

STEVIN-LABORATORIUM
van de Afdeling der
Weg- en Waterbouwkunde
der
TECHNISCHE HOGESCHOOL
DELFT.

Rapport 6-60-2-KA-2.

Juni 1960

Metingen aan de binnenhavenbrug te Rotterdam
in verband met het axiaal "kruipen" van assen.

door: Prof.ir.A.A.van Douwen,
Ir.J.de Back.
Ir.L.P.Bouwman.

Stevinweg 4
Delft .
Tel.01730-24950,
toestel 7303.

INHOUD:

	Blz.
I. Inleiding.	1
II. Wijze van uitvoering van de metingen.	1
III. Meetresultaten.	3
IV. Conclusies en opmerkingen.	4
Figuur 1	7
Figuur 2	8
Figuur 3	9
Figuur 4	10
Figuur 5	11
Figuur 6a en 6b	12
Tabel I	8
Tabel II	9
Tabel III	13
Foto meetopstelling II.	14

I. INLEIDING:

Bij een inspectie van de Binnenhavenbrug door gemeentewerken Rotterdam, bleek dat bij deze ophaalbrug de assen waarmee de balans op de hameistijlen is opgelegd (fig.1 blz.7) ten opzichte van de oplegring in de balanspriem naar buiten gekropen waren (zie fig.6^b blz.12)

De doorbuiging van de oplegschotten wezen erop dat door dit axiaal kruipen aanzienlijke horizontale krachten op deze schotten waren ontstaan.

In verband hiermee was het noodzakelijk voorzieningen te treffen om deze grote axiale krachten zonder hinderlijke of gevaarlijke vervormingen te kunnen opnemen.

De brug moest hiertoe gedemonteerd worden, waardoor de gelegenheid ontstond enige metingen aan de oplegschotten te verrichten ter bepaling van de grootte van de ontstane axiale kracht die deze schotten vervormd had.

In dit rapport zullen de volgende toestanden onderscheiden worden:

Toestand 0 : is de toestand waarin de brug na fabricage verkeerde, aangenomen vlakke platen enz. (zie fig 1 blz. 7)

Toestand 1 : is de toestand waarin de brug verkeerde vlak voor demontage bij de Binnenhaven (zie fig 6^b blz. 12)

Toestand 2 : is de toestand na het verwijderen van de assen, dit is de toestand waarin wij de brug op de werf bij Kloos aantreffen.

Toestand 3 : is de toestand van de schotten bij een vijzel-last van x ton (zie fig.6^a blz. 12)

II. WIJZE VAN UITVOERING VAN DE METINGEN:

Bij bovengenoemde inspectie werden door Gemeentewerken Rotterdam op de wijze zoals aangegeven in fig.4 blz.10 de verschillen b - a bepaald, en wel horizontaal naar links en naar

rechts en verticaal omhoog en omlaag overeenkomende met $A - A'$, $B - B'$, $C - C'$, en $D - D'$ volgens figuur 2 blz. 8. De gevonden verschillen bedroegen respectievelijk:

$$\begin{aligned} \text{bij: } A - A' &\rightarrow 15 \text{ mm, } B - B' \rightarrow 15 \text{ mm,} \\ C - C' &\rightarrow 18 \text{ mm, en bij } D - D' \rightarrow 9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Het grote verschil tussen verticaal omhoog en omlaag (zie fig. 4, blz. 10) kan waarschijnlijk verklaard worden uit:

- a. D' zal een grotere horizontale verplaatsing t.o.v. het onvervormde verticale vlak (toestand 0) hebben gehad dan C' .
- b. De lijn $C - D$ is door de hoekverdraaiing van de as niet evenwijdig geweest aan het onvervormde verticale vlak. We moeten aannemen dat na de demontage van de balans door de firma Kloos te Kinderdijk niet alleen de doorbuiging van het oplegschot, maar ook de helling van de lijn $C - D$ is veranderd.

Het had ons inziens derhalve geen zin na ontlasting, evenmin als bij de hierna beschreven metingen, de afzonderlijke waarden (omhoog en omlaag) op de wijze als in fig. 4 blz. 10 te meten. We hebben daarom op de wijze volgens fig. 5 blz. 11 (meetopstelling I) de verplaatsingen van de punten $C - D$ resp. $A - B$ t.o.v. de lijn door $C' - D'$ resp. $A' - B'$ gemeten door de op de meetklokjes afgelezen waarden te vergelijken met de op een vlakplaat verkregen waarden van de meetklokjes.

De gemiddelde verplaatsingen van C en D resp. A en B kunnen nu worden vergeleken met de gemiddelde waarden van $b - a$ voor de verticale resp. horizontale lijn gemeten bij toestand 1 van de brug. Deze laatste gemiddelde waarden zijn voor de verticale lijn $\frac{18 + 9}{2} = 13,5$ mm en voor de horizontale lijn $\frac{15 + 15}{2} = 15$ mm.

Verder zijn op diverse plaatsen aan de andere zijde van het schot zie voor de plaats van de meetpunten fig. 3 blz. 9 door middel van op een raamwerk gemonteerde meetklokjes zie foto blz. 14 (meetopstelling II) verplaatsingen gemeten

ten opzichte van punten waarvan aangenomen kan worden dat zij nog in het onvervormde vlak (overeenkomende met toestand 0) lagen. Ook hier zijn de op deze wijze afgelezen waarden vergeleken met de op een vlakplaat verkregen uitkomsten.

Teneinde een indruk te verkrijgen van de grootte van de axiale kracht die bij toestand 1 van de brug op het schot aanwezig is geweest, is door de Firma Kloos N.V. te Kinderdijk na demontage van de as, in opdracht van Gemeentewerken Rotterdam, een juk met een vijzel volgens fig. 5 blz. 11 aangebracht, waardoor het mogelijk was het schot horizontaal te belasten.

Tijdens deze belasting zijn met de meetopstellingen I en II de verplaatsingen op overeenkomstige wijze als hiervoor beschreven gemeten.

III. MEETRESULTATEN:

De met behulp van meetopstelling I gevonden verplaatsingen van de meetpunten A en B resp. C en D t.o.v. de lijnen A' - B' resp. C' - D' (zie fig. 2 blz. 8 voor de plaats van de punten) zijn vermeld in tabel I blz. 8 .

De waarden bij 0 ton zijn dus blijvende verplaatsingen t.o.v. A' - B' resp. C' - D' ontstaan door de horizontale belasting, die op het schot bij toestand 1 van de brug aanwezig was.

De met meetopstelling II gevonden verplaatsingen van de meetpunten aan de buitenzijde van het schot zijn vermeld in tabel II blz. 9 en wel in de kolommen vp. ten opzichte van de toestand 0 van het schot (bepaald met behulp van een vlakplaat) en in de kolommen bs. ten opzichte van de blijvend gevormde plaat zoals die vóór het aanbrengen van de belasting (toestand 2) aanwezig was.

De waarden in de kolommen vp. bij een belasting van 0 ton bij het begin van de meting (0^2) zijn de blijvende verplaatsingen t.o.v. de toestand 0. (dus verschil toestand 2 t.o.v. toestand 0)

Vergelijking van deze waarden bij de meetpunten 2 en 3 met die bij de meetpunten 7 en 6 wijst er op dat punt D^0 inderdaad een grotere verplaatsing zal hebben gehad dan punt C^0 (zie blz. 2 onder II bij a)

Verder geeft een onderlinge vergelijking van deze waarden bij de meetpunten 4, 10, 8 en 5 aan, dat de oplegplaat t.o.v. het verticale vlak om de horizontale as verdraaid geweest is. (vergelijk blz. 2 onder II bij b).

IV. CONCLUSIES EN OPMERKINGEN:

Zoals uit fig. 6b en 6a blz. 12 blijkt is de belastingswijze in de oorspronkelijke toestand en tijdens de metingen niet dezelfde.

Bij fig. 6b (toestand 1) zullen de verstijvingsbalkjes DIN 20 niet of nauwelijks verplaatsen, terwijl bij toestand 3 volgens fig. 6a de balkjes wel belangrijk verplaatsen. Zie bijv. de meetpunten 1, 2 en 12 in tabel II blz. 9

De vervormingen van de schotten zullen hierdoor voor beide gevallen zeker niet gelijk zijn.

Dit heeft voor de metingen aan de binnenzijde van het schot (zie tabel I blz. 8) de volgende consequenties:

De punten A^0 , B^0 en C^0 verplaatsen bij een bepaalde belasting (toestand 3) nu aanmerkelijk meer dan bij toestand 1.

De punten A^0 en B^0 verplaatsen bij toestand 3 echter minder dan het punt C^0 (vergelijk meetpunt 12 met 2 tabel II blz. 9) doordat het schot aan de zijde van de hameistijl bij gelijke belastingen van de verstijvingsbalkjes ter plaatse van het bovenste balkje meer zal vervormen dan ter plaatse van de andere balkjes.

Hierdoor zal de gemeten verplaatsing van het hart van de oplegplaat ten opzichte van de lijn door de punten C^0 en D^0 kleiner zijn dan dezelfde verplaatsing gemeten ten opzichte van de lijn door de punten A^0 en B^0 . Bij de meting bij toe-

stand 1 was ook reeds een verschil aanwezig (zie blz. 2 onder II) Dit verschil was echter kleiner.

In tabel III blz.13 zijn de verplaatsingen bij toestand 3 van het hart van de oplegplaat tijdens de meting met de verplaatsingen van toestand 1 vergeleken.

De in de kolommen "toestand 3" vermelde waarden, waarvan de onderstreepte verplaatsingen gelijk zijn aan de overeenkomstige waarden van toestand 1, zijn verkregen door interpolatie resp. extrapolatie van waarden vermeld in tabel I blz. 8.

Bij een belasting van 58,9 ton zijn de verplaatsingen ten opzichte van $A' - B'$ gelijk, ten opzichte van $C' - D'$ echter is de verplaatsing bij de meting kleiner dan bij toestand 1. We kunnen derhalve bij benadering stellen dat in de richting $C' - D'$ bij de meting een kleinere belasting werd overgedragen dan bij toestand 1.

Bij 85,8 ton is de verplaatsing ten opzichte van $A' - B'$ bij de meting groter dan bij toestand 1, hier wordt dus bij de meting een grotere belasting overgedragen.

Het lijkt ons juist uit te gaan van gelijke gemiddelde verplaatsingen, wat overeenkomt met een belasting van 71,0 ton.

De reeds eerder vermelde verplaatsing van de verstijvingsbalkjes is echter ook nog van invloed op de inklemming van het plaatgedeelte binnen de punten $A' - C' - B' - D'$ in het overige gedeelte van de plaat.

Deze inklemming zal kleiner worden naarmate de balkjes meer verplaatsen.

Uit vergelijking van de meetpunten 1 en 2 tabel II blz. 9 kan worden geconcludeerd dat ter plaatse van de balkjes door de verhoudingsgewijs grote stijfheid hiervan de inklemming nagenoeg volledig blijft.

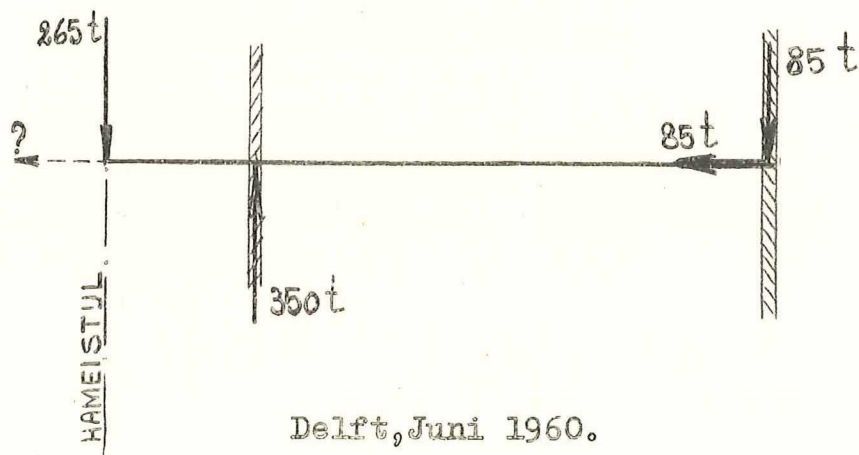
Tussen deze balkjes in zal de inklemming echter zeer zeker kleiner worden.

De grootte van de invloed hiervan is moeilijk nauwkeurig te bepalen. We zijn echter van mening dat hoewel de invloed zeker aanwezig is, dit de orde van grootte van de belasting niet zal wijzigen.

Globaal zouden we derhalve willen aannemen dat op het binnenschot bij toestand 1 ca. 85 ton (70 - 100 ton) aanwezig is geweest.

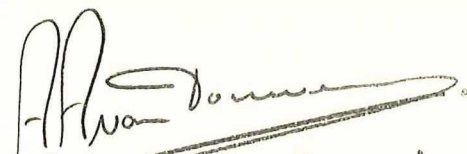
Hoe groot de bij het buitenschot t.g.v. het kruipen van de as ontstane axiale kracht geweest is, is moeilijk te bepalen daar deze kracht zijn reactie zowel op het binnenschot als op het lager ter plaatse van de hameistijl kan vinden, deze laatste zal echter ten opzichte van de eerste klein zijn.

Uit het hieronder getekende krachtenschema van de as blijkt dat de horizontale kracht ten gevolge van het kruipen van de as voor dit geval gelijk was aan ca. 32% van de oplegkracht ter plaatse van de hameistijl.

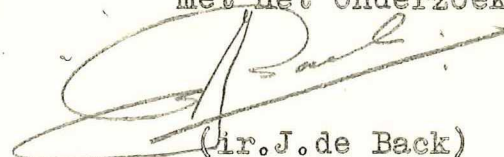


Delft, Juni 1960.

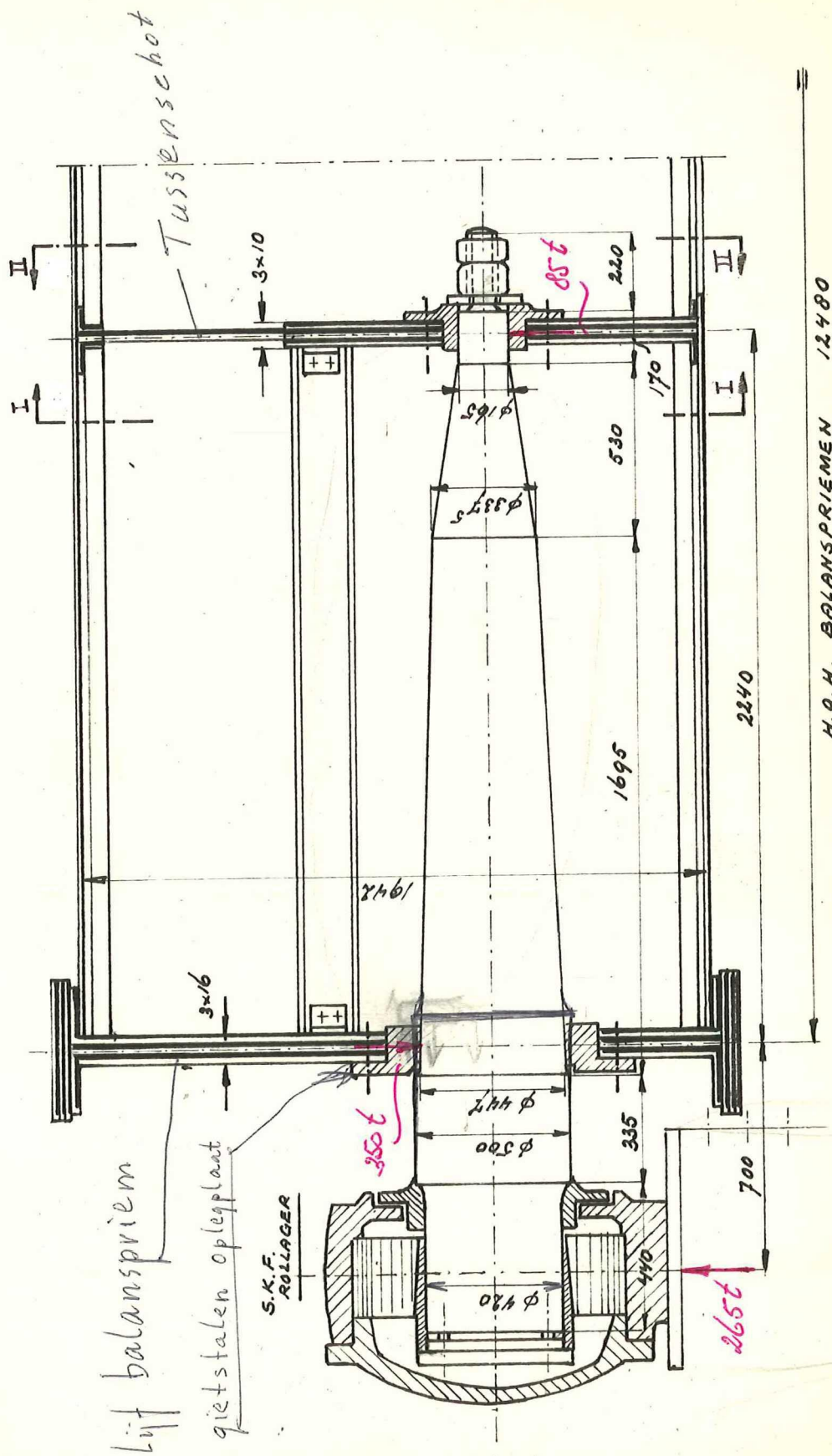
De hoogleraar Staalconstructies:


(Prof. ir. A.A. van Douwen)

De ingenieurs belast met het onderzoek,


(ir. J. de Back)

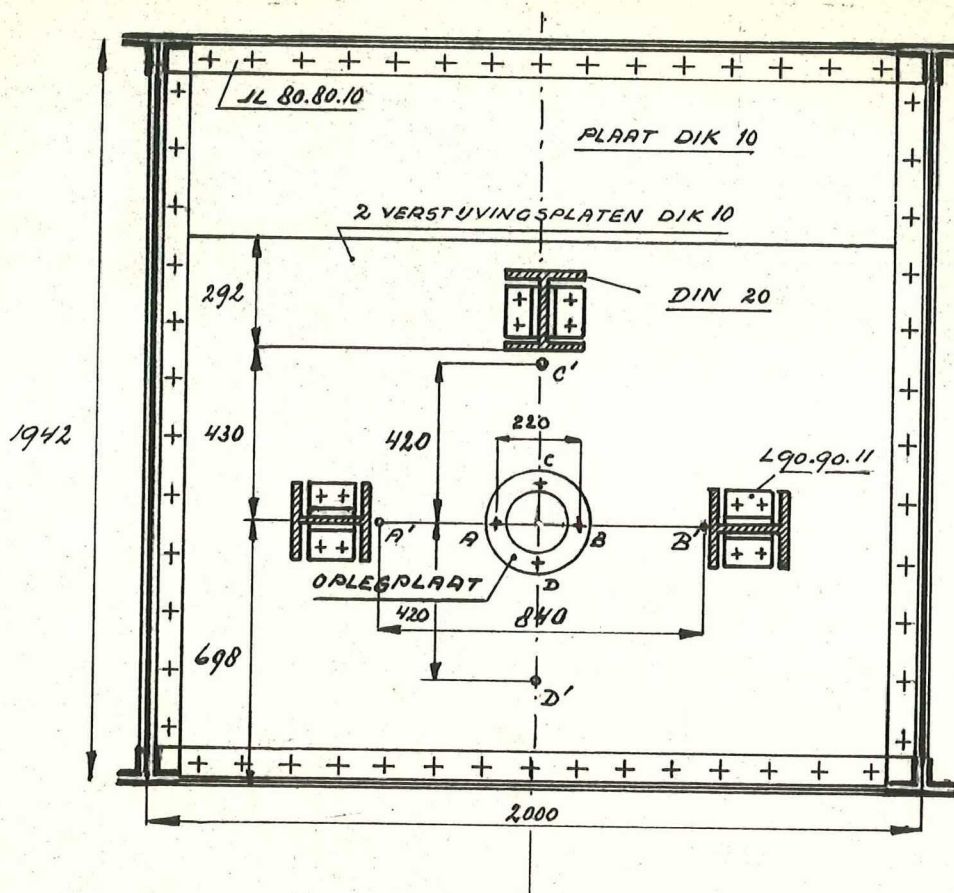

(ir. L.P. Bouwman)



H.O.H. BALANSPRIEMEN 12480

FIG. 1 DOORSNEDE OVER DRAAIPUNT BALANS.

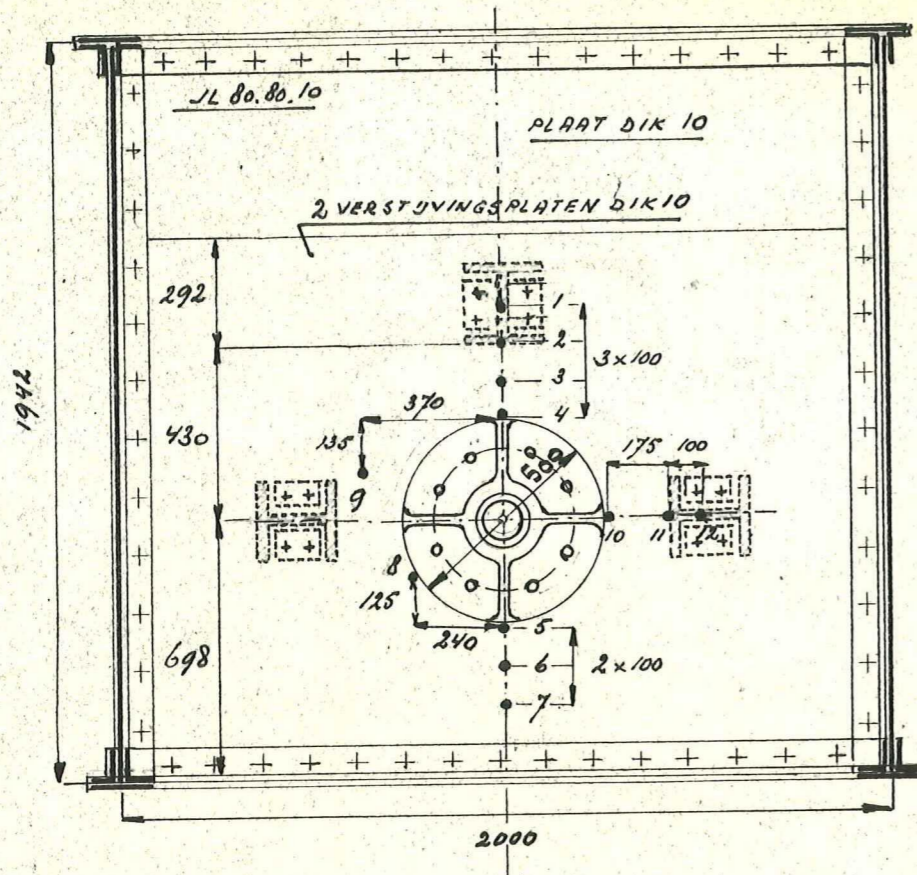
FIG. 2 (Doorsnede I-I van fig 1)



TABEL I. Aan de binnenzijde gemeten verplaatsing in mm. van de meetpunten A en B resp. C en D op de oplegplaat t.o.v. de lijnen A'-B' resp. C'-D'.

vijzel		t.o.v. A'-B'		t.o.v. C'-D'	
druk in atm.	kracht in t	A	B	C	D
0	0	7,9	8,1	6,0	4,8
12,5	7,1	9,6	9,6	7,4	6,3
25	14,3	10,2	10,3	7,9	6,7
37,5	21,4	10,9	11,0	8,2	7,1
50	28,6	11,6	11,5	8,9	7,7
70	40,0	13,1	13,0	9,9	8,7
90	51,4	14,3	14,2	10,8	9,6
100	57,1	14,8	14,8	11,2	10,0
110	62,9	15,5	15,4	11,6	10,5
120	68,6	16,3	16,2	12,1	11,0
130	74,3	17,1	16,8	12,7	11,7
0	0	8,9	8,6	6,5	5,5

FIG. 3 (doorsnede II-II van fig 1)



MEETOPSTELLING II

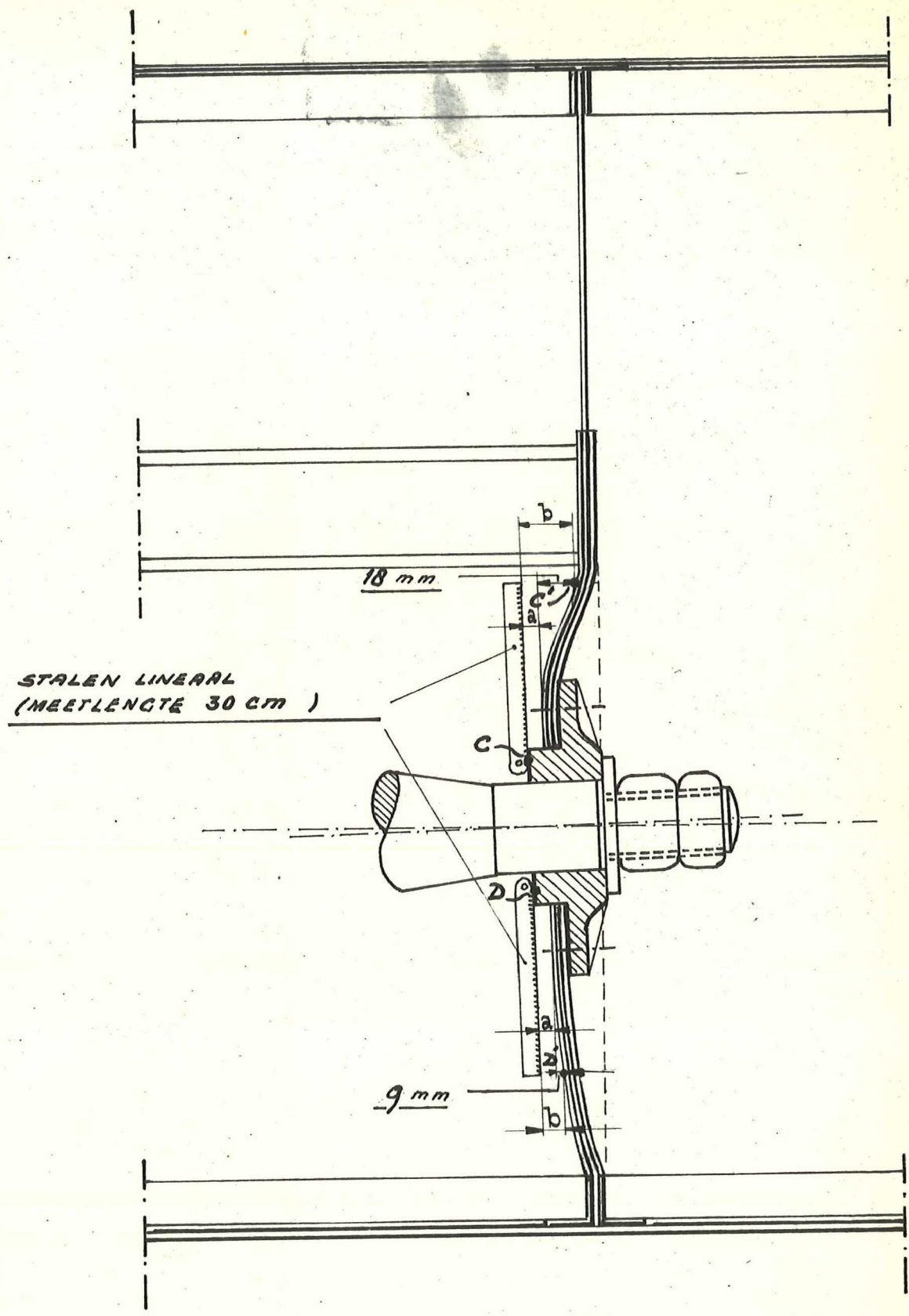
● = PLAATS MEETKLOKJE

TABEL II.

bel. in atm.	bel. in t	verplaatsingen in mm van de meetpunten: (zie voor meetpunten tekening hierboven).																							
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
		vp.	bs.	vp.	bs.	vp.	bs.	vp.	bs.	vp.	bs.	vp.	bs.	vp.	bs.	vp.	bs.	vp.	bs.	vp.	bs.	vp.	bs.		
0 ¹⁾	0	0,0		0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	
0 ²⁾	0	1,9	0,0	1,8	0,0	4,2	0,0	8,2	0,0	6,9	0,0	5,4	0,0	3,6	0,0	7,5	0,0	2,5	0,0	7,9	0,0	0,6	0,0	0,9	0,0
12 ⁵⁾	7,1	2,3	0,4	2,3	0,5	5,3	1,1	10,0	1,8	9,3	2,4	7,4	2,0	4,9	1,3	9,8	2,3	3,6	1,1	9,7	1,8	1,3	0,7	1,3	0,4
25	14,3	2,9	1,0	3,0	1,2	6,3	2,1	11,3	3,1	-	-	8,7	3,3	6,1	2,4	11,2	3,7	4,3	1,8	11,5	3,6	2,2	1,6	2,0	1,1
37 ⁵⁾	21,4	3,4	1,5	3,5	1,7	7,0	2,8	12,2	4,0	-	-	9,8	4,4	6,8	3,2	12,3	4,8	4,8	2,3	12,6	4,7	2,8	2,2	2,5	1,6
50	28,6	4,1	2,2	4,2	2,4	7,8	3,6	13,4	5,2	-	-	10,9	5,5	7,7	4,1	13,4	5,9	5,5	3,0	13,9	6,0	3,4	2,8	3,0	2,1
70	40,0	6,1	4,2	6,1	4,3	9,9	5,7	16,0	7,8	-	-	13,2	7,8	9,5	5,9	16,0	8,5	-	-	16,4	8,5	5,0	4,4	4,3	3,4
90	51,4	7,7	5,8	7,8	6,0	11,8	7,6	18,4	10,2	-	-	15,4	10,0	11,2	7,6	18,3	10,8	8,6	6,1	19,1	11,2	6,3	5,7	5,5	4,6
100	57,1	9,0	7,1	9,0	7,2	13,2	9,0	19,7	11,5	-	-	16,7	11,3	-	-	-	-	9,5	7,0	20,7	12,8	7,3	6,7	6,3	5,4
110	62,9	9,8	7,9	9,9	8,1	14,2	10,0	21,0	12,8	-	-	18,0	12,6	-	-	-	-	10,3	7,8	22,2	14,3	8,0	7,4	7,1	6,2
120	68,6	10,6	8,7	10,7	8,9	15,1	10,9	22,1	13,9	23,2	16,3	19,3	13,9	14,3	10,7	-	-	11,1	8,6	23,5	15,6	8,8	8,2	7,8	6,9
130	74,3	11,6	9,7	11,6	9,8	16,2	12,0	23,4	15,2	24,7	17,8	20,5	15,1	15,4	11,8	-	-	11,9	9,4	25,1	17,2	9,7	9,1	8,5	7,6
0 ³⁾	0	2,3	0,4	2,3	0,5	5,0	0,8	9,1	0,9	7,9	1,0	6,7	1,3	3,6	0,0	9,1	1,6	3,5	1,0	9,6	1,7	0,8	0,2	1,4	0,5

vp.=verplaatsing t.o.v.vlakplaat. (dus t.o.v.v.toestand 0)
 bs.=verplaatsing t.o.v.de stand van de plaat bij toestand 2 (beginstand)
 1) op vlakplaat.
 2) bij begin meting.
 3) na de meting.

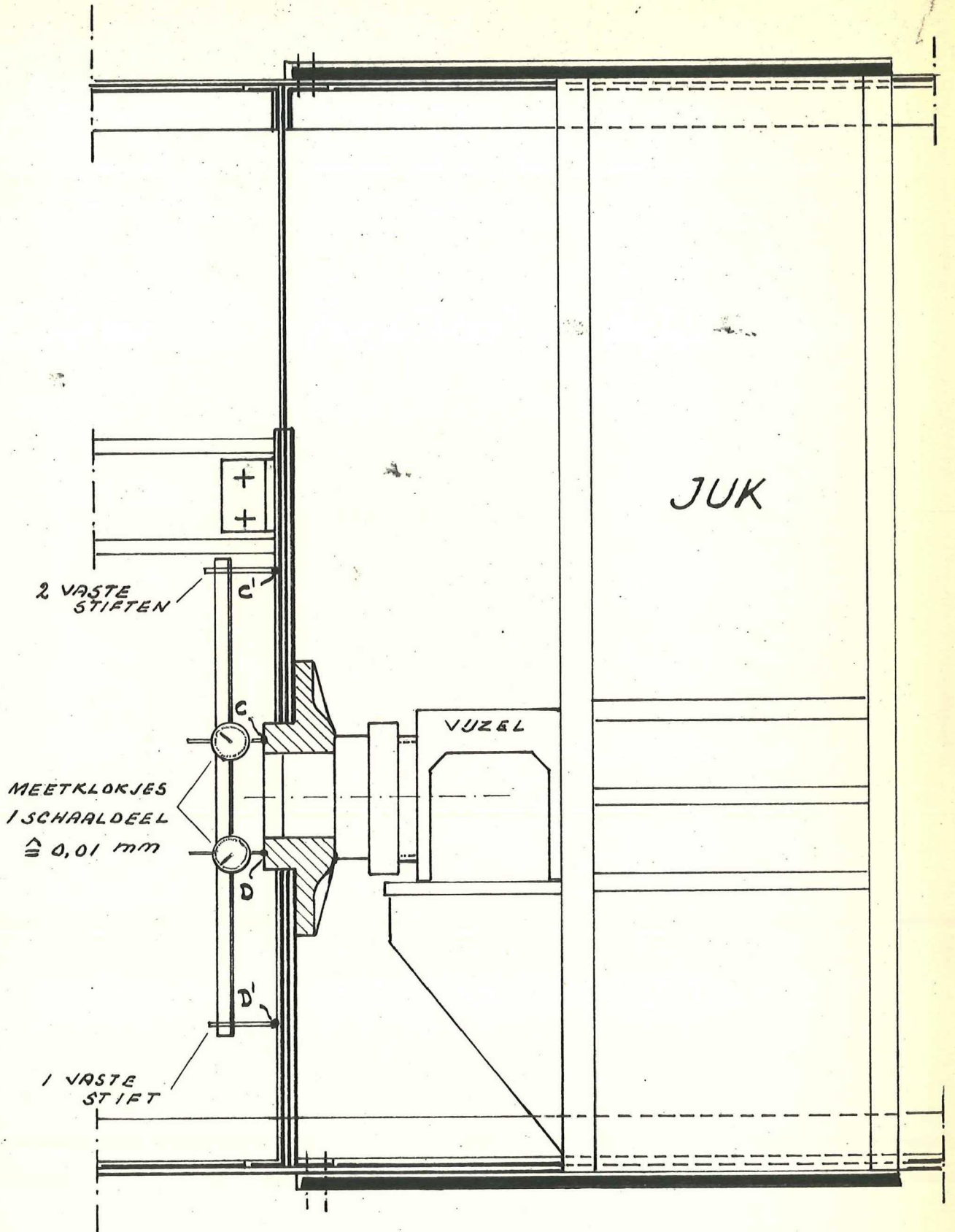
FIG. 4



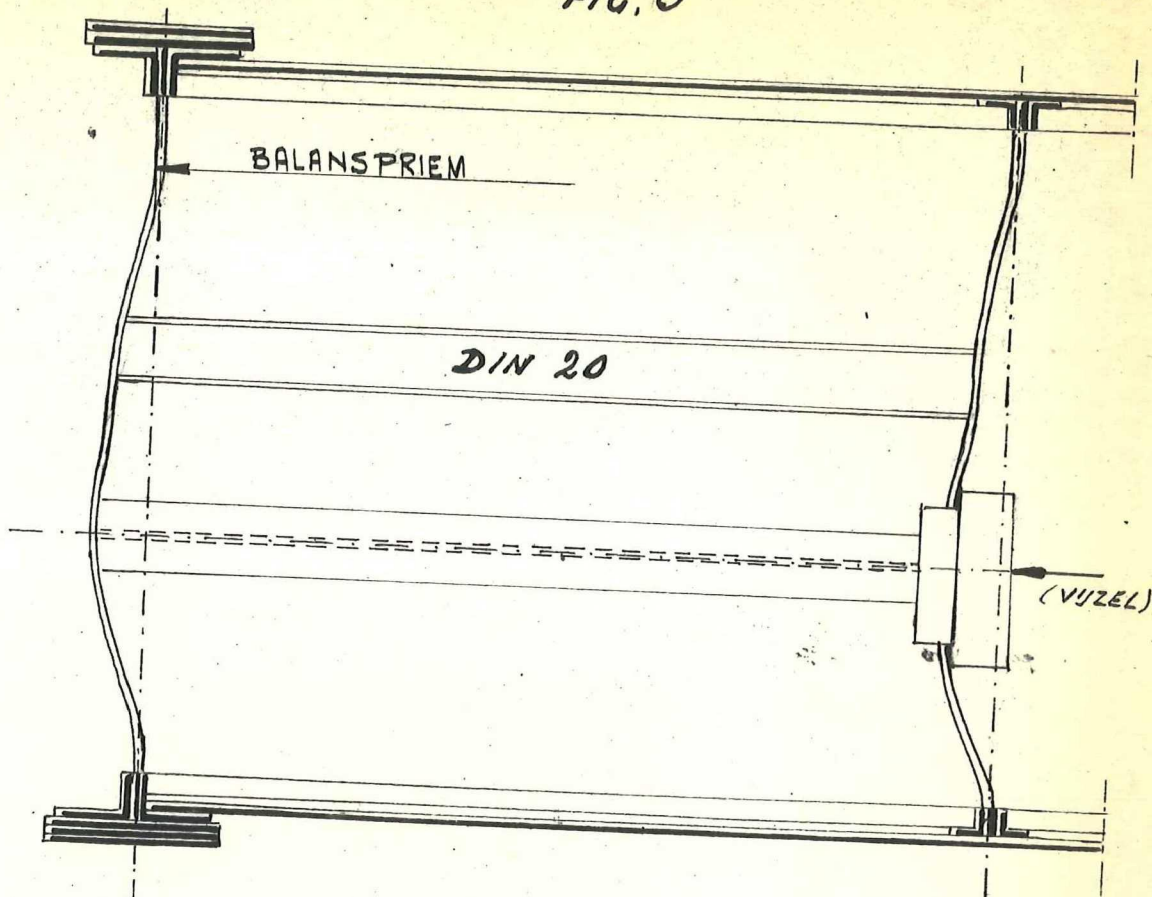
STALEN LINEAAL
(MEETLENGTE 30 CM)

METING BIJ TOESTAND 1

FIG. 5

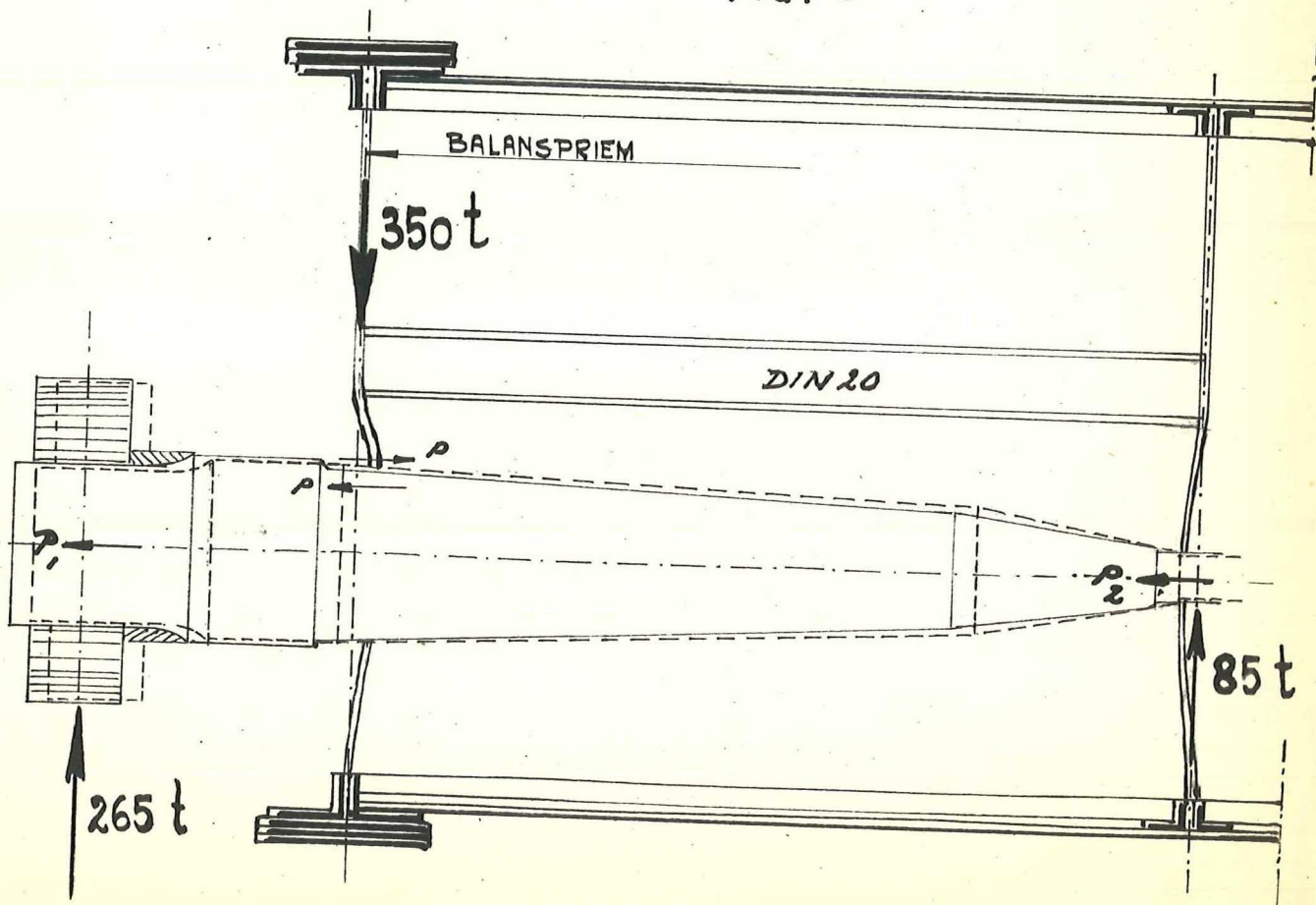


MEETOPSTELLING I



VERVORMING DOOR BELASTEN MET VIJZEL.
(TOESTAND 3)

FIG. 6^b



VERVORMING BIJ TOESTAND 1

Tabel III. Vergelijking van de verplaatsingen van hart oplegplaat bij toestand 3 met de verplaatsingen van toestand 1.

belasting in t.	toestand 3			toestand 1		
	verplaatsingen hart oplegplaat in mm			verplaatsingen hart oplegplaat in mm		
	t.o.v. A'-B'	t.o.v. C'-D'	gemidd.	t.o.v. A'-B'	t.o.v. C'-D'	gemidd.
58,9	<u>15</u>	10,7	12,8			
71,0	16,6	11,8	<u>14,2</u>	15	13,5	14,2
85,8	18,4	<u>13,5</u>	16,0			