel tot bruinrood gekleurd en daar het uiterlijk van een hälleflint vertoont. Het wordt dooraderd door 1 cm dikke pegmatietgangen.

451 Me. dd. A van een pegmatietader.

Verreweg overwegend kwarts in een onregelmatig tot grillig, vertandkorrelig mozaïek; zeer sterk kataklastisch en unduleus uitdoovend.

Groote, idiomorfe tot hypidiomorfe kristallen van oligoklaas (± 20% An., meth. Rittmann).

Vrij weinig biotiet en muscoviet.

Talrijke, groote, fraai zuilvormig zonaal gebouwde, idiomorfe kristallen, vaak knoedelvormig samengehoopt, van groenen tot vuilbruingroenen orthiet.

dd. B en C van het hälleflintachtige gesteente.

Een gelijkmatig en fijnkorrelig gesteente, overwegend bestaande uit kwarts, waarin regelmatig verspreid kleine, zeer slecht tot vaag begrensde kristallen van oligoklaas voorkomen. Vrij weinig muscoviet en biotiet.

452 Me. Uit het „nevengesteente" van de hälleflint „gang" is afkomstig 452 Me. Grauwe, zwak hoornrotsachtig glanzende contactlei met schaars verspreide kristalloblasten van kwarts welke 8 mm grootte kunnen bereiken.

Het microscopisch beeld is dat van een biotiethoornrots; de zeer rijk aanwezige biotiet is meest fijnschubbig, doch daarnaast komt hij ook in grofschubbige aggregaten voor. Verder vrij talrijke kristalloblasten van kwarts, echter steeds zonder eigen kristalvorm.

Interpretatie.

De „gang" van de R. Batoeboelan wordt veroorzaakt door een zwerm van dunne kwartsdioritische pegmatietaders — bestaande hoofdzakelijk uit kwarts, daarnaast vrij veel oligoklaas en weinig glimmer en verder gekenmerkt door grof gekristalliseerden orthiet — die over 10 m breedte het nevengesteente door zeer intensieve injiceering heeft omgezet in een hälleflintachtig, hoofdzakelijk uit kwarts en daarnaast uit oligoklaas en glimmer bestaand gesteente.

Buiten deze hälleflintzone is de invloed op het nevengesteente nog merkbaar door de vorming van groote kwartskristalloblasten.

2. Het ijzererts van de R. Keraroe.

Langs beide oevers van de R. Keraroe werd een drietal concordant ingeschakelde, laagvormige ijzerertslenzen aangetroffen (zie het kaartje).

De ijzerertslens nr. 1 is 40 m lang en 4 m dik; zij helt 70° naar Z 10° W.

Van het ertsvoorkomen nr. 2 is het dak niet ontsloten; zonder sleufwerk kunnen de lengte en de dikte niet worden bepaald.

Het derde ertsvoorkomen, van 2 m dikte, begeleidt den rechter oever over 200 m lengte. Het is overeenkomstig aan de 2 andere ertslenzen; het werd niet bemonsterd.

a. De ijzerertslens nr. 1.

Uit het ijzererts werden verzameld 456 en 457 Me; uit den vloer is 455 Me afkomstig terwijl het dak in de monsters 458 en 459 Me vertegenwoordigd is.

α. Het ijzererts (456 en 457 Me).

Voor de chemische samenstelling wordt verwezen naar de tabel aan het einde van dit hoofdstuk, waarin de door het Scheikundig Laboratorium van den Dienst van den Mijnbouw verrichte analysen van deze beide monsters, van de 2 monsters 460 en 461 Me van het ertsvoorkomen nr. 2 en van een bij de R. Batoeboelan verzamelden rolsteen van ijzererts 454 Me vermeld zijn (blz. 119).

Dit ertsvoorkomen wordt gevormd door een ± 40 m lange en ± 4 m dikke intrusieplaat van oxydisch en sulfidisch ijzererts. Hierin zijn te onderscheiden een onderste 0,75 m dikke laag, gekenmerkt door een zeer rijk pyrietgehalte (456 Me), en een 3,25 m dikke bovenste laag, waarin de pyriet aan het oxydische erts ondergeschikt is (457 Me). Het erts is sterk magnetisch, waaruit reeds volgt dat het oxydische erts, zoo niet uitsluitend dan toch verreweg overheerschend uit magnetiet bestaat.

456 Me. Microscopisch onderzoek bij *doorvallend* licht.

Het grootste deel van het slijpplaatje wordt gevormd door vrij grofkristallijn oxydisch en sulfidisch erts, zeer waarschijnlijk resp. uitsluitend magnetiet en pyriet.

Tusschen het erts bevinden zich groote, grofkristallijne aggregaten van stoffig vuilgrauwen apatiet, waarin enkele vrij groote octaëders van magnetiet voorkomen, doch elders worden enkele apatietkristallen geheel door magnetiet omgeven; apatiet en magnetiet zijn dus ongeveer tegelijkertijd ontstaan.

De pyriet komt in groote kristallen voor en omsluit dan zoowel magnetiet als apatiet, terwijl ook omgekeerd kleinere, idiomorfe pyrietkristallen zoowel door den magnetiet als den apatiet omsloten worden. De drie hoofdmineralen magnetiet, pyriet en apatiet zijn dus tegelijkertijd ontstaan.

Vrij veelvuldig, doch in aanmerkelijk geringere hoeveelheid dan de apatiet komt toermalijn voor, steeds in afzonderlijke, vrij groote kristallen, volkomen idiomorf t.o.v. de drie reeds genoemde mineralen, waaruit zou volgen, dat deze toermalijn het eerst ontstaan is. De toermalijn is een fraai blauwe variëteit met sterk ontwikkelden zonalen bouw, waarbij de buitenrand het donkerst is gekleurd.

Verder komt in den vorm van enkele, kleine, kort zuilvormige kristallen zonder terminale begrenzing een kleurloos mineraal voor, dat niet bepaald kon worden (de eigenschappen er van zullen bij 460 Me, waar dit mineraal duidelijker ontwikkeld is, beschreven worden).

Van secundairen oorsprong is een vuilgroenigbruin, vezelig isotroop mineraal, dat langs sprongen en ook volgens scherphoekig begrensde velden den apatiet verdringt. Verder is de apatiet nog dooraderd met onregelmatige sprongen, opgevuld met een kleurloos glimmerachtig mineraal.

Microscopisch onderzoek bij *opvallend* licht (door Ir. W. C. B. Koolhoven).

„Pyrietkorrels en korrels van doorschijnende mineralen in gemartitiseerden en gelimonitiseerden magnetiet (graad van martitiseering als in 457 en 460 Me). Pyrietkorrels meest grillig begrensd vanwege de vervanging door magnetiet, soms nog kristalbegrenzing te zien. Begrenzingen van de korrels doorschijnende mineralen zeer grillig, waarschijnlijk zijn ook de doorschijnende mineralen, evenals de pyriet, ouder dan de magnetiet."

Conclusies. Terwijl uit het mineragrafisch onderzoek slechts is af te leiden, dat de magnetiet het jongste mineraal is, blijkt uit het onderzoek bij doorvallend licht dat de vormingsperioden van den magnetiet, pyriet en apatiet niet streng gescheiden zijn, doch minstens elkaar gedeeltelijk overlappen. Voor den toermalijn en het (onbekende) kleurlooze mineraal wordt in dit monster de indruk gewekt, dat zij vóór de verertsing gevormd werden.

457 Me. Microscopisch onderzoek bij *doorvallend* licht.

Het grootste gedeelte van het slijpplaatje bestaat uit een poreus, grofkorrelig aggregaat van magnetiet, waartusschenin slechts geringe hoeveelheid pyriet voorkomt. De pyriet is slechts bij uitzondering omsloten door den magnetiet; meestal komt hij voor in holten, die hij slechts voor een klein gedeelte opvult.

De toermalijn — ook hier plaatselijk verdrongen door een groen, soms vuilbruin glimmerachtig mineraal — is hier, in tegenstelling met 456 Me, niet automorf, doch schijnt vnl. aan de holten in de magnetietmassa gebonden te zijn.

Hieruit volgt dus dat ook de toermalijn, evenals de pyriet en de apatiet in 456 Me, zoowel vóór als na den magnetiet gevormd is.

Microscopisch onderzoek bij *opvallend* licht (door Ir. W. C. B. Koolhoven).

„Magnetiet met martitiseering, iets verder voortgeschreden dan in 461 Me. Geen sulfidisch erts in het polijstvlakje (wel in het handstuk).

Vele korrels van een doorschijnend mineraal (de toermalijn?), waarin hier en daar korrels magnetiet. Limonietadertjes en -nesten; ook door de toermalijnkorrels dunne limonietadertjes."

Conclusie. Uit dit monster blijkt, dat ook de vorming van den toermalijn niet afzonderlijk staat, doch gelijk met de verertsing moet hebben plaats gegrepen.

β. De vloer van het ijzererts (455 Me).

Van dicht bij het contact met het ijzererts is het monster 455 Me afkomstig.

455 Me. Het handstuk is een grauw, hoornrotsachtig gesteente met vlakke, slechts enkele mm dikke, aplitische of pegmatitische aders. Het gesteente bevat laagvormige

en oogvormige, witte, dichte partijen, welke zeer geleidelijk in het grauwe gesteente overgaan. Door dit uiterlijk wordt reeds de indruk verkregen dat het gesteente intensief met pegmatitische oplossingen werd geïnjiceerd.

O.h.m. Een biotietkwartsiet met groote kristalloblasten van kwarts en oligoklaas; hier en daar kristalletjes van magnetiet. Het gesteente is geïnjiceerd met aders van aplitischen kwartsglimmerdioriet, bestaande uit kwarts, oligoklaas (± 25% An., meth. Rittmann), biotiet, oxydisch en sulfidisch erts.

De biotietblaadjes in den biotietkwartsiet zijn parallel gericht en „stroomen" om de kristalloblasten heen.

Ook in het microscopisch beeld is dus duidelijk het geïnjiceerde karakter door kwartsdiorietpegmatitische oplossingen van deze contactrots.

γ. Het dak van het ijzererts (458 en 459 Me).

Uit het dak van de ijzerertslaag werden op afstanden van 0,50 en 2,50 m van het contact resp. 458 en 459 Me verzameld. Zij zijn identiek aan het nevengesteente uit den vloer (455 Me), dus weer contactrotsen, dooraderd en geïnjiceerd door kwartsdiorietpegmatitische gangetjes; de injiceering is hier echter veel intensiever dan in den vloer.

458 Me. Een donkere hoornrotskwartsiet, sterk geïmpregneerd met, gedeeltelijk grofkristallijnen, pyriet. Dooraderd door een netwerk van, meest zeer dunne, pegmatitische gangetjes, welke plaatselijk aanmerkelijk in dikte aanzwellen en daar zeer geleidelijk in het nevengesteente overgaan. Dus ook hier een contactrots, intensief geïnjiceerd door pegmatitische oplossingen, waarmee tegelijkertijd erts werd toegevoerd.

O.h.m. Identiek aan 455 Me. Hier intensiever geïnjiceerd met adertjes van denzelfden kwartsdioritischen pegmatiet (de oligoklaas is hier iets zuurder, nl. ± 20% An.; meth. Rittmann). Het oxydische en het sulfidische erts, vaak met elkaar vergroeid, zijn hier door het geheele gesteente verspreid. Bovendien komen hier nog voor toermalijn en orthiet.

459 Me. In uiterlijk volkomen overeenkomstig aan 458 Me.

O.h.m. Toermalijnkwartsiet, geïmpregneerd met oxydisch, en in mindere mate met sulfidisch erts; vrij talrijke, betrekkelijk groote korrels zirkoon.

Geïnjiceerd met aders van kwartsdioritischen pegmatiet, bestaande uit kwarts, oligoklaas (± 20% An.; meth. Rittmann), biotiet (vaak sterk gechloritiseerd), toermalijn, oxydisch en sulfidisch erts.

Verder komen nog voor talrijke korrels en grofkorrelige aggregaten van orthiet en enkele afzonderlijke, kort zuilvormige kristallen van het onbekende mineraal van 460 Me.

b. De ijzerertslens nr. 2.

α. Het ijzererts (460 en 461 Me).

460 Me. Microscopisch onderzoek bij *doorvallend* licht.

Het slijpplaatje bestaat grootendeels uit een grofkorrelig, poreus aggregaat van magnetiet. Pyriet komt slechts ondergeschikt voor in enkele kristallen als *onvolledige* opvulling van holten in het magnetiet-aggregaat. Blauwe, zonaal gebouwde toermalijn is vrij veelvuldig aanwezig in afzonderlijke, vrij groote kristallen, evenals de pyriet gebonden aan holten in de magnetietmassa.

De magnetiet omsluit talrijke brokjes, zoo goed als uitsluitend bestaande uit, vaak zeer onregelmatig-korrelige, aggregaten van unduleus uitdoovenden kwarts; plaatselijk komen hiertusschen talrijke korrels zirkoon voor en verder een fijnschubbig, vuilgroen, glimmerachtig (chloritisch?) mineraal, waarschijnlijk ontstaan uit biotiet. De magnetiet dringt vaak langs snoertjes of in den vorm van afzonderlijke kristallen deze kwartsaggregaten binnen. Vermoedelijk stellen zij de laatste resten voor van het oorspronkelijke gesteente.

Verder werden nog, evenals in 456 en 459 Me, maar hier in iets grootere hoeveelheid, afzonderlijke kristallen aangetroffen van een mineraal, dat door schrijver dezes niet gedetermineerd kon worden. De volgende eigenschappen werden bepaald.

Uitgesproken splijting en een minder volmaakte splijting loodrecht hierop; kleurloos; hooge brekingsindex; zeer hooge dubbelbreking (als epidoot) van positief karakter; elongatie karakter +; rechte uitdooving t.o.v. de splijting; enkele sneden vertoonen een duidelijk assenbeeld, loodrecht op de scherpe, pos. biss., met een kleinen assenhoek en sterke dispersie.

Het gesteente vertoont een begin van limonitiseering, die optreedt langs de grenzen der magnetietkristallen, langs scheurtjes in den magnetiet, toermalijn en kwartsaggregaten, terwijl in de laatste ook de afzonderlijke kwartskorrels door limoniet worden omhuld.

In dit monster wordt het waarschijnlijk, dat de ertsafzetting heeft plaats gehad door verdringing van een kwartsitisch gesteente; de door den magnetiet ingesloten kwartsaggregaten zijn waarschijnlijk onverteerde resten van het oorspronkelijke gesteente (biotietkwartsiet).

Microscopisch onderzoek bij *opvallend* licht (door Ir. W. C. B. Koolhoven).

„Hetzelfde beeld als 457 Me, doch hier zijn ook gelimonitiseerde pyrietkorrels aanwezig (als in 454 Me). Plaatselijk sterke ophooping van gemartitiseerde magnetietkorreltjes in de doorschijnende mineralen."

461 Me. Microscopisch onderzoek bij *doorvallend* licht.

In het slijpplaatje bestaat het gesteente uitsluitend uit een poreus, grofkorrelig aggregaat van magnetiet, dat een begin van limonitiseering vertoont.

Microscopisch onderzoek bij *opvallend* licht (door Ir. W. C. B. Koolhoven).

„Magnetiet met beginnende martitiseering (omzetting in haematiet). Het beeld is volkomen gelijk aan dat van fig. 222, p. 585 van Schneiderhöhn — Ramdohr (1931).

Beginnende limonitiseering langs adertjes."

β. Nevengesteente (de vloer) (462 Me).

462 Me. Grijze hoornrotskwartsiet.

O.h.m. Fijnkorrelige kwartsiet met kleine, parallel georiënteerde schubjes biotiet, plaatselijk volledig gechloritiseerd, soms in vlekken geconcentreerd. Weinig muscoviet. Talrijke vrij groote, ronde kristalloblasten van kwarts en zuren plagioklaas (verm. oligoklaas). Accessorisch zirkoon en erts.

In dd. A enkele, samengehoopte, vrij groote korrels van apatiet, waarmee enkele korreltjes epidoot samen voorkomen.

In dit monster manifesteert zich de injiceering van het nevengesteente in de vorming der kwarts- en plagioklaaskristalloblasten en van de enkele apatietkristallen.

Zooals reeds gezegd werd het derde ertsvoorkomen niet bemonsterd.

c. Rolsteen van ijzererts. (454 Me).

454 Me. Het ijzerertsmonster 454 Me, een rolsteen gevonden bij de R. Batoeboelan, vormt weer een instructief voorbeeld voor het martitiseeringsproces, dat hier in een veel verder gevorderd stadium dan in de vorige monsters verkeert.

Microscopisch onderzoek bij *doorvallend* licht.

Verreweg overwegend oxydisch erts, plaatselijk fijn doorspikkeld met sulfidisch erts. Sporadisch een scheurtje opgevuld met ijzerhydroxyde.

Hier en daar een korreltje apatiet.

Microscopisch onderzoek bij *opvallend* licht (door Ir. W. C. B. Koolhoven).

„Martiet, d.w.z. magnetiet, waarbij de martitiseering zoo ver voortgeschreden is, dat alleen magnetietverdringingsrestjes overgebleven zijn in een massa van lamellairen haematiet, volkomen gelijkend op fig. 223, p. 586 in Schneiderhöhn-Ramdohr (1931).

Korrels pyriet, die echter meest gelimonitiseerd zijn. Adertjes limoniet door het geheel."

C. De dieptezone, waarin martitiseering optreedt.

Broderick (1919) geeft een beschrijving van het ijzererts van de Mesabi Range. Hij houdt rekening met de mogelijkheid van hypogeen ontstanen haematiet (blz. 365), doch neemt tevens aan dat ook door oppervlaktewater ontstane haematiet („soft hematite") aanwezig is.

Door Gruner (1922) wordt de omzetting van magnetiet in haematiet van het ijzererts in de Mesabi Range uitsluitend toegeschreven aan vadoos water, daar volgens hem haematiet nooit in het onverweerde gesteente zou zijn waargenomen (blz. 2 en 3).

Gilbert (1925, blz. 595) daarentegen deelt mede, dat martitiseering dikwijls beneden den grondwaterspiegel wordt aangetroffen. Dit, en verder o.a. het feit, dat gemartitiseerde magnetiet vaak samen voorkomt met nog volkomen frissche sulfiden (o.a. pyriet), welke mineralen veel eerder oxydeeren dan magnetiet, brengen hem tot de conclusie, dat de oxydatie van magnetiet tot haematiet verreweg overwegend een hypogeen proces is.

Dat in de literatuur vaak de opvatting verkondigd wordt van een supergene oxydatie van magnetiet tot haematiet, voert Gilbert terug op de veelvuldige waarneming van magnetiet, aan den rand omgezet in haematiet en in de kern in limoniet. Hij verklaart dit echter als volgt. Zooals ook reeds door Broderick (1919, blz. 365) werd vermeld, biedt magnetiet veel minder weerstand tegen limonitiseering dan haematiet. Gilbert neemt nu aan, dat de magnetiet hypogeen aan den rand werd omgezet in haematiet en vervolgens supergeen gelimonitiseerd werd, waarbij de haematiet onveranderd bleef.

Intusschen ontkent ook Gilbert niet de mogelijkheid van haematietvorming door oppervlaktewater, doch onder deze omstandigheden ontstaat volgens hem steeds een amorfe structuurlooze substantie. (Mogelijk behoort de door Broderick, 1919 blz. 365, vermelde „soft hematite" in het erts van de Mesabi Range tot dezen amorfen vorm).

De waarnemingen gedaan aan het Keraroe-erts, welks microscopisch beeld bij opvallend licht geheel anders is dan dat der door Gruner (1922) onderzochte monsters uit de Mesabi Range, verzetten zich niet tegen aanvaarding van Gilbert's opvattingen, zoodat het ook hier waarschijnlijk geacht mag worden, dat de martitiseering een hypogeen proces is geweest.

Verder vindt Gilbert voor zijn opvatting van den overwegend hypogenen aard van het martitiseeringsproces nog een belangrijken steun in het verband, dat blijkt te bestaan tusschen gemartitiseerden magnetiet en de hoeveelheid en aard der sulfiden in een ertsvoorkomen, waarop hij reeds in zijn publicatie van 1925 wees. De martitiseering blijkt het meest intensief te zijn in zwavelarme ertsen, terwijl zij in tegenwoordigheid van pyrrhotien in het geheel niet optreedt. Indien de martitiseering zou plaats hebben onder oppervlakte-omstandigheden is er volgens Gilbert geen enkele reden te bedenken waarom een sulfide de martietvorming zou belemmeren en pyrrhotien deze zelfs geheel zou beletten, terwijl hiervoor wèl een duidelijke oorzaak is aan te wijzen bij de aanname, dat de haematiet bij hooge temperatuur uit de ertsoplossingen zelf is ontstaan.

Dit wordt door Gilbert nader uitgewerkt in zijn artikel van 1926. Hij behandelt hierin in de eerste plaats contactmetamorfe afzettingen omdat deze in het algemeen het rijkst zijn aan haematiet, doch ook aan de andere afzettingen wijdt hij een korte bespreking (blz. 568 — 571). De algemeen aanvaarde aanname, dat in de hypothermale zone geen overmaat aan zuurstof bestaat, verklaart de geringe neiging tot haematietvorming in deze zone. Voor de verklaring van het wèl rijkelijk aanwezig zijn van haematiet in deze zone in contactmetamorfe afzettingen sluit Gilbert (blz. 562) zich aan bij Butler, die dit toeschrijft aan het oxydeerende vermogen van CO_2.

Haematiet en pyrrhotien vertegenwoordigen volgens Gilbert (blz. 571) de uitersten van oxydeerende en reduceerende milieu's, terwijl de sulfiden in het algemeen aan overwegend reduceerende milieu's gebonden zijn. Dit verklaart het elkaar wederzijds uitsluiten van haematiet en pyrrhotien en de antipathie van haematiet tegen sulfiden in het algemeen.

Ook dit is dus in overeenstemming met het Keraroe-erts waarin

wel haematiet en geen pyrrhotien

in het algemeen weinig haematiet en veel pyriet voorkomen.

De rolsteen 454 Me, waarin een intensieve martitiseering heeft plaats gehad, bevat slechts zeer weinig sulfide. Bovendien is hier het oxydische erts aanzienlijk fijner korrelig dan in de overige ertsmonsters, in verband waarmee gewezen zij op het artikel van 1926 van Gruner, waarin hij een serie proeven beschrijft, die aantoont, dat afneming van de korrelgrootte de oxydatie-snelheid van magnetiet tot haematiet bevordert.

Ook al behoeft men uit Gilbert's studies niet te concludeeren, dat martitiseering *uitsluitend* een hypogeen proces is, zijn opvatting, dat martitiseering verreweg overwegend aan groote diepte is gebonden, is zeer zeker te aanvaarden. In elk geval is Gilbert's opvatting in hooge mate toepasselijk op het Keraroe-erts en vormt dus een grooten steun voor de meening, dat het Keraroe-erts op groote diepte gevormd is.

D. Genese van het ijzererts.

1. Wijze van voorkomen en mineraalgehalte.

De ertslichamen vormen plaatvormige lenzen concordant ingeschakeld tusschen de contactmetamorfe gesteenten der jongste pre-tonalitische formatie.

De best bestudeerde ertslens nr. 1 vormt een 4 m dikke en 40 m lange plaatvormige lens, hoofdzakelijk bestaande uit magnetiet, die in geringe mate gemartitiseerd is. Het oxydische erts is over de geheele dikte van het ertsvoorkomen doorgroeid met pyriet en toermalijn; de pyriet is verreweg het rijkst aanwezig in een onderste 0,75 m dikke laag, waar hij overwegend nestvormig geconcentreerd is. Alleen in deze onderste, pyrietrijke, laag is het erts bovendien vergroeid met nestvormigen apatiet.

De pyriet, toermalijn en apatiet zijn zoowel vóór als na de afzetting van het oxydische erts gevormd. De vormingsperiode van het oxydische erts werd dus voorafgegaan en overleefd door de periode waarin de 3 eerstgenoemde pneumatolytische [8]) mineralen werden afgezet.

Het nevengesteente, zoowel in den vloer als in het dak, bestaat uit biotietkwartsiet, geïnjiceerd met pegmatitische adertjes en verder meer of minder intensief geïmpregneerd met oxydisch ijzererts, pyriet en toermalijn en plaatselijk ook met orthiet en apatiet. Het contact van erts en nevengesteente is verre van scherp; in vloer en dak konden resp. 0,5 m en 2,5 m dikke overgangszones van erts naar steriel gesteente worden waargenomen. Ook microscopisch komt een dergelijke overgang tot uiting. Zoo bevatten de monsters 460 Me en 1810 Me [9]) ingesloten brokken biotietkwartsiet, welke opgevat worden als resten van het nog niet volledig verdrongen nevengesteente; in deze monsters kan men dus een overgangsstadium zien van het zuivere erts naar de met erts geïmpregneerde kwartsieten van het nevengesteente.

De pegmatitische adertjes hebben het nevengesteente tot op vrij grooten afstand (in verhouding met de dikte der aders) veranderd in hälleflintachtige gesteenten. Zij zijn identiek aan den zwerm van pegmatietaders bij de R. Batoeboelan, die het nevengesteente over 10 m dikte in hälleflint veranderd heeft. Zoowel bij de R. Batoeboelan als bij de R. Keraroe zijn de pegmatietaders gekenmerkt door orthiet.

2. Aard van het ertsvoorkomen.

a. Ontstaan in de hypothermale zone.

Hoewel magnetiet ook wel bij lage temperatuur kan ontstaan, wordt algemeen aangenomen, dat als dit mineraal in een eenigszins belangrijke hoeveelheid voorkomt, het ontstaan moet zijn bij hooge temperatuur (zie Lindgren, 1933, blz. 637 (voetnoot) en Schneiderhöhn & Ramdohr, 1931, blz. 591). Daar verder de studies van Gilbert (zie sub C.) hiervoor nog een belangrijken steun leveren, is de aanname gewettigd, dat ook de Keraroe-ertsen — welke overwegend bestaan uit magnetiet die meer of minder sterk gemartitiseerd is — in de hypothermale zone gevormd zijn.

Dit is dus geheel in overeenstemming met de in Hoofdstuk III reeds afgeleide conclusie, dat het in dit gebied ontsloten „Kristallinicum" een diep gedeelte van de aardkorst vertegenwoordigt tijdens het intrudeeren der tonalieten.

b. Geen contactafzetting.

Wegens het totaal ontbreken van eenig skarnmineraal kan aan een contactmetamorfen oorsprong dezer ertsen niet gedacht worden.

c. Geen gangopvulling.

Het mineraalgehalte sluit reeds de gedachte aan een gangopvulling uit. Bovendien verzet zich hiertegen ook de wijze van voorkomen. Van een gangvormig doorsnijden van het nevengesteente, onafhankelijk van zijn strekkingsrichting, is geen sprake. Verder is het ertslichaam niet scherp afgescheiden van het nevengesteente, doch gaat door een steeds afnemende intensiteit in impregnatie geleidelijk hierin over. De indruk wordt gewekt dat, evenals de hälleflint van de R. Batoeboelan ontstond door een intensieve imbibitie van het nevengesteente door pegmatitische oplossingen, in de R. Keraroe het nevengesteente tevens geïmbibeerd en verdrongen werd door ertsoplossingen, welke hier dezelfde pegmatitische intrusies begeleidden.

Het erts is dus te beschouwen als van intrusieven aard te zijn, waarbij pneumatolytische processen een belangrijke rol speelden.

8) Voor de opvatting dat ook sulfiden als pneumatolytische mineralen moeten worden beschouwd zij verwezen naar Graton & Mc. Laughlin, 1918, blz. 83.

9) Van dit monster (verzameld door Dr. Krekeler) werd geen gedetailleerde beschrijving gegeven, daar niet met zekerheid bekend is uit welk der drie ertslenzen het afkomstig is.

3. Vergelijking met bekende ertsvoorkomens.

a. Intrusieve kiesafzettingen (Fosdalen, Noorwegen).

Op grond van het algemeene en plaatselijk hooge pyrietgehalte zou men in de eerste plaats willen denken aan een vergelijking met de instrusieve kiesafzettingen, waartoe als uitzondering wel een enkel vnl. uit magnetiet bestaand ertsvoorkomen gerekend wordt, zooals dat van Fosdalen aan de Trondhjemsford in Noorwegen (zie Beyschlag-Krusch-Vogt, 1914, blz. 334).

Hiertegen verzet zich echter in de eerste plaats het groote gehalte (zij het ook plaatselijk) aan apatiet in het Keraroe-erts en verder het ontbreken van hoornblende of een ander femisch mineraal, dat bij de intrusieve kiesafzettingen zoo goed als steeds aanwezig is (ook bij Fosdalen), typeerend het normale magmatische differentiatieproces, waarvan deze ertsafzettingen het eindproduct vormen. Hiermee in overeenstemming is dan ook, dat ons ertsvoorkomen niet met een basisch — zooals bijna alle intrusieve kiesafzettingen — maar met een zuur stollingsgesteente in genetisch verband gebracht moet worden.

b. Apatietijzerertsgroep.

α. IJzerertsvoorkomens van Norrbotten, Noord Zweden.

Het groote apatietgehalte, zij het ook slechts beperkt tot een gedeelte van één der drie ertsvoorkomens, wettigt een vergelijking met de apatietijzerertsgroep. Tegenover vele der door Beyschlag-Krusch-Vogt (1914, blz. 281) vermelde eigenschappen dezer groep, welke ook voor het Keraroe-erts gelden, staan slechts enkele afwijkende kenmerken, welke in het kort besproken zullen worden.

1°. Beyschlag-Krusch-Vogt (1914, blz. 281) vermelden, dat de tot deze ertsgroep behoorende afzettingen voorkomen binnen het stollingsgesteente waaruit het is ontstaan.

Bij het Keraroe-erts is dit niet het geval, doch dit verschil is niet van zoo'n principieel belang. Lindgren (1933, blz. 792 en 793) vermeldt, dat volgens de nieuwere onderzoekingen van Stutzer en vooral van Geijer in plaats van de vroegere opvatting van Högbom, volgens welke de differentiatie geschiedde ter plaatse waar het erts werd afgezet, aangenomen moet worden dat het erts van intrusieven aard is, dus op grootere diepte differentieerde en in gesmolten toestand geïnjiceerd werd. Dit geldt ook voor het erts van Kirunavaara; doch vooral voor dat van Gellivare, hetwelk in gneizen werd ingeperst, is de intrusieve aard duidelijk. Het maakt voor de ertsgenese weinig verschil of het erts bij de opstijging van de plaats, waar het door differentiatie ontstond, steeds binnen het magmalichaam bleef of dat het, doordat de plaats van differentiatie zich dicht bij den rand van het magmalichaam bevond, zich bij de opstijging daaruit verwijderde.

2°. Volgens Beyschlag-Krusch-Vogt is deze ertsgroep gekenmerkt door een in den regel slechts zeer gering zwavelgehalte.

Dit geldt in de eerste plaats voor het erts van Kirunavaara, doch het Gellivare-erts bevat plaatselijk ook sulfiden, nl. pyriet en chalcopyriet (zie Lindgren, 1933, blz. 793), waardoor het principieele ook van dit verschilpunt aanmerkelijk wordt verzwakt.

β. Grängesberg, Midden Zweden.

Over het apatietijzerertsvoorkomen van Grängesberg vermelden Beyschlag-Krusch-Vogt (1914, blz. 417), dat het chemisch-mineralogisch en ook geologisch een merkwaardige gelijkenis vertoont met Gellivare.

Ook met het Keraroe-erts zijn verschillende punten van overeenkomst aan te wijzen. Daartegenover echter vertoont het Grängesbergvoorkomen in 2 opzichten, nl.:

1° dat het is opgebouwd uit afwisselende lagen van magnetiet en haematiet;

2° dat de granietpegmatietgangen, die in groot aantal het erts dooraderen. den haematiet in één of meerdere voet breede zones contactmetamorf in magnetiet hebben omgezet,

een zoo afwijkend karakter, dat het voor vergelijking met het Keraroe-erts niet verder in aanmerking komt.

Het tot de vorming van apatietijzererts leidende proces wijkt af van de normale magmatische differentiatie, welke laatste via gabbro leidt tot de afscheiding van òf in hoofdzaak sulfidische ertsen òf door een hoog titaangehalte gekenmerkte oxydische ertsen, beide in meerdere of mindere mate vergezeld van femische mineralen. Het chemisme van de magmatische splitsing tot apatietijzererts is nog niet geheel verklaard. Het afwijkende karakter wordt toegeschreven aan het tegelijkertijd optreden van pneumatolyse; deze ertsen zijn nl. bijna steeds in het nevengesteente begeleid door pneumatolytische mineralen, vnl. toermalijn (in Gellivare ook fluoriet). We hebben gezien, dat bij ons ertsvoorkomen toermalijn niet alleen in het nevengesteente optreedt maar vooral ook in het erts zelf in groote hoeveelheid voorkomt, zoodat bij deze ertsvorming pneumatolyse zeer zeker een belangrijke rol moet hebben gespeeld. (Zie Beyschlag-Krusch-Vogt; 1914, blz. 282 en 283).

c. Het ertsvoorkomen van Engels (Californië).

De ertsen van het ertsvoorkomen van Engels (Californië), uitvoerig beschreven door Graton & Mc. Laughlin (1917), bestaan in hoofdzaak uit magnetiet (waarmee weinig toermalijn samen voorkomt) en uit sulfiden (overwegend chalcopyriet en ondergeschikt borniet). Deze ertsen staan in verband met een eigenaardigen dioriet of metanoriet, die beschouwd wordt als een basisch splitsingsproduct van den grooten granodiorietbatholiet van de Sierra Nevada, waarmee tegelijkertijd een granodiorietporfier werd afgescheiden. Aangenomen werd dat oorspronkelijk noriet ontstond, welks pyroxenen door een even later volgende pneumatolyse in amfibool werden omgezet. De pneumatolyse hield aan, waardoor in een iets later stadium de oxydische en sulfidische ertsen (met weinig toermalijn) en plaatselijk pegmatieten werden ingeperst. Het ertsvoorkomen bevindt zich dus wel in het stollingsgesteente zelf, doch er wordt aangenomen dat de ertsen op grootere diepte door differentiatie ontstonden en, geholpen door druk die „shearing zones" veroorzaakte, pneumatolytisch in een hooger niveau werden ingeperst.

Naar aanleiding van de kritiek, die werd geuit op het gebruik van de term „pneumatolytisch" voor deze ertsen, terwijl zij toch zich er niet mee kunnen vereenigen die ertsen als magmatisch te kwalificeeren, komen Graton & Mc. Laughlin (1918) tot een meer nauwkeurige definieering hunner bedoeling. De algemeen magmatische processen scheiden zij in orthotectische en pneumotectische processen. Tot de eerste behooren de strikt magmatische processen, zooals de normale kristallisatie van een normaal stollingsgesteente; deze worden onmiddellijk gevolgd door de eventueele pneumotectische processen, welke gekenmerkt zijn door een fundamenteele beïnvloeding door mineralisatoren (ook sulfiden rekenen zij tot pneumatolytische mineralen).

Er blijkt dus een groote analogie te bestaan tusschen de ertsvoorkomens van Engels en van de S. Ella-ilir. De punten van overeenkomst zijn de volgende:

1°. Het Engels-erts houdt genetisch verband met een basisch splitsingsproduct van den grooten granodioriet-batholiet van de Sierra Nevada.
Het erts van de S. Ella-ilir staat in verband met een grooten tonalietbatholiet (granodioriet = syn. voor tonaliet). We hebben gezien, dat de tonaliet in de S. Ella-ilir, dicht bij de noordgrens, gesplitst is in dioriet. Wel is waar is dit basische splitsingsproduct dus nog niet zoo sterk gedifferentieerd als dat van het Engels-erts, doch dit laatste blijkt iets basischer te zijn dan met het gewenschte evenwicht overeenkwam, daar, onmiddellijk na de afscheiding van den noriet, de tendens bestond een meer dioritische samenstelling te vormen (omzetting der pyroxenen in hoornblende).

2°. Het Engels-erts bestaat, evenals het erts van de S. Ella-ilir, in hoofdzaak uit magnetiet en uit sulfide. Dat het sulfide van het Engels-erts, in tegenstelling met het Keraroe-erts, ook koper, bevat, vormt natuurlijk geen principieel verschil.

3°. Beide ertsvoorkomens zijn gekenmerkt door toermalijn.

4°. Beide ertsvoorkomens zijn gekenmerkt door het samen voorkomen met pegmatieten.

Het eenige verschilpunt vormt het apatietgehalte van het Keraroe-erts, hetwelk echter het pneumatolytische karakter, dat deze ertsvorming kenmerkt, nog versterkt en dus voor de genese geen afwijkend moment vormt.

Ook het feit, dat het Engels-erts voorkomt *binnen* het stollingsgesteente waaruit het is ontstaan, terwijl het Keraroe-erts zich daarbuiten bevindt, maakt voor de erts-genese geen principieel verschilpunt uit, zooals reeds bij de vergelijking met de apatietijzerertsgroep werd uiteengezet.

4. Samenvattende verklaring der genese van het Keraroe-erts.

Na de hierboven gegeven vergelijking met enkele min of meer overeenkomende ertsvoorkomens kan worden overgegaan tot een poging de genese van het Keraroe-erts te verklaren.

Het ijzererts van de R. Keraroe bevindt zich, langs de S. Ella-ilir gemeten, op ± 5 km afstand van de noordgrens van den in deze rivier ontsloten tonaliet. In verband met de verspreiding van den tonaliet in de S. Kalan is het echter zoo goed als zeker, dat de tonaliet in zuidwestelijke richting op veel korteren afstand (volgens de kaart 1 : 250.000 een afstand van ± 2 km) van het ijzererts ontsloten is.

Verder werd bij de behandeling van het „Kristallinicum" de groote waarschijnlijkheid aangetoond voor de aanname, dat de tonalietmassieven niet door steile doch door zwak hellende contactvlakken begrensd zijn, dat zij dus op niet al te groote diepte zich nog over aanmerkelijken afstand uitbreiden. De argumenten hiervoor waren:

1°. de groote, 1 : 1 naderende, verhouding van tonalietmassieven en contactaureolen, hetgeen overeenstemt (zie Gilbert 1926, *fig. 1* op blz. 572) met de hypothermale zone, welke waarschijnlijk werd gemaakt, niet alleen door den aard van het erts (magnetiet) doch ook door verschillende omstandigheden van het „Kristallinicum", zooals o.a. de migmatitische, door „intrusion lit-par-lit" ontstane gneizen;

2°. de overgangszonen van tonaliet en nevengesteente, aangetroffen in de S. Kalan en de S. Blimbing, waarin een alterneering van ontsluitingen in tonaliet en nevengesteente werd waargenomen, hetgeen in een dergelijke, geleidelijke wegduiking van de contactvlakken een gereede verklaring vindt.

Men is dus alleszins gerechtigd tot de aanname, dat ook ter plaatse van het ijzererts de tonaliet zich op niet al te groote diepte in den ondergrond bevindt.

De dioritische strook in het tonalietmassief van de S. Ella-ilir, dicht bij de noordgrens van het massief, toont aan, dat hier een differentiatie van het tonalietmagma heeft plaats gehad. Deze differentiatie kan, iets verder naar het noorden en op iets grootere diepte, hebben geleid tot de afsplitsing van de ijzerertsen terwijl bij deze differentiatie tevens zuurdere splitsingsproducten (pegmatieten) werden afgescheiden; tevens had hierbij een concentratie aan mineralisatoren (getuige de toermalijn, apatiet, sulfide) plaats, welke (zie Lindgren, 1933, blz. 793) zonder twijfel het smeltpunt van den magnetiet aanmerkelijk verlaagden.

Verder werd bij de beschrijving van het „Kristallinicum" geconcludeerd, dat de intrusie van den tonaliet plaats vond tijdens een orogenese, welke, zooals op verschillende plaatsen werd aangetoond, tot „shearing stress" aanleiding gaf. Vergemakkelijkt door den druk, die èn den weg voor de opdringende ertsoplossingen gebaand kan hebben door de vorming van een „shearing zone" èn de differentiatieproducten kan (en zal) hebben uitgeperst („abgepresst magmatisch"; zie Schneiderhöhn & Ramdohr, 1931, blz. 593), zal het geheel der differentiatieproducten, door het groote gehalte aan mineralisatoren in hooge mate mobiel gehouden (onder sterken druk staande oplossingen met laag smeltpunt van magnetiet), als een pneumotectisch ertsvoorkomen zijn ingeperst in het nevengesteente.

E. Economisch belang.

De drie bekend geworden ertslichamen zijn door hun geringe afmetingen economisch van geen belang. Dat grootere voorkomens in de omgeving ontsloten zijn, is natuurlijk niet uitgesloten, maar wel weinig waarschijnlijk; aan de bevolking althans was niets daaromtrent bekend, terwijl van haar ook later geen gegevens zijn binnengekomen, niettegenstaande een vrij hooge premie voor aanwijzingen van meerdere vindplaatsen was uitgeloofd.

Gezien de genese van het erts mag echter zeer zeker met de *mogelijkheid* rekening gehouden worden, dat in de diepte belangrijke ertsvoorraden aanwezig zijn. Zoodra de afgelegen ligging [10]) van het erts geen bezwaar meer zou zijn voor een exploitatie, zou een geofysische opsporingsmethode, welke in verband met het magnetische karakter van het erts vrij eenvoudig kan zijn, in dit gebied zeer zeker gemotiveerd zijn.

In verband met het groote pyrietgehalte zij gewezen op het magnetische karakter van het oxydische erts en op de grofkorrelige vergroeiing van oxydisch en sulfidisch erts, waardoor een magnetische scheiding waarschijnlijk goed zal zijn toe te passen.

10) Er zij hier medegedeeld, dat het plan bestaat binnenkort over te gaan tot den aanleg van een grooten verkeersweg van Bandjermasin naar Pontianak, die niet ver van dit gebied zal loopen.

F. Scheikundige analysen.

Hiernaast volgt een tabel met de resultaten van het scheikundige onderzoek der ertsmonsters.

Aan de procentueele samenstelling mag slechts een oriënteerende waarde worden toegeschreven, daar geen monsters, die de gemiddelde samenstelling van één der ertslichamen weergeven, werden verzameld.

Betreffende de analyse van het apatietrijke monster 456 Me dient opgemerkt te worden, dat het CaO-gehalte aanzienlijk te laag is om het P_2O_5-gehalte tot apatiet te binden, waarvoor geen verklaring kon worden gevonden.

Tenslotte zij nog de aandacht gevestigd op het — zij het ook geringe — gehalte aan edele metalen.

	Rolsteen 454 Me	IJzererts lens nr. 1		IJzererts lens nr. 2	
		456 Me	457 Me	460 Me	461 Me
SiO_2	0,81%	0,59%	4,95%	10,70%	22,10%
Al_2O_3	1,93	5,94	3,95	6,63	1,64
Fe_2O_3	90,36	51,56	72,45	64,20	54,73
FeO	6,32	3,93	15,54	12,02	16,82
P_2O_5	0,01	4,45	0,03	0,11	0,31
MnO	0,06	0,02	sp.	sp.	0,04
TiO_2	0,11	0,13	0,21	0,16	0,14
CaO	afw.	2,22	afw.	afw.	afw.
MgO	,,	afw.	,,	,,	,,
K_2O	,,	,,	sp.	sp.	,,
Na_2O	,,	,,	,,	,,	,,
As_2S_3	,,	1,05	afw.	afw.	,,
FeS_2	0,07	27,33	0,97	2,41	0,18
H_2O-	0,52	0,40	0,10	0,22	0,54
H_2O+	0,19	3,09	1,35	2,43	3,57
Som	100,38%	100,71%	99,55%	98,88%	100,07%
Au	sp.	sp.	1,2 g/t	sp.	sp.
Ag	12,8 g/t	6,6 g/t	65,8 ,,	6,0 g/t	6,2 g/t

Analyst: R. Ali Tirtosoewirjo.

G. The Iron Ore Deposit of the Ella-ilir river (left affluent of the Melawi river), Schwaner Mountains, Western Division of Borneo. (Summary.)

Maps: Geologic Map, sheet ————, 1 : 250.000 (Jaarboek v. h. Mijnwezen in Nederl.-Indië, Verhandelingen, 1939).
Sketch 1 : 10.000 (this report).

Introduction.

The iron ore at the R. [1]) Keraroe in the S. [2]) Ella-ilir occurs in the contact-metamorphic Permocarboniferous, 5 km downstream from the crossing of the river with the northern boundary of a large tonalite stock. The ore is accompanied by quartzdioritic pegmatites forming small veins and which have impregnated the country rock.

A little down the river, at the R. Batoeboelan, similar pegmatite veins, but without ore minerals, form swarms of small veinlets in a zone, 10 m wide, in which, by intensive permeation, they have altered the country rock into hälleflintlike or granulitic rocks. Both here and at the R. Keraroe the pegmatite veins contain orthite.

General description of the ore deposit.

Mode of occurrence.

The iron ore was found in 3 sheetlike lenses, conformably intercalated between quartzitic hornfelses.

1) R. = riam = rapid.
2) S. = soengei = river.

Lens 1 is 4 m wide and exposed over 40 m length; it dips 70° to S 10° W.

Width and length of lens 2 cannot be determined without trenching or boring.

Lens 3, 2 m wide, is exposed over 200 m length.

The ore lenses pass on either side gradually into the country rock. Adjoining lens 1 the transition zones at base and top are 0,5 m and 2,5 m thick respectively.

The iron ore.

The following samples were collected: 456 and 457 Me from lens 1, 460 and 461 Me from lens 2, and 454 Me, a loose pebble found at the R. Batoeboelan.

For the chemical analyses, carried out by the Laboratory of the Netherlands Indies Mining Department, reference may be made to the table on p. 119.

All the samples were examined microscopically with transmitted light by the author. The mineragraphic [3]) examination was carried out by Ir. W. C. B. Koolhoven.

In lens 1 can be distinguished a lower part, 0,75 m thick, characterized by a high content of pyrite and a fairly high tenor of apatite (456 Me), and an upper part, 3,25 m thick, containing only little pyrite and no apatite (457 Me). These ores are coarse crystalline. They consist mainly of magnetite rather feebly oxidized to martite and containing little limonite; furthermore of pyrite and tourmaline; 456 Me contains besides these minerals rather much apatite and a small quantity of a colourless mineral which could not be determined. The forming periods of the magnetite, pyrite, tourmaline and apatite were more or less contemporaneous, overlapping each other. The (unknown) colourless mineral seems to have formed before the ores and the pneumatolytic minerals.

460 and 461 Me from lens 2 are also coarse crystalline ores. Whilst the latter consists exclusively of magnetite feebly oxidized to martite and containing little limonite, the former contains, moreover, little pyrite, relatively much tourmaline, and also the unknown colourless mineral of 456 Me. In 460 Me the magnetite encloses numerous small lumps of chlorite-biotite-quartzite, which most probably represent the last remnants of the original rock.

The pebble 454 Me consists mainly of fine crystalline magnetite intensively altered to martite so that only relics of magnetite in a lamelliform mass of hematite have remained (see Schneiderhöhn-Ramdohr, 1931, fig. 223, p. 586). The oxide ore is locally finely peppered with pyrite partly changed to limonite. Apatite occurs sporadically.

The country rock.

Of the lens 1 both the floor- (455 Me) and topwalls (458 and 459 Me) were sampled. These rocks are biotitequartzitic hornfelses impregnated by pegmatitic solutions which emanated from numerous small veins mainly consisting of quartz, oligoclase, biotite, oxide and sulphide ores.

455 Me contains small crystals of magnetite; in 458 and 459 Me both magnetite and pyrite occur in regular dissemination. The 2 latter samples contain also tourmaline and orthite; in 459 Me were found, moreover, zircon and the unknown colourless mineral of the ore samples 456 and 460 Me.

Of the lens 2 only the footwall could be sampled. This rock, again, is a biotite-quartzitic hornfels; the biotite is locally completely altered to chlorite. This rock is identical to the quartzite lumps which, enclosed by magnetite, occur in the ore body of this lens (460 Me). The injection of pegmatites is evidenced by the forming of crystalloblasts of quartz and acid plagioclase and of some apatite crystals.

The zone of depth in which martitization occurs.

According to Gilbert (1925 and 1926) the forming of martite is „for overwhelmingly the greater part" a hypogene process. His views are perfectly applicable to the Keraroe ore and form, therefore, a strong support to the opinion that the Keraroe ore originated in a great depth. This fully harmonizes with the conclusion — arrived at in the foregoing chapters bearing on the geology of the Schwaner Mts. — that this region represents a deep part of the earth's crust at the time the tonalites intruded.

Genesis.

Nature of the ore deposit.

The ore originated in the hypothermal zone.

Owing to the absolute absence of skarn minerals no thought can be given to a contact-metamorphic origin.

The mode of occurrence and the mineral contents preclude the possibility of fissure filling.

The ore deposit is of intrusive nature; pneumatolysis played a prominent part in its forming.

Comparison with similar ore deposits.

The locally high pyrite content is suggestive of the *deposit of Fosdalen* (Norway) which belongs to the class of intrusive sulphide ores, although, just like the Keraroe ore, it consists mainly of magnetite. The Keraroe ore, however, differs by its apatite tenor and by the absence of hornblende or some other femic mineral, typical of the normal magmatic differentiation, of which the intrusive sulphide deposits form the final product.

The high, though local, apatite content forces to a comparison with the *apatite-iron ore group*. Of these only the *iron ores of Norrbotten* (N. Sweden), and especially the *deposit of Gellivare* — which, in contrast to the ore of Kirunavaara, is characterized by a local tenor of sulphides (pyrite and chalcopyrite) — can be considered for comparison with the Keraroe ore. The fact, that these N. Swedish ores, in contrast to the Keraroe ore, are situated within the intrusive rock from which they originated, forms no fundamental difference, as, according to the investigations of Stutzer and Geyer, the ore was formed in a greater depth and was injected in a liquid state into its actual position. The genesis of the Swedish apatite-iron ores is generally ascribed to magmatic differentiation modified by pneumatolysis.

The most striking similarity, however, shows the *iron ore deposit of Engels* (California), described by Graton & Mc Laughlin (1917). The ore consists

3) English translation of the Dutch term for the microscopic examination of polished surfaces with reflected light.

of magnetite with little tourmaline, and of sulphides (chalcopyrite and bornite). The deposit is intimately connected with a peculiar diorite, a differentiation product of the granodiorite of the Sierra Nevada. According to the said authors the ore was differentiated from granodioritic magma in depth and, together with pegmatites, it was pressed pneumatolytically — aided by orogenetic pressure causing shearing zones — into a higher level. They specify this mode of ore genesis as a pneumotectic process, that follows on the strictly magmatic (orthotectic) process and which is marked by the modifying influence of mineralizers.

The only point of difference forms the apatite content of the Keraroe ore which, however, accentuates the pneumatolytic character that marks this ore genesis.

Genesis of the Keraroe ore.

The 3 following conclusions, essential to the genesis of the Keraroe ore, are quoted from the foregoing chapters bearing on the geology of this region.

1. The tonalite stocks are bounded by feebly dipping planes of contact; the tonalite of the S. Ella-ilir most probably extends under the surface to not too great a depth beneath the ore deposit.

2. The tonalite stock of the S. Ella-ilir underwent differentiation near to its northern boundary, as is evidenced by a diorite belt.

3. The tonalite invaded during an orogenesis, which caused locally shearing zones.

The differentiation of the tonalite can have led up — a little farther to the north of the diorite and in a moderate depth beneath the actual surface — to the segregation of the iron ore and contemporaneous separation of pegmatites; at the same time mineralizers (evidenced by tourmaline, apatite, pyrite) concentrated, which lowered considerably the melting point of the magnetite.

These differentiation products as a whole, kept mobile to a high degree by the contents of mineralizers, were pressed by orogenetic forces — possibly facilitated by a shearing zone — into the country rock, thus forming a pneumotectic ore deposit.

Economical value.

The 3 known ore lenses have no commercial value, due to their small dimensions. In view of the genesis of this deposit one may reckon with the *possibility* that more important deposits are present beneath the surface. If ever the actual remote situation should cease to object to exploitation, a geophysical research — which will not be expensive on behalf of the magnetic character of the ore — could be recommended.

VII. Literatuur.

1936. Backlund, H. G. — Der „Magmaaufstieg" in Faltengebirgen. Bull. Comm. Géol. Finl., blz. 293.

1914. Beyschlag, F., P. Krusch & J. H. L. Vogt — Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine. Stuttgart, Bd. I.

1919. Broderick, T. M. — Some of the relations of magnetite and hematite. Econ. Geol., Vol. XIV, nr. 5, blz. 353.

1929. Corin, F. — Un nouveau filon d'andalousite à Regné. Ann. Soc. Géol. Belg., t. LIII.

1931. ——— — Coup d'oeil sur la zone métamorphique de Paliseul. Bull. Soc. belge de Géol., XLI, blz. 340.

1934. ——— — Un nouveau gisement d' andalousite à Recht. Bull. Soc. belge de Géol., t. XLIV, blz. 402.

1924. Duparc, L. & M. Reinhard — La détermination des plagioclases dans les coupes minces. Mém. Soc. phys. et Hist. nat. de Genève, Vol. 40, Fas. 1.

1848. Dumont, A. — Mémoire sur les terrains ardennais et rhénan. Mém. Acad. Roy. Belgique., XXII.

1885. Dupont, E. — Sur l'existence de roches mâclifères dans le terrain devonien inférieur de l'Ardenne belge. Bull. Acad. Roy. Belgique, blz. 110.

1925. Gilbert, G. — Some magnetite-hematite relations. Econ. Geol., Vol. XX, nr. 6, blz. 587.

1926. ——— — Significance of hematite in certain ore deposits. Econ. Geol., Vol. XXI, nr. 6, blz. 560.

1888. Gosselet, J. — L' Ardenne. Mém. Carte géol. dét. France, 1888.

1886. Götz, J. — Untersuchung einer Gesteinssuite aus der Gegend der Goldfelder von Marabastad im nördlichen Transvaal, Süd-Afrika. Neues Jahrb. Min. Geol. u. Pal., IV, Beil. Bd., blz. 110.

1917. Graton, L. C. & D. H. Mc. Laughlin — Ore deposition and enrichment at Engels, California. Econ. Geol., Vol. XII, nr. 1, blz. 1.

1918. ——— — Further remarks on the ores of Engels, California. Econ. Geol., Vol. XIII, nr. 2, blz. 81.

1924. Grubenmann, U. & P. Niggli — Die Gesteinsmetamorphose I. Berlijn.

1922. Gruner, J. W. — Paragenesis of the martite ore bodies and magnetites of the Mesabi Range. Econ. Geol., Vol. XVII, nr. 1, blz. 1.

1926. ——— — Magnetite-martite-hematite. Econ. Geol., Vol. XXI, nr. 4, blz. 375.

1918. Hall, A. L. — The Geology of the Barberton Gold Mining District. Mem. Geol. Surv. S. Africa, 9, 1918.

1932. Harker, A. — Metamorphism. Londen, 1932.

1933. Lindgren, W. — Mineral Deposits. New York en Londen, 1933.

1900. Molengraaff, G. A. F. — Geologische Verkenningstochten in Centraal-Borneo. Leiden en Amsterdam, 1900.

1891. Müller, W. — Ueber Contacterscheinungen am Glimmerschiefer der Schneekoppe. Z. Deutsch. Geol. Ges., XLIII, blz. 730.

1882. Renard, A. — Les roches grenatifères et amphiboliques de la région de Bastogne.
Bull. Mus. Roy. d' Hist. Nat. Belgique, I, blz. 1.

1929. Rittmann, A. — Die Zonenmethode. Ein Beitrag zur Methodik der Plagioklasbestimmung mit Hilfe des Theodolithtisches.
Schweiz. Min. u. Petrogr. Mitt., Bd. IX, Heft 1, blz. 1.

1910. Rosenbusch, H. — Elemente der Gesteinslehre.
Stuttgart, 1910.

1927. Rosenbusch, H. & O. Mügge — Mikroskopische Physiographie der petrografisch wichtigen Mineralien. Bd. 1, 2. Stuttgart.

1931. Schneiderhöhn, H. & P. Ramdohr — Lehrbuch der Erzmikroskopie, Bd. II.
Berlijn.

1931. Schoep, A. — Sur la constitution minéralogique et sur la nature de la roche dite à ouralite de Libramont.
Bull. Soc. belge Géol., XLI, blz. 184.

1925. Tilley, C. E. — Petrographical Notes on some Chloritoid Rocks.
Geol. Mag., LXII, blz. 309.

1935. Wegmann, C. E. — Zur Deutung der Migmatite.
Geol. Rundschau, blz. 52.

1936. ——— — Geologische Merkmale der Unterkruste.
Geol. Rundschau, blz. 43.

ECONOMISCHE MEDEDEELINGEN.

Mijnbouw Maatschappij Simau.

Gedurende de maand Mei 1940 werden:
7 748 tons erts vermalen van gemiddeld 8,78 dwts goud per ton. 131,4 dwts zilver „ „
2 690 „ sands,
4 665 „ slimes en
290 „ concentraten behandeld.
Geëxtraheerd werden ca. 3 431 ozs. goud en ca. 47 343 ozs zilver ter gezamenlijke waarde ± *f* 237 700,—.
De bedrijfskosten over Mei 1940 bedroegen ± *f* 104 000,—, terwijl voor montage werd uitgegeven ± *f* nihil, en voor prospecteeren der nieuwe vergunningsterreinen ± *f* nihil.

Gedurende de maand Juni 1940 werden:
7 511 tons erts vermalen van gemiddeld 8,58 dwts goud per ton. 133,— dwts zilver „ „
2 625 „ sands,
4 520 „ slimes en
283 „ concentraten behandeld.
Geëxtraheerd werden ca. 3 101 ozs. goud en ca. 45 047 ozs. zilver ter gezamenlijke waarde van ± *f* 216 000,—.
De bedrijfskosten over Juni 1940 bedroegen ± *f* 98 000,—, terwijl voor montage werd uitgegeven ± *f* nihil, en voor prospecteeren der nieuwe vergunningsterreinen ± nihil.

Mijnbouw Maatschappij „Zuid Bantam".

Gedurende de periode van 30-6-1940 t/m 6-7-1940 werden 1 265 tons erts vermalen van gemiddeld 8,— gram goud en 400,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 7-7-1940 t/m 13-7-1940 werden 1 200 tons erts vermalen van gemiddeld 10,— gram goud en 650,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 14-7-1940 t/m 20-7-1940 werden 1 400 tons erts vermalen van gemiddeld 11,— gram goud en 700,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 21-7-1940 t/m 27-7-1940 werden 1 050 tons erts vermalen van gemiddeld 12,7 gram goud en 700,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 28-7-1940 t/m 3-8-1940 werden 1 030 tons erts vermalen van gemiddeld 8,7 gram goud en 600,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 4-8-1940 t/m 10-8-1940 werden 1 450 tons erts vermalen van gemiddeld 10,— gram goud en 600,— gram zilver per ton.