

MASTER

Pons bij centrisch belaste kolommen

van den Berg, F.J.M.; van de Bor, H.C.W.

Award date:
1982

[Link to publication](#)

Disclaimer

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

PONS BIJ CENTRISCH BELASTE KOLOMMEN

Afstudeerverslag : F.J.M. van den Berg
H.C.W. van de Bor

Afstudeerhoogleraar : Prof.Ir. J.W. Kamerling

Examencommissie : x Prof.Ir. J.W. Kamerling
Ir. H.J. Fijneman
Ir. J. Siebelink
Ir. K.B. Lub
Ir. K.W. Dyrbye
Prof.Ir. H.M. Goudappel

Augustus 1982

INHOUD

HOOFDSTUK 1.

- 1.0. Inleiding pag 3.
- 1.1. V.B. '74 pag 5.
- 1.2. CUR - Rapport 65 Pons pag 6.
- 1.3. V.B. '74 en CUR 65 pag 6.
- 1.4. STUVO pag 7.

HOOFDSTUK 2.

- 2.0. De bezwijkbelasting pag 9.
- 2.1. De ponswapening pag 14.
- 2.2. De proefopstelling pag 20.

HOOFDSTUK 3.

- 3.1. Beton pag 26.
- 3.2. Staal pag 34.

HOOFDSTUK 4.

- 4.0. De proefresultaten pag 35.
- 4.1. De scheurvorming pag 36.
- 4.2. Berekening van de doorbuiging pag 37.
- Grafieken 4.1.1. t/m 4.6.5. pag 38.

HOOFDSTUK 5.

- 5.1. Resultaatverwerking pag 68.
- 5.2. Conclusies pag 71.

Literatuurlijst pag 74.

SYMBOLLEN.

A_{at}	:	oppervlakte ponswapening
d	:	diameter kolom
E_a	:	elasticiteitsmodulus staal
f_b	:	rekenwaarde betontreksterkte
f_{bbm}	:	gemiddelde buigtreksterkte
f'_{bk}	:	karacteristieke betondruksterkte
f_{bm}	:	gemiddelde splijttreksterkte
f_{bu}	:	splijttreksterkte
f'_{cm}	:	gemiddelde kubusdruksterkte
F_d	:	rekenwaarde van de ponskracht VB
f_{em}	:	vloeispanning van de momentwapening
f_{ep}	:	vloeispanning van de ponswapening
F_{pr}	:	gemeten bezwijkbelasting
F_s	:	staataandeel in de bezwijklast
F_u	:	betonaandeel in de bezwijklast
F_{ub}	:	bezwijklast voor buiging
F_{ut}	:	bezwijklast voor pons
h	:	gemiddelde nuttige vloerdikte
h_t	:	vloerdikte
L	:	afstand tussen de opleggingen
M_u	:	bezwijkmoment
τ_d	:	schuifspanning
ω_0	:	wapeningspercentage

1.0. Inleiding

Bij een puntvormig ondersteunde plaat kunnen bij toenemende belasting twee bezwijkvormen optreden :

- a) moment breuk
- b) dwarskracht breuk

Het verschijnsel dwarskrachtbreuk wordt ook wel pons genoemd. Er is nog geen eenduidige omschrijving voor het verschijnsel pons.

De CUR formuleert het verschijnsel als volgt:

" De dwarskracht, die van de plaat naar de kolom moet worden overgedragen, kan de maximaal opneembare waarde bereiken vóórdat de plaatwapening vloeit."

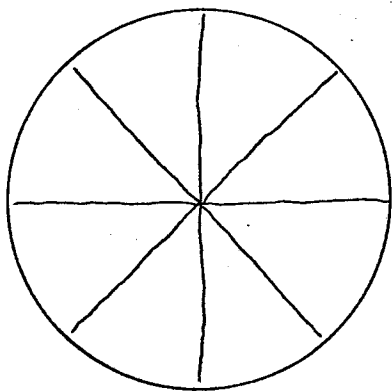
De CUR geeft ook een omschrijving van de bezwijkcriteria bij een geconcentreerde last op een plaat.

Voor momentbreuk : " Er is sprake van een momentbreuk wanneer de vloeigrens van de momentwapening het bezwijkcriterium is ".

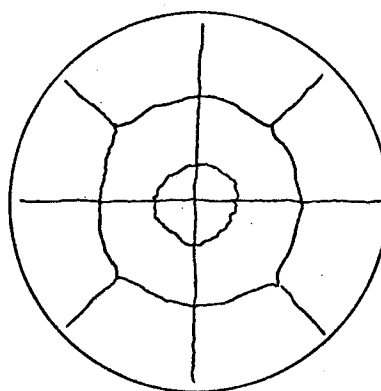
Voor dwarskrachtbreuk : " De vloeigrens van de momentwapening niet het bezwijkcriterium is. In dat geval wordt het bezwijken veroorzaakt door het bereiken van de sterkte van het beton of door het vloeien van de eventueel aanwezige dwarskrachtwapening ".

Het is moeilijk het bezwijkcriterium voor momentbreuk te beoordelen, omdat de vloeigrens in de momentwapening plaatselijk overschreden kan worden, terwijl men dan nog niet kan spreken van bezwijken.

Scheurpatroon :

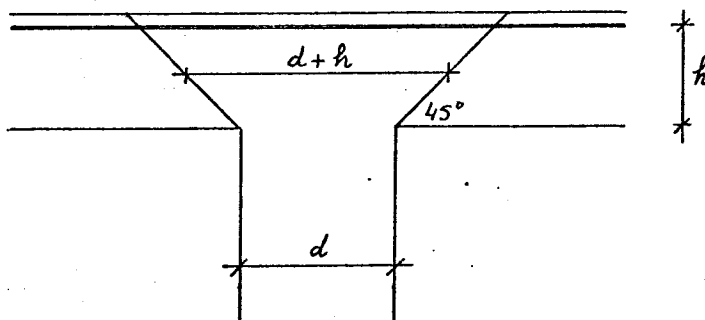


a) momentbreuk



b) dwarskrachtbreuk

Voor de berekening wordt de dwarskrachtbreuk geschematiseerd tot een kegelvormig bezwijkpatroon onder een hoek van 45° met de as van de plaat.



Om de bezwijklast voor dwarskracht te verhogen, kunnen een aantal maatregelen genomen worden.

- toepassen van hogere betonkwaliteit
- vergroting van de kolomafmeting
- (plaatselijke) verhoging van de vloerdikte
- aanbrengen van dwarskrachtwapening

In dit verslag wordt een onderzoek beschreven naar de invloed van dwarskrachtwapening op de bezwijklast bij centrisc h belaste kolommen.

In de nu volgende paragrafen worden eerst een aantal voorschriften c.q. rekenregels beschreven.

1.1. V.B. '74

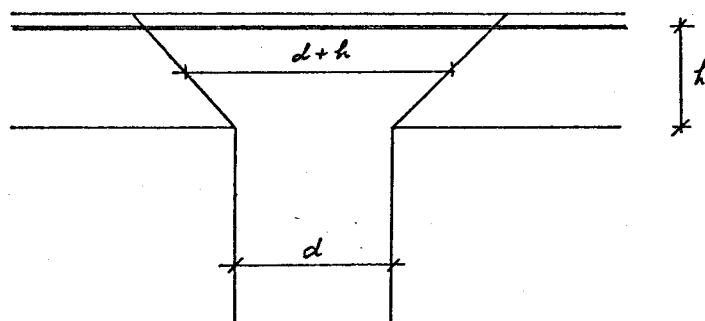
In artikel E.504.1.6. stelt de V.B. dat de rekenwaarde voor de grootst optredende schuifspanning τ_d , bij geconcentreerde centrisc he belasting op platen zonder ponswapening, moet worden bepaald uit :

$$\tau_d = \frac{F_d}{\pi \cdot h \cdot (h+d)} \quad \text{N/mm}^2$$

F_d = rekenwaarde van de ponskracht

h = nuttige vloerdikte

d = diameter cirkelvormig lastvlak



De berekende schuifspanning τ_d mag niet hoger zijn dan de grenswaarde τ_1 , waarvoor geldt :

$$\tau_1 = f_b \quad (\text{mits } d \leq 6h)$$

$$\tau_1 = 0,5f_b \quad (d > 6h)$$

De maximale ponskracht wordt dan :

$$F_d = \tau_d \cdot \pi \cdot h \cdot (h + d) = f_d \cdot \pi \cdot h \cdot (h + d)$$

$$\text{als } p = \pi \cdot h \cdot (h + d)$$

$$F_d = p \cdot h \cdot f_b$$

1.2. CUR - Rapport 65 Pons.

De rekenwaarde van de ponskracht volgens de V.B. '74 is gebaseerd op proeven uitgevoerd door de CUR. De CUR gebruikt voor de berekening van de bezwijklast van de proefstukken de splijttreksterkte f_{bu} . Voor een goede benadering van de splijttreksterkte geldt :

$$f_{bu} = 1 + 0,05 \cdot f'_{cm}$$

De bezwijklast voor de proefstukken bedraagt dus :

$$F_u = p \cdot h \cdot (1 + 0,05 \cdot f'_{cm})$$

1.3. V.B. '74 en CUR 65

Ten aanzien van het toepassen van ponswapening zijn door de V.B. en CUR geen rekenregels voorgeschreven. Er wordt wel gesteld dat ponswapening moet worden toegepast indien :

$$\tau_1 \leq \tau_d \leq \tau_2$$

$$\tau_1 = f_b$$

$$\tau_2 = 0,25 \cdot f'_{bk}, \text{ met een maximum } \tau_2 = 9,0 \text{ N/mm}^2$$

1.4. STUVO

Door de STUVO wordt de volgende berekeningswijze voorgesteld.

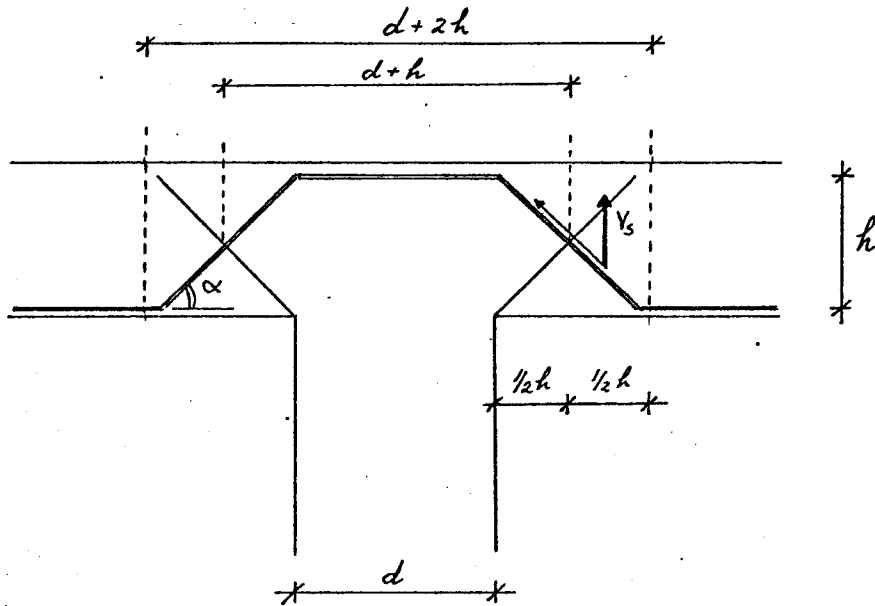
- Controleer de schuifspanningen op veelvouden van $0,5 \cdot h$ vanuit de kolomrand.
- Indien $\tau_1 < \tau_d < 0,125 f'_{bk} < 4,5 \text{ N/mm}^2$ ponswapening aanbrenen.
- In elke gecontroleerde periferie, waar $\tau_d > \tau_1$ moet apart ponswapening worden aangebracht. Dus wapening aanbrenen op veelvouden van $0,5 \cdot h$ vanuit de kolomrand.
- De verticale component van de wapening levert " schuifdekking " voor $\tau_d = 0,5 \cdot f_b$.
- De ponswapening zo verdelen dat zij goed overeenstemt met de schuifspanningsfiguur.

In het STUVO-rapport staan de volgende voorwaarden voor het wapenen op pons :

- $h_t \geq 250 \text{ mm}$
- diameter ponswapening $< h_t/20$
- ombuigingsdiameter = $10 \phi_k$
- opgebogen wapening om praktische redenen
- voldoende laslengte
- voldoende ruimte tussen de wapening
- wapening concentreren in ringen met een breedte niet groter dan $0,5 \cdot h$
- ponswapening dient een uitzondering te zijn

In formule betekent dit :

$$F_{u_2} = 0,5 \cdot p \cdot h \cdot f_b + A_{at} \cdot f_a \cdot \sin \alpha$$



2.0. De bezwijkbelasting

De serie ponsproeven D1 tot en met D6, is een vervolg op reeds eerder uitgevoerde series proeven A, B en C. Deze D-serie is met name een vervolg op de proef C2. Hierdoor zijn de gegevens van de proefstukken bepaald:

totale diameter plaat	=	=	1000 mm
diameter tussen de opleggingen	= L	=	800 mm
diameter kolom	= d	=	150 mm
hoogte plaat	= h_t	=	100 mm
gemiddelde nuttige hoogte	= h	=	70 mm *
hoogte kolom	=	=	200 mm
momentwapening	=	=	Ø10-75 mm

149%

Als uitgangspunt bij de berekening van de platen is de bezwijkbelasting voor buiging (F_{ub}) gelijkgesteld aan de bezwijkbelasting voor pons (F_{ut})

$$F_{ub} = F_{ut}$$

De bezwijkbelasting voor buiging wordt berekend met behulp van de vloeilijentheorie :

$$F_{ub} = 2 \pi M_u \cdot \frac{L}{L + d}$$

$$M_u = \frac{\omega_o}{100} \cdot f_e \cdot h^2 \cdot \left(1 - 0,56 \cdot \frac{\omega_o}{100} \cdot \frac{f_e}{f'_{cm}} \right)$$

* Dit in tegenstelling met de C2 proef, waar $h = 75$ mm.

$$\begin{aligned}
 M_u &= \text{bezwijkmoment} \\
 d &= \text{diameter kolom} = 150 \text{ mm} \\
 \omega_o &= \text{wapeningspercentage} = 1,49 \\
 f_e &= \text{vloeispanning wapening} = 520 \text{ N/mm}^2 \\
 h &= \text{gem. nuttige hoogte} = 70 \text{ mm} \\
 f'_{cm} &= \text{gem. kubusdruksterkte} = 40 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1,49}{100} \cdot 520 \cdot 70^2 \cdot \left(1 - 0,56 \cdot \frac{1,49 \cdot 520}{40} \right) \\
 &= 33847 \text{ Nmm.}
 \end{aligned}$$

$$F_{ub} = 2 \cdot \pi \cdot 33847 \cdot \frac{800}{800 - 150} = 261744 \text{ N.}$$

De bezwijkbelasting voor pons is $F_{ut} = 262 \text{ kN}$.
 Verondersteld wordt dat de bezwijkbelasting voor pons berekend kan worden als de som van het betonaandeel F_u en het wapeningsaandeel F_s .

$$F_{ut} = F_u + F_s$$

Een ongewapende plaat kan volgens de richtlijnen van de CUR 65 een kracht opnemen gelijk aan :

$$\begin{aligned}
 F_u &= p \cdot h \cdot f_{bu} = \pi \cdot h \cdot (d+h) \cdot (1 + 0,05 \cdot f'_{cm}) \\
 &= \pi \cdot 70 \cdot (150+70) \cdot (1 + 0,05 \cdot 40) = 145142 \text{ N.}
 \end{aligned}$$

$$F_u = 145 \text{ kN.}$$

Het resterende gedeelte van de bezwijklast dat door

de ponswapening moet worden opgenomen bedraagt :

$$F_s = F_{ut} - F_u$$

$$F_s = 262 - 145 = 117 \text{ kN.}$$

De oppervlakte van de opgebogen ponswapening A_{at} volgt uit :

$$F_s = A_{at} \cdot f_e \cdot \sin 45^\circ$$

$$A_{at} = \frac{117000}{1/2 \cdot \sqrt{2} \cdot 520} = 318 \text{ mm}^2$$

Bij deze konstante hoeveelheid ponswapening worden als variabelen aangenomen :

1° het aantal doorsnijdingen van de periferie

2° de hoek van de opgebogen wapening

In de proefstukken D1, D2 en D3 wordt het aantal doorsnijdingen van de periferie respectievelijk 12, 16 en 8, waarbij de hoek van de opgebogen wapening 45° bedraagt.

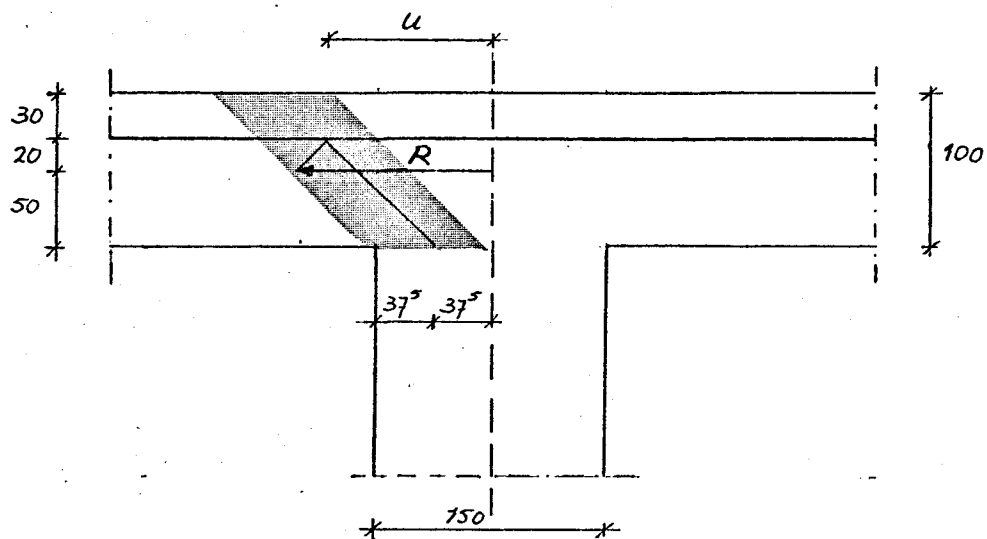
(zie fig. 2.1.1. tot en met fig. 2.1.3.)

De hoek van de opgebogen wapening bij de tweede reeks proeven D4, D5 en D6 is respectievelijk 45° , 60° en 90° .

(zie fig. 2.1.4. tot en met fig. 2.1.6.). Het aantal doorsnijdingen van de periferie bedraagt 4.

Met behulp van een artikel uit Beton- und Stahlbetonbau nr. 7 1980 "Gedanken über das Durchstanzen - Folgen Risse den Trajektoriën ?" geschreven door

Dr. Ing. W. Fuchssteiner en Dipl. Ing. O. W. Olsen is het bovenste buigpunt van de ponswapening bepaald. Uitgaande van druktrajectoriën die vanaf de kolom onder een hoek van 45° naar boven lopen, ligt dit buigpunt op de plaats waar trajectoriën en bovenwapening elkaar snijden. (zie fig.)

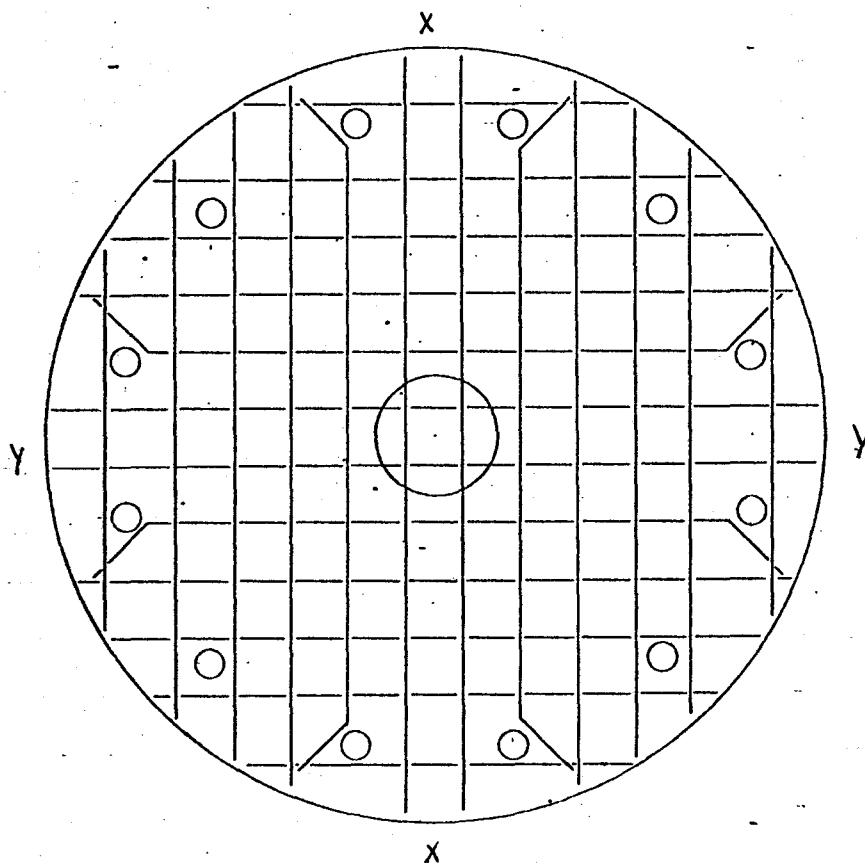


$$u = 37,5 + h = 37,5 + 70 = 107,5 \text{ mm.}$$

Hieruit volgt voor de straal R van de periferie

$$R = 107,5 + 20 = 127,5 \text{ mm (praktisch } R = 130 \text{ mm)}$$

Figuur 2.0.1. : Momentwapening.

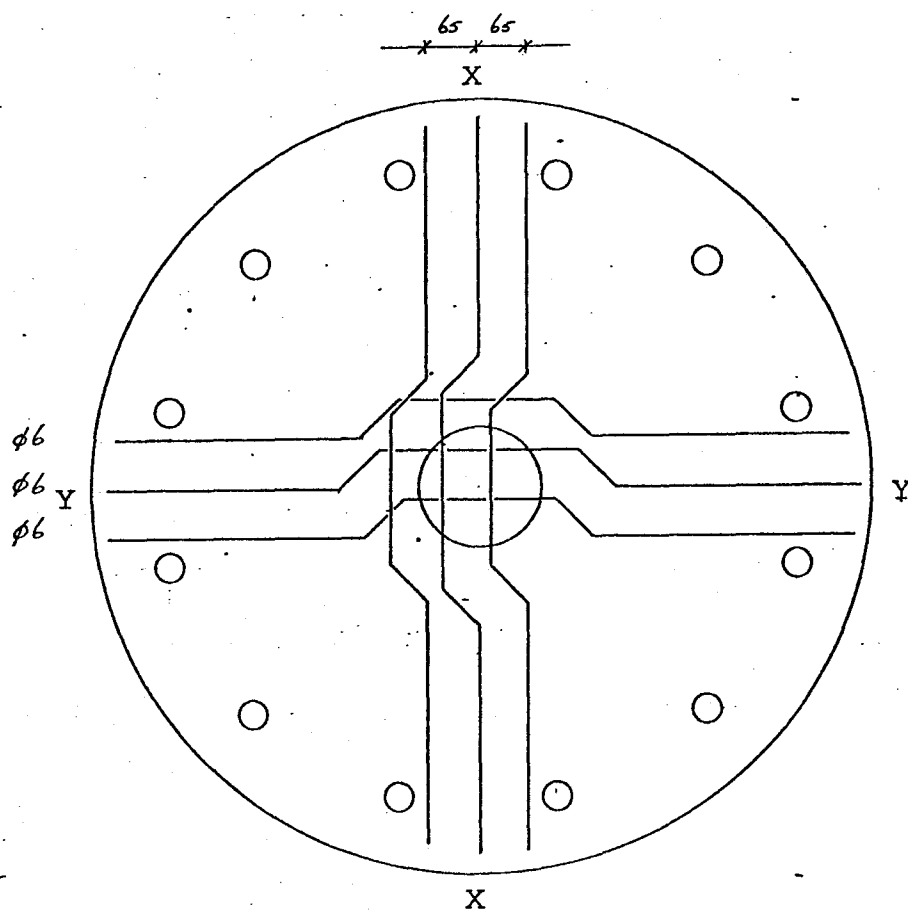


Momentwapening : ϕ 10 - 75 mm

Het hart van de bovenste staven ligt 75 mm boven de onderkant van de betonplaat en de onderste staven 65 mm. De knikken in sommige staven zijn aangebracht uit praktische overwegingen.

De verankering van de staven wordt gewaarborgd door het vastlassen van de uiteinden van de staven.

Figuur 2.1.1. : Ponswapening proefstuk D1.



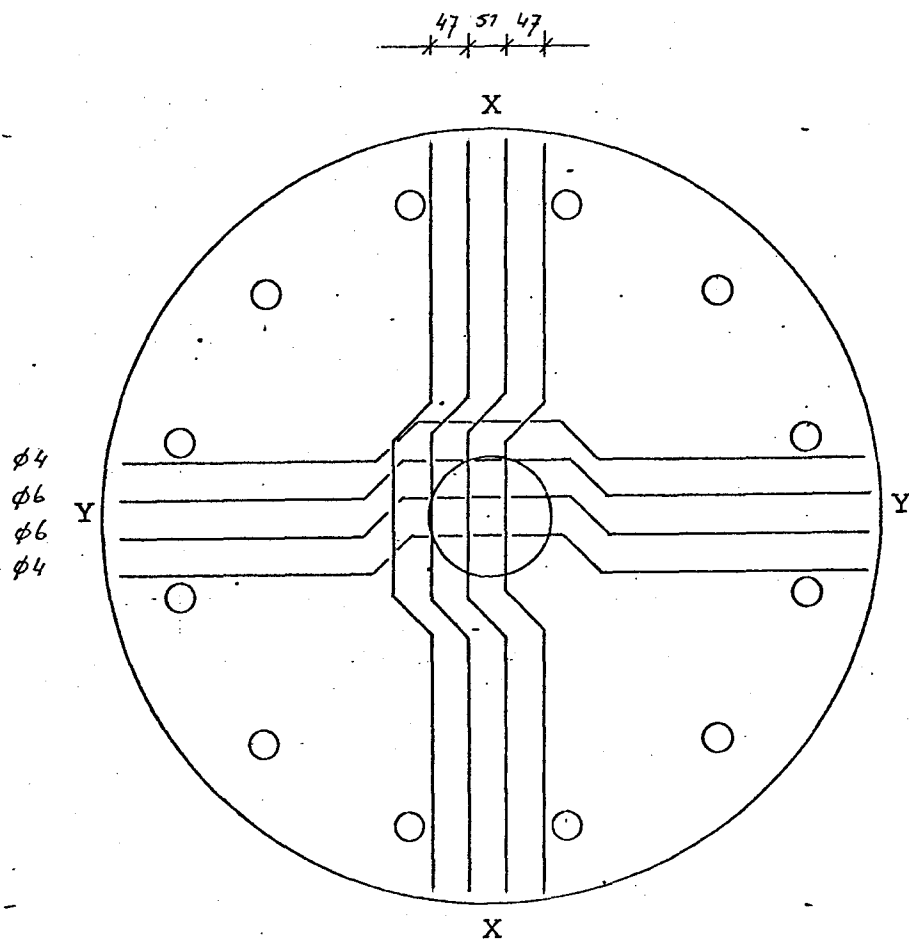
Warping : 3 $\phi 6$

A_{at} : 339 mm²

Aantal doorsnijdingen van de periferie : 12

Hoek van de opgebogen warping : 45°

Figuur 2.1.2. : Ponswapening proefstuk D2.



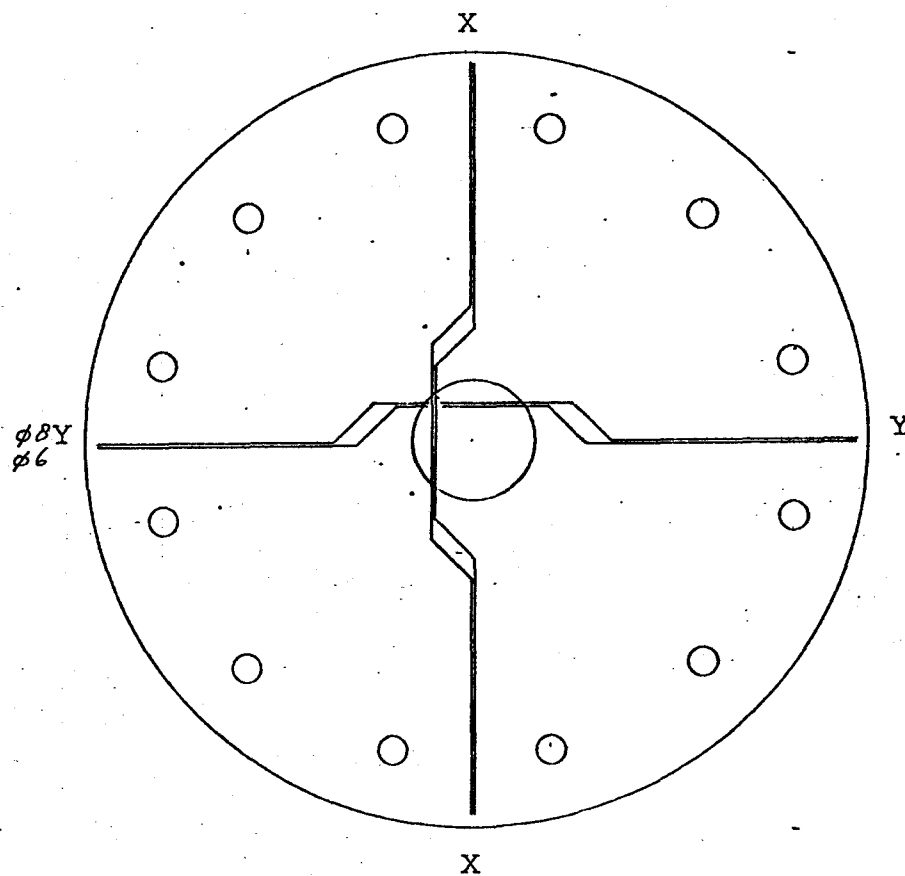
Wapening : 2 \emptyset 6 en 2 \emptyset 4

A_{at} : 327 mm²

Aantal doorsnijdingen van de periferie : 16

Hoek van de opgebogen wapening : 45°

Figuur 2.1.3. : Ponswapening proefstuk D3.



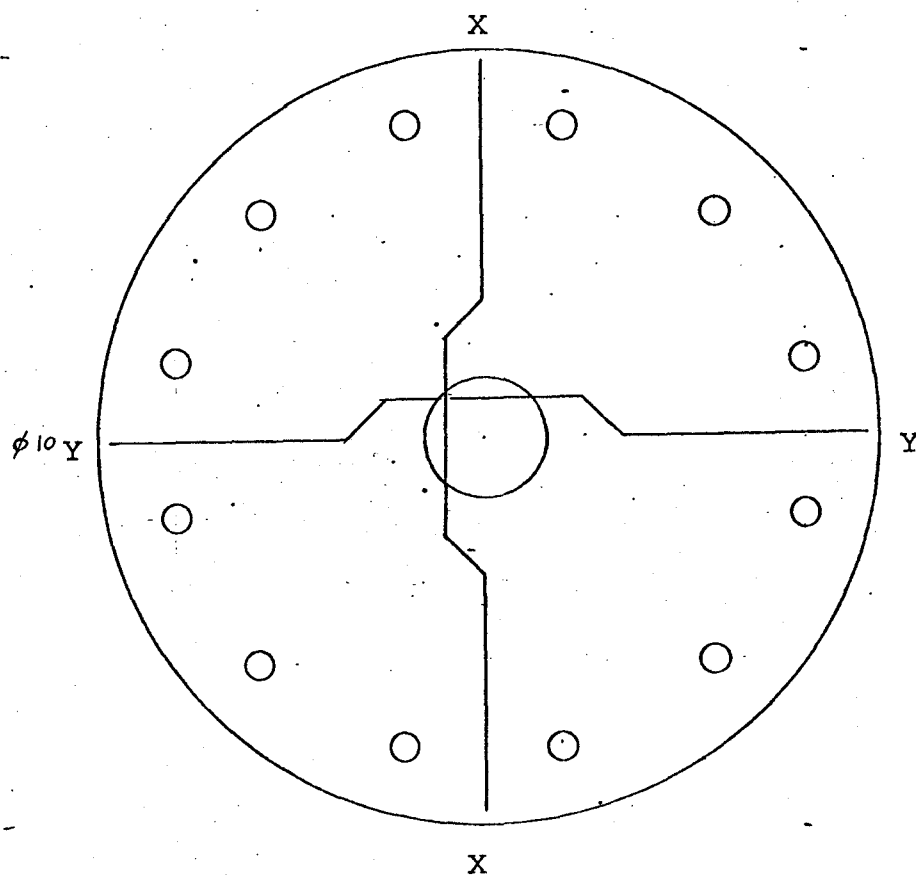
Wapening : $\phi 6$ en $\phi 8$

A_{at} : 314 mm^2

Aantal doorsnijdingen van de periferie : 8

Hoek van de opgebogen wapening : 45°

Figuur 2.1.4. : Ponswapening proefstuk D4.



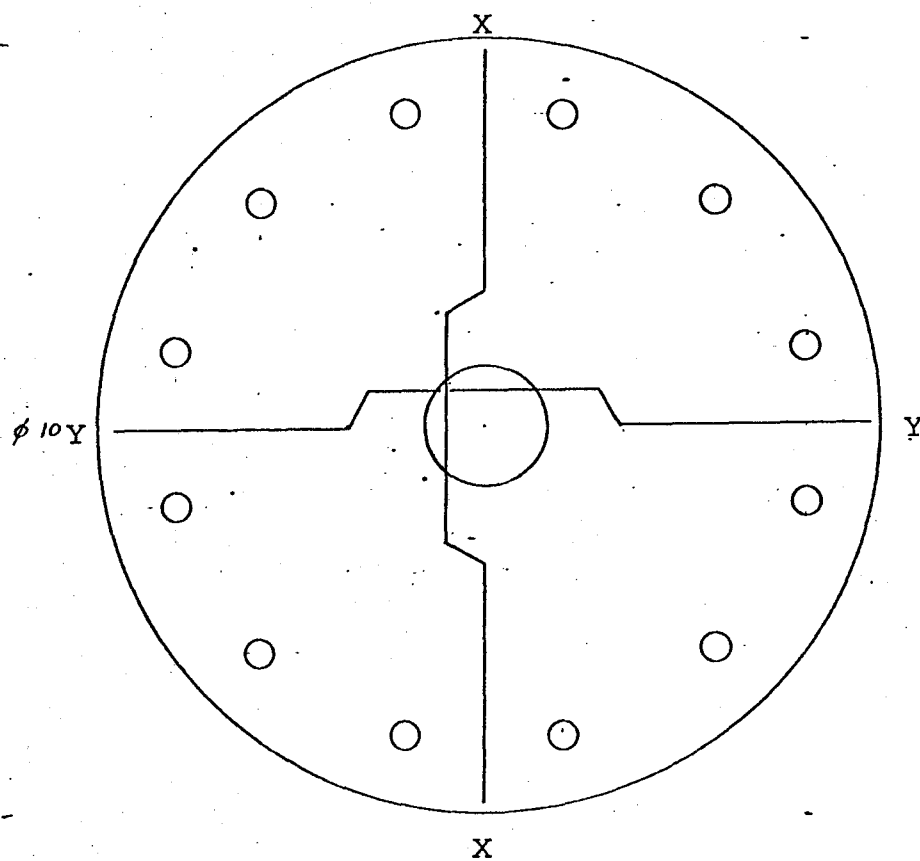
Wapening : $\phi 10$

A_{at} : 314 mm^2

Aantal doorsnijdingen van de periferie : 4

Hoek van de opgebogen wapening : 45°

Figuur 2.1.5. : Ponswapening proefstuk D5.



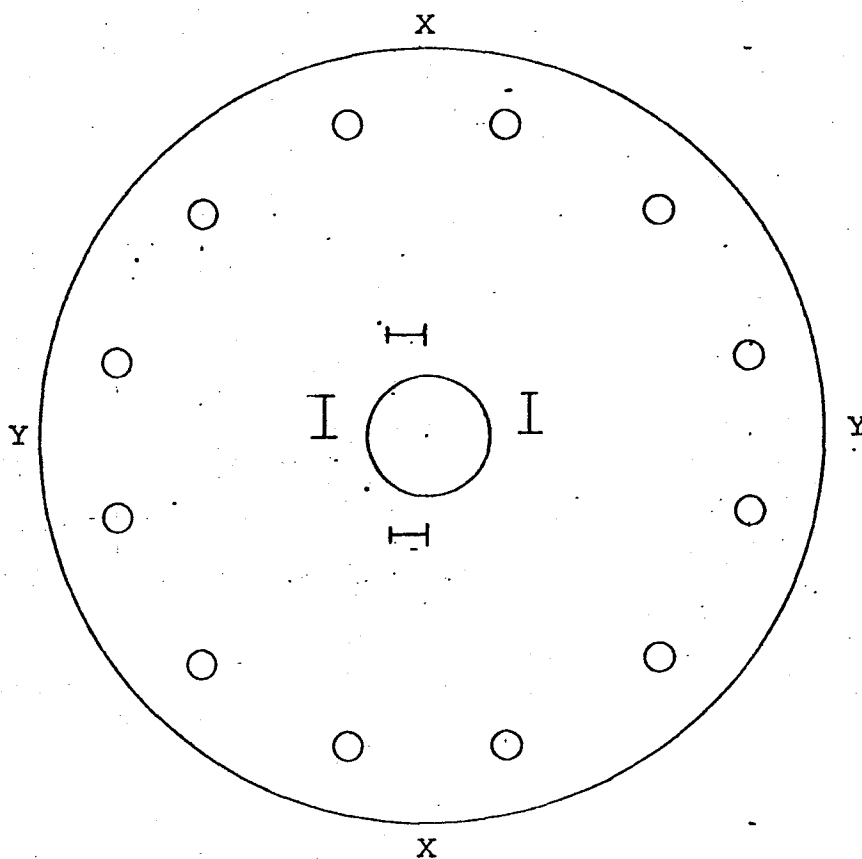
Wapening : $\phi 10$

A_{at} : 314 mm^2

Aantal doorsnijdingen van de periferie : 4

Hoek van de opgebogen wapening : 60°

Figuur 2.1.6. : Ponswapening proefstuk D6.



Wapening : $\varnothing 10$

A_{at} : 314 mm^2

Aantal doorsnijdingen van de periferie : 4

Hoek van de deuvels : 90°

2.2. De proefopstelling

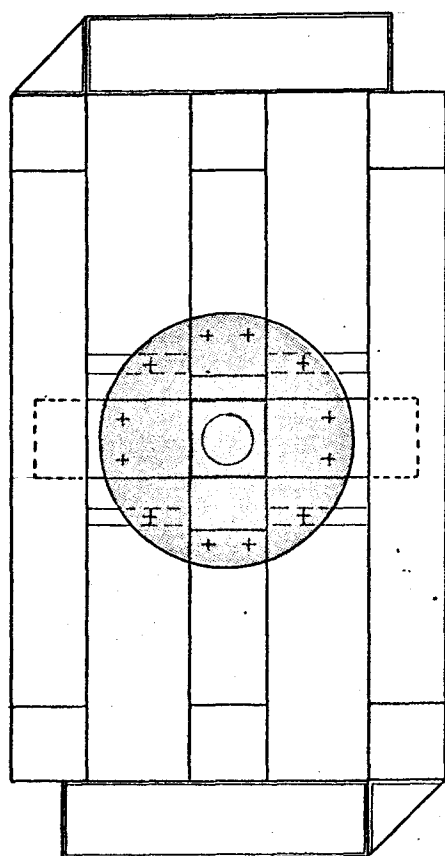
De ponsproeven zijn uitgevoerd in de proefopstelling zoals die is afgebeeld in fig. 2.2.1. tot en met 2.2.3.

De belasting is aangebracht door middel van een hydraulische vijzel met een slag van 54 mm en een capaciteit van 560 kN. De kracht is gemeten met een krachtmeetdoos ($100 \text{ mV} \hat{=} 6, \text{kN}$), terwijl de verplaatsing van de kolom is geregistreerd door een inductieve verplaatsingsopnemer ($100 \text{ mV} \hat{=} 0,2 \text{ mm}$). De signalen van deze meetinstrumenten zijn naar een X-Y recorder geleid, om het verloop van de proef zichtbaar te maken.

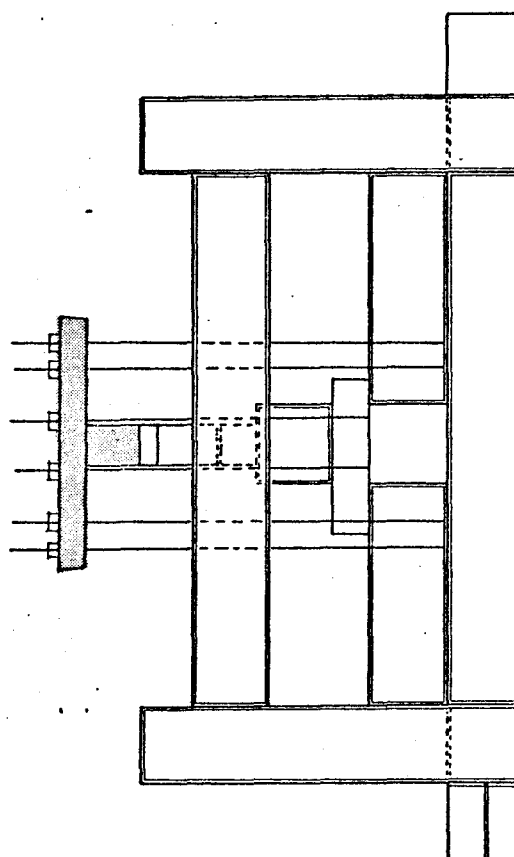
De doorbuiging van de plaat is gemeten in twee onderling loodrechte richtingen, zodat de invloed van een eventuele scheefstand van de plaat geëlimineerd kan worden. Voor de bepaling van de doorbuiging is gebruik gemaakt van meetklokjes, die opgesteld zijn op een vrijstaand meetportaal. De plaats en nummering van de klokjes is weergegeven in fig. 2.2.4.

De metingen worden gecompliceerd door rekstrookmetingen. Op het beton zijn zowel in tangenciale als in radiale richting rekstrookjes aangebracht. Op de Dywidag staven zijn ook rekstrookjes aangebracht om de krachtsverdeling te meten. Voor de juiste plaats en nummering van deze rekstrookjes wordt verwezen naar fig. 2.2.5.

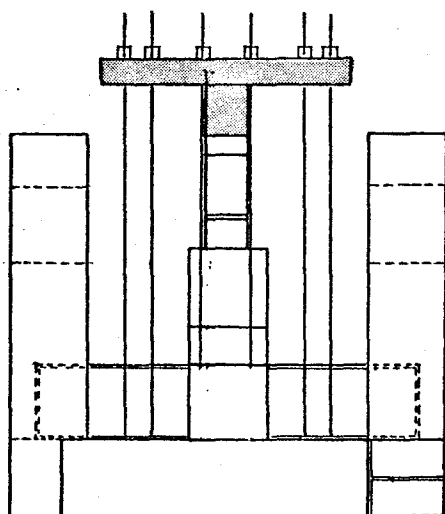
Figuur 2.2.1. : De proefopstelling.



Bovenaanzicht

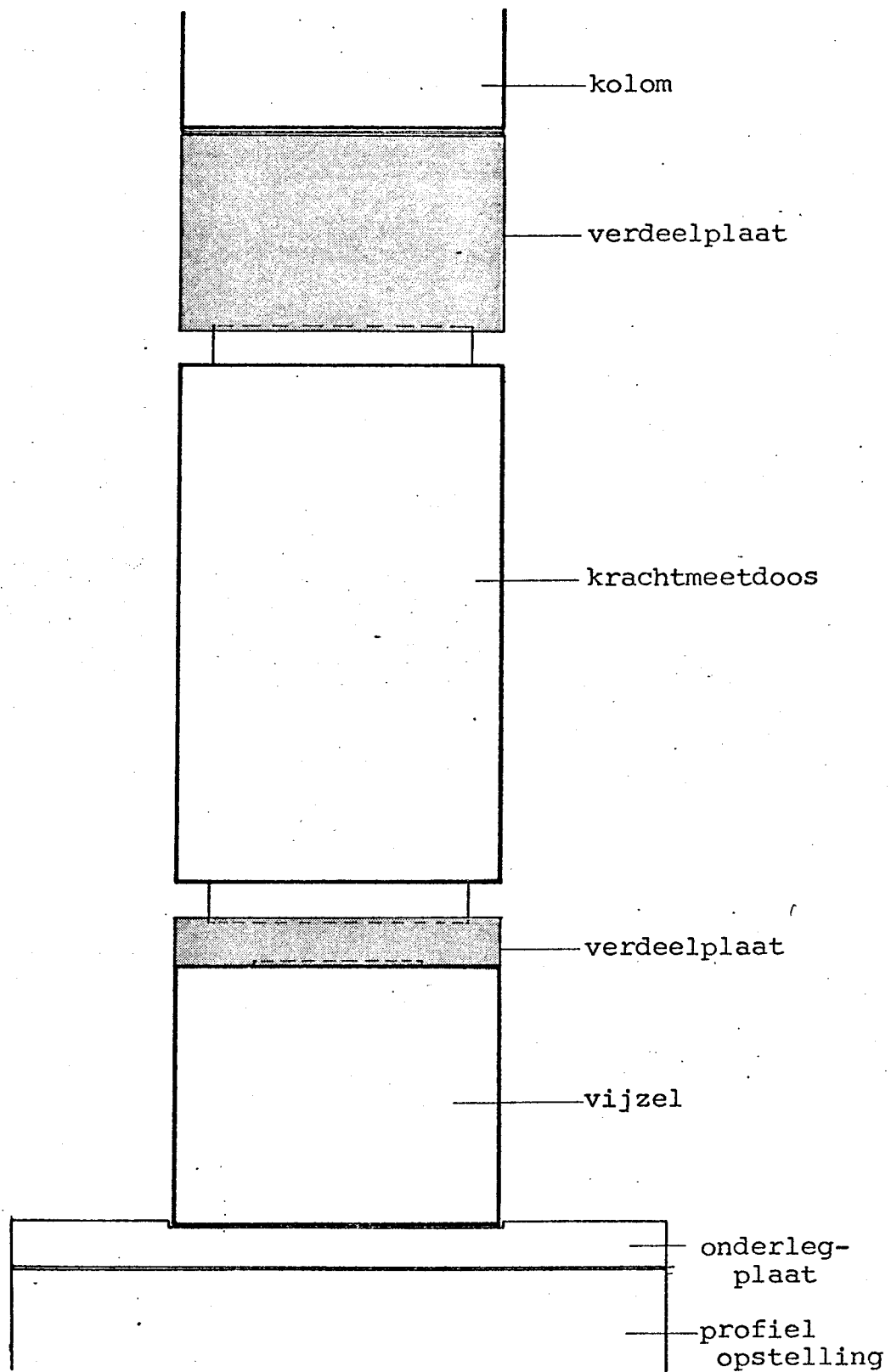


Zijaanzicht

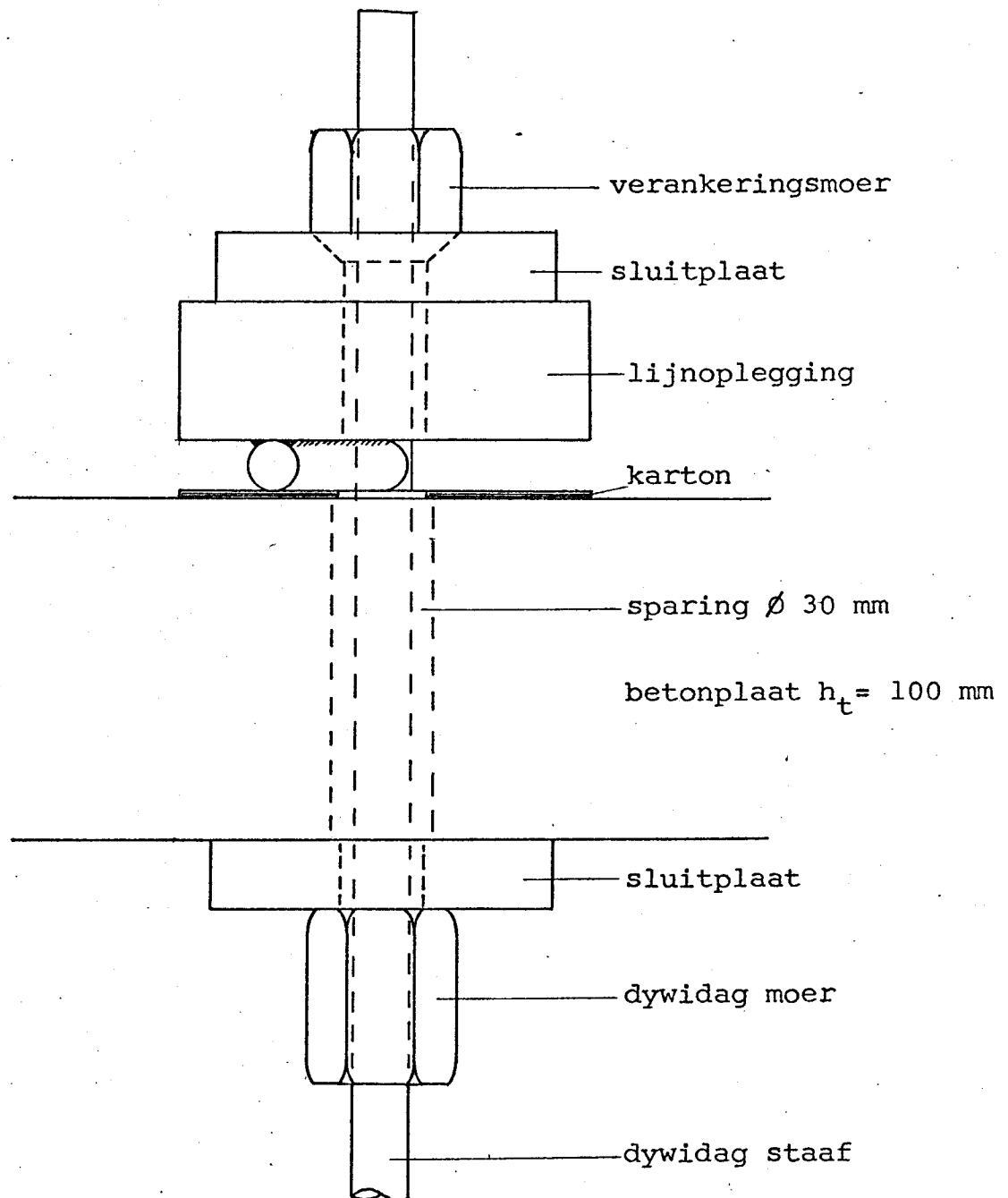


Vooraanzicht

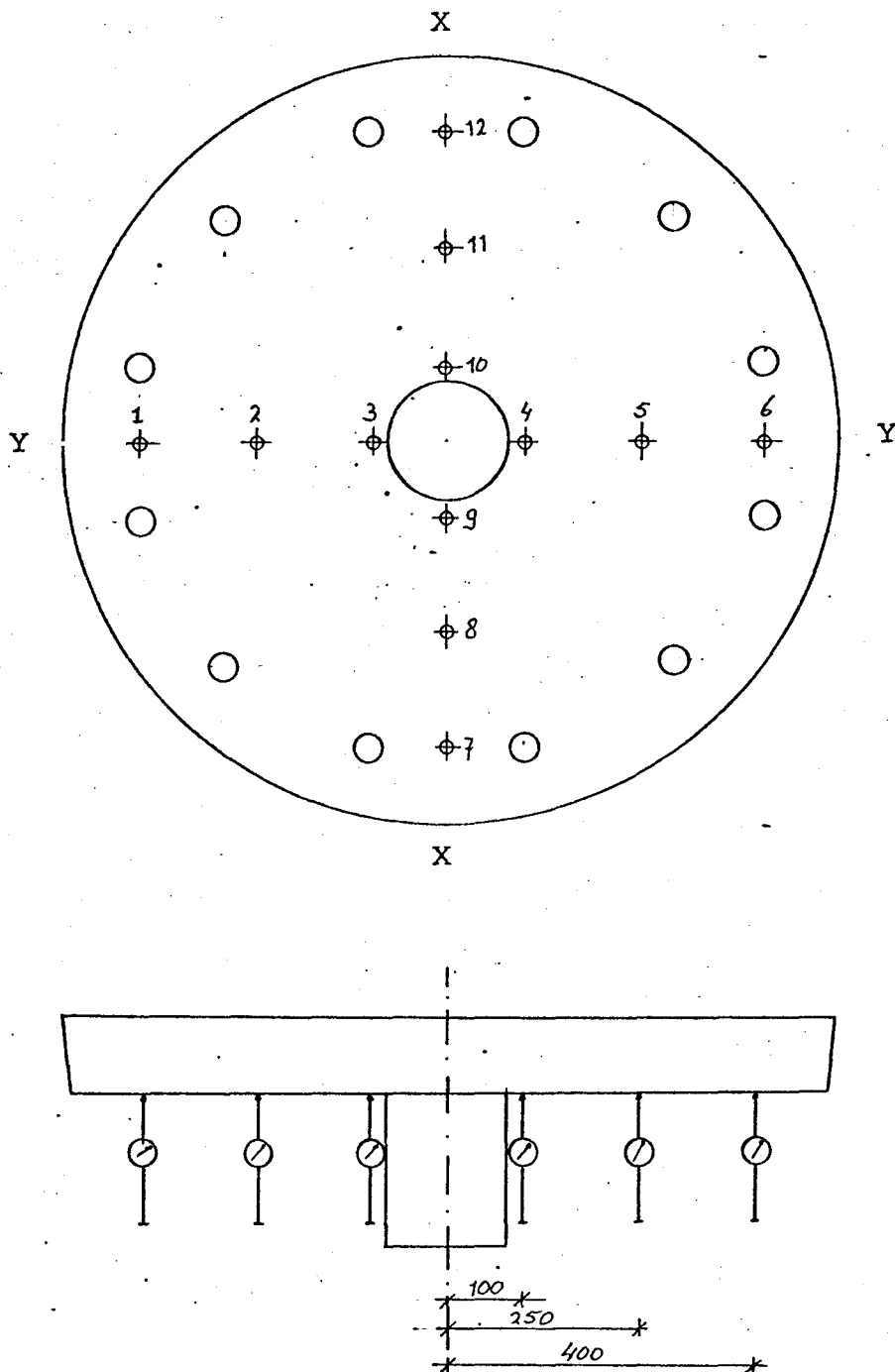
Figuur 2.2.2. : De krachtsinleiding.



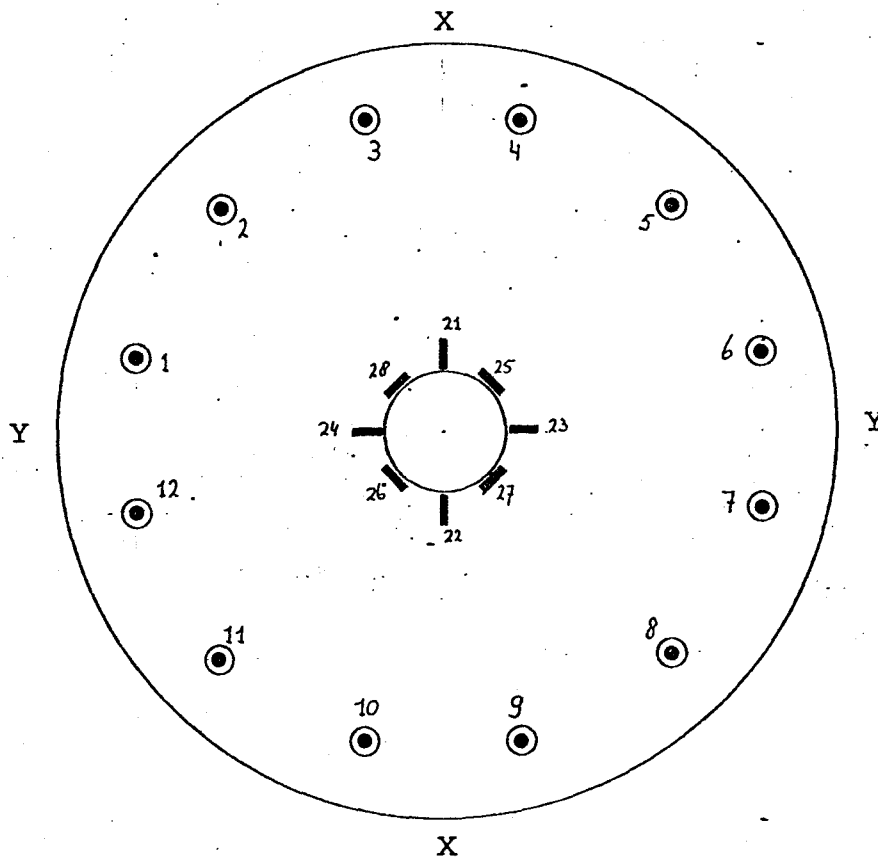
Figuur 2.2.3. : Detail oplegging.



Figuur 2.2.4. : Plaatsing van de meetklokjes.



Figuur 2.2.5. : Plaatsing rekstrookjes.



Staalrekstrookjes	1 t/m 12	FLK - 6	k = 2,12
Betonrekstrookjes	21 t/m 28	PL 30 - 11	k = 2,14

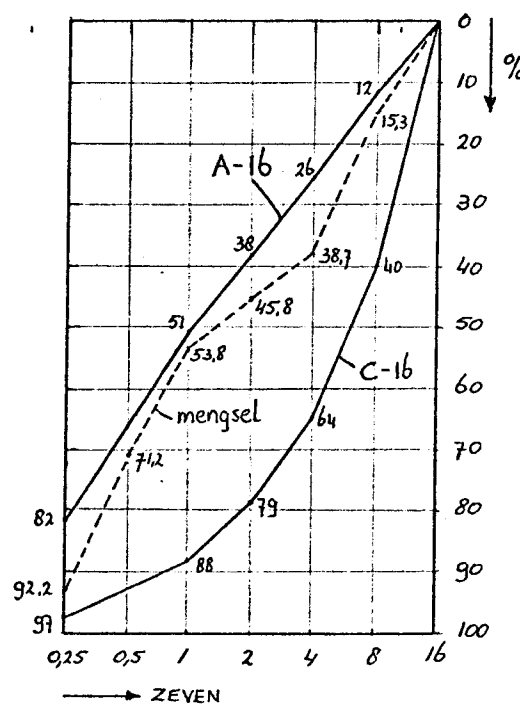
3.1. beton

Bij de samenstelling van het mengsel is uitgegaan van een toeslagmateriaal met een nominale korrel van 16 mm. De korrelverdeling van de toeslagmaterialen is in tabel 3.1.1. weergegeven. De verhouding grindzand grind in het mengsel bedraagt 80 - 20.

	grindzand		grind		mengsel cum %
	rest %	cum %	rest %	cum %	
16	0,7	0,7	0,0	0,0	0,6
8	8,8	9,5	38,5	38,5	15,3
4	14,8	24,3	58,0	96,5	38,7
2	8,3	32,6	2,0	98,5	45,8
1	9,7	42,3	0,2	98,7	53,8
0,5	22,0	64,3	0,0	98,7	71,2
0,25	27,1	91,4	0,0	98,7	92,2
0,25	8,6	100,0	1,3	100,0	100,0

tabel 3.1.1.

De korrelverdeling van een toeslagmateriaal voor het vervaardigen van beton klasse I moet zodanig zijn dat de zeefkromme gelegen is tussen de grenslijnen A-16 en C-16.



Betonsamenstelling voor 1 m³ mortel

hoogovencement A	325 kg	≈ 110,2 ltr.
water w.c.f. 0,55	178,8 kg	≈ 178,8 ltr.
grindzand	1480,5 kg	≈ 560,8 ltr.
grind	370,1 kg	≈ 140,2 ltr.
lucht	1%	≈ 10,0 ltr.
	<u>2354,4 kg</u>	<u>≈ 1000 ltr.</u>

Gehalte aan fijn materiaal.

Volgens art. 603.6 VB deel A moet het absoluut gehalte aan fijn materiaal per m³ groter zijn dan 0,135 m³.

aanwezig :

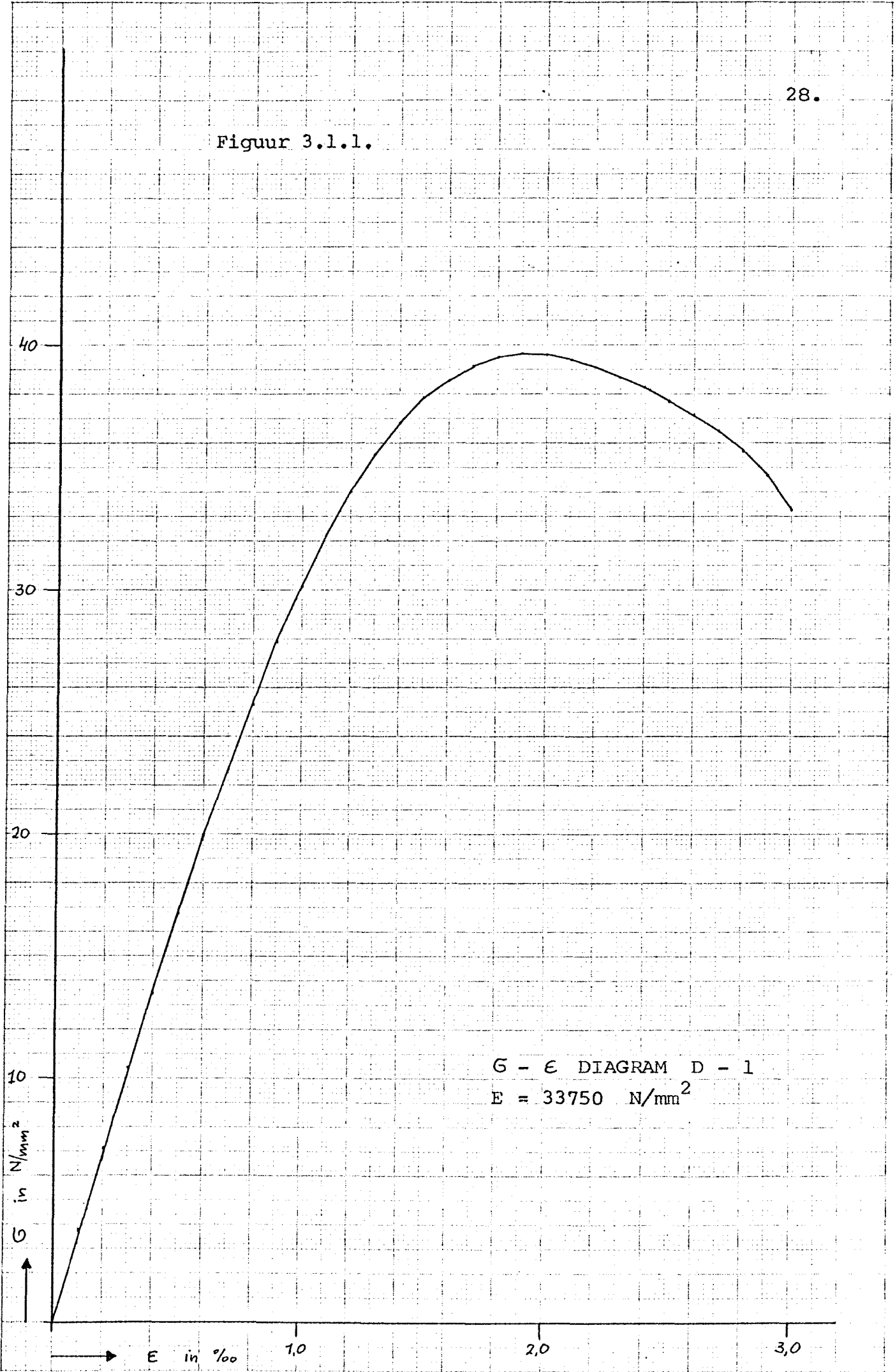
toeslagmateriaal 7% x 1850,6 kg = 131,4 kg

cement = 325 kg

het volume bedraagt : $\frac{131,4}{2,64} + \frac{325}{2,95} = 160 \text{ ltr.}$
 $= 0,160 \text{ m}^3$.

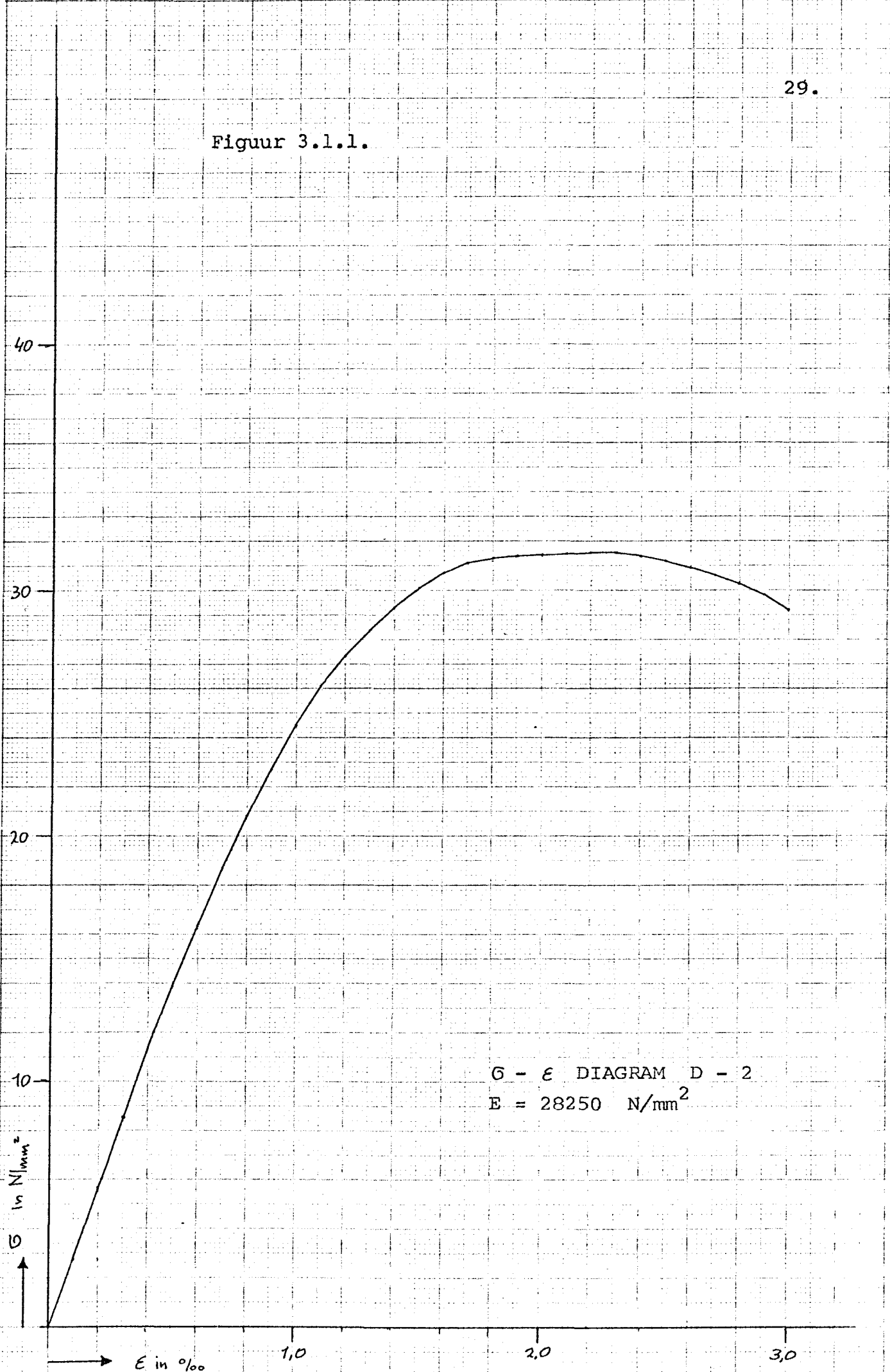
De gegevens over de betonkwaliteit zijn verzameld in tabel 3.1.2. De $\sigma - \epsilon$ diagrammen van de proefstukken D1 tot en met D6 staan afgebeeld in de fig. 3.1.1.

Figuur 3.1.1.



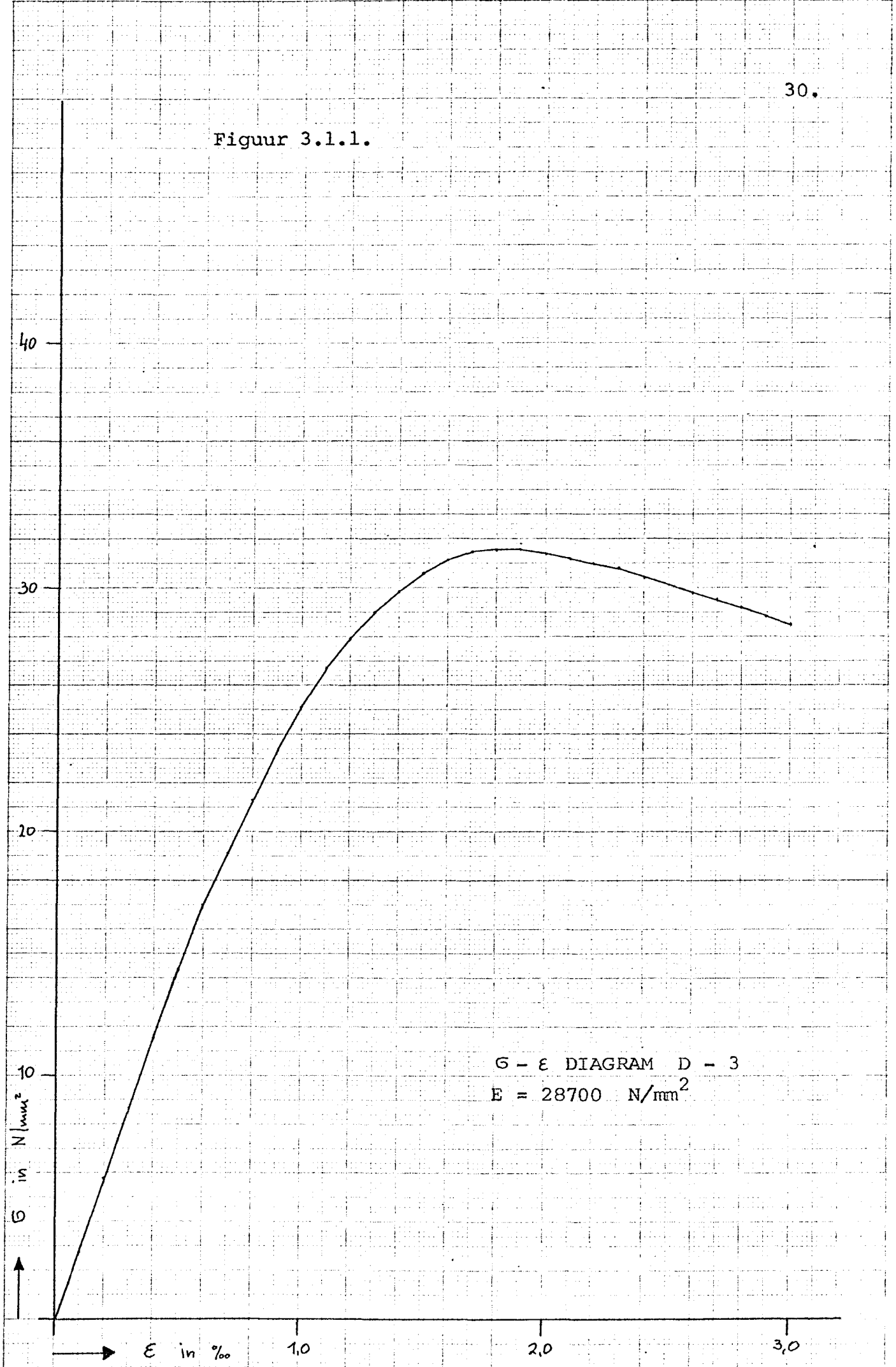
G - ε DIAGRAM D - 1
E = 33750 N/mm²

Figuur 3.1.1.

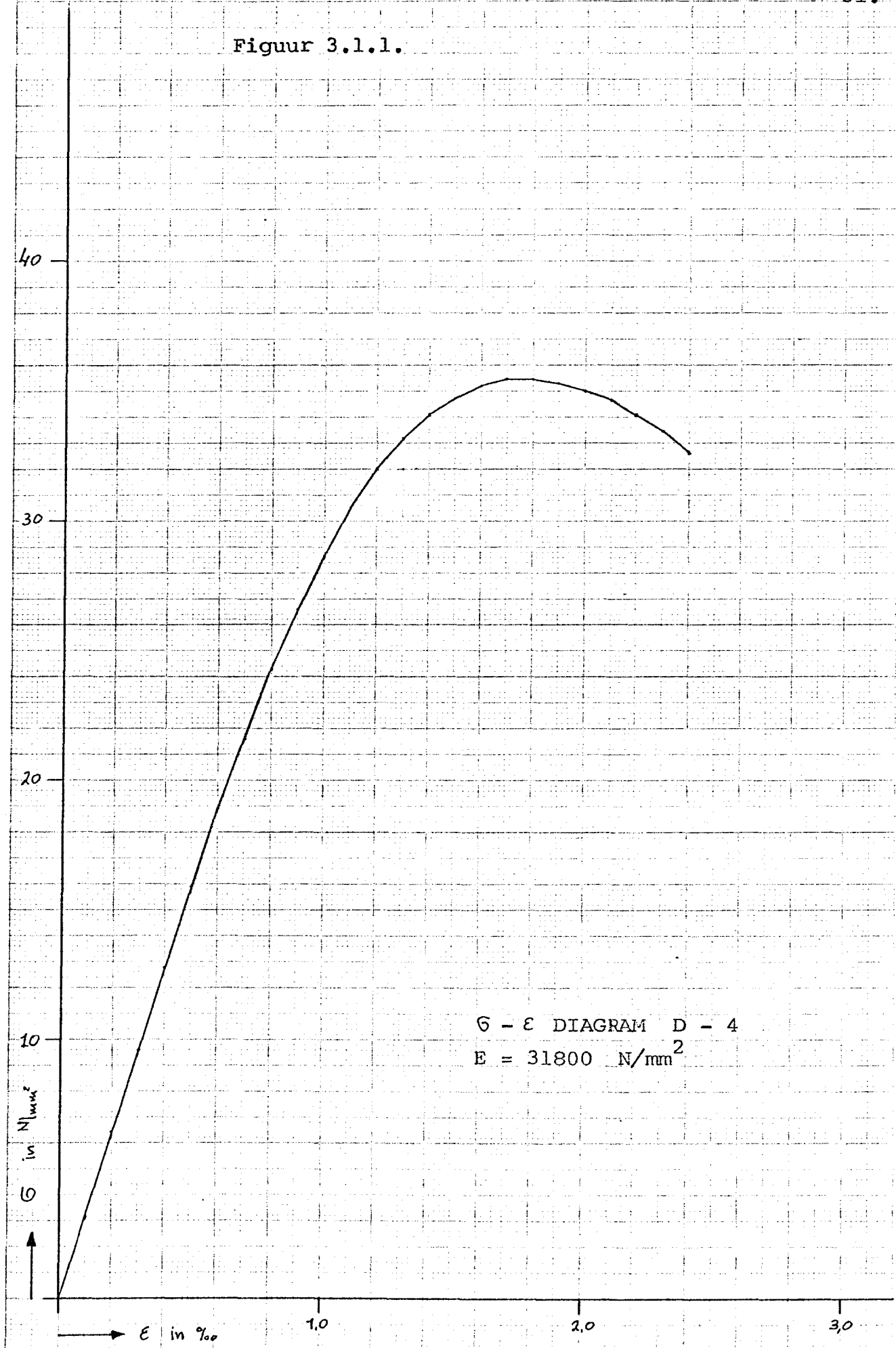


G - ϵ DIAGRAM D - 2
E = 28250 N/mm^2

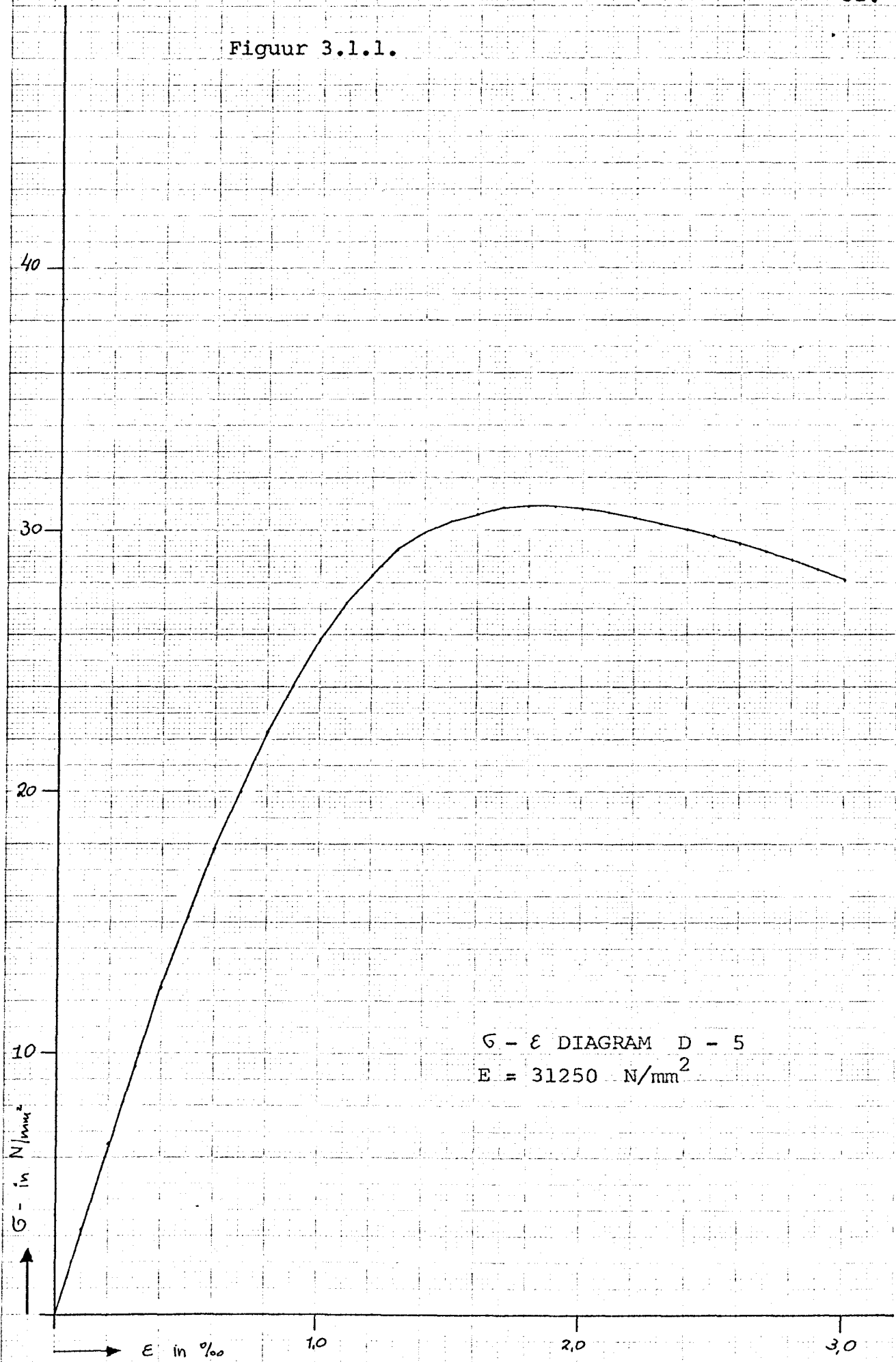
Figuur 3.1.1.



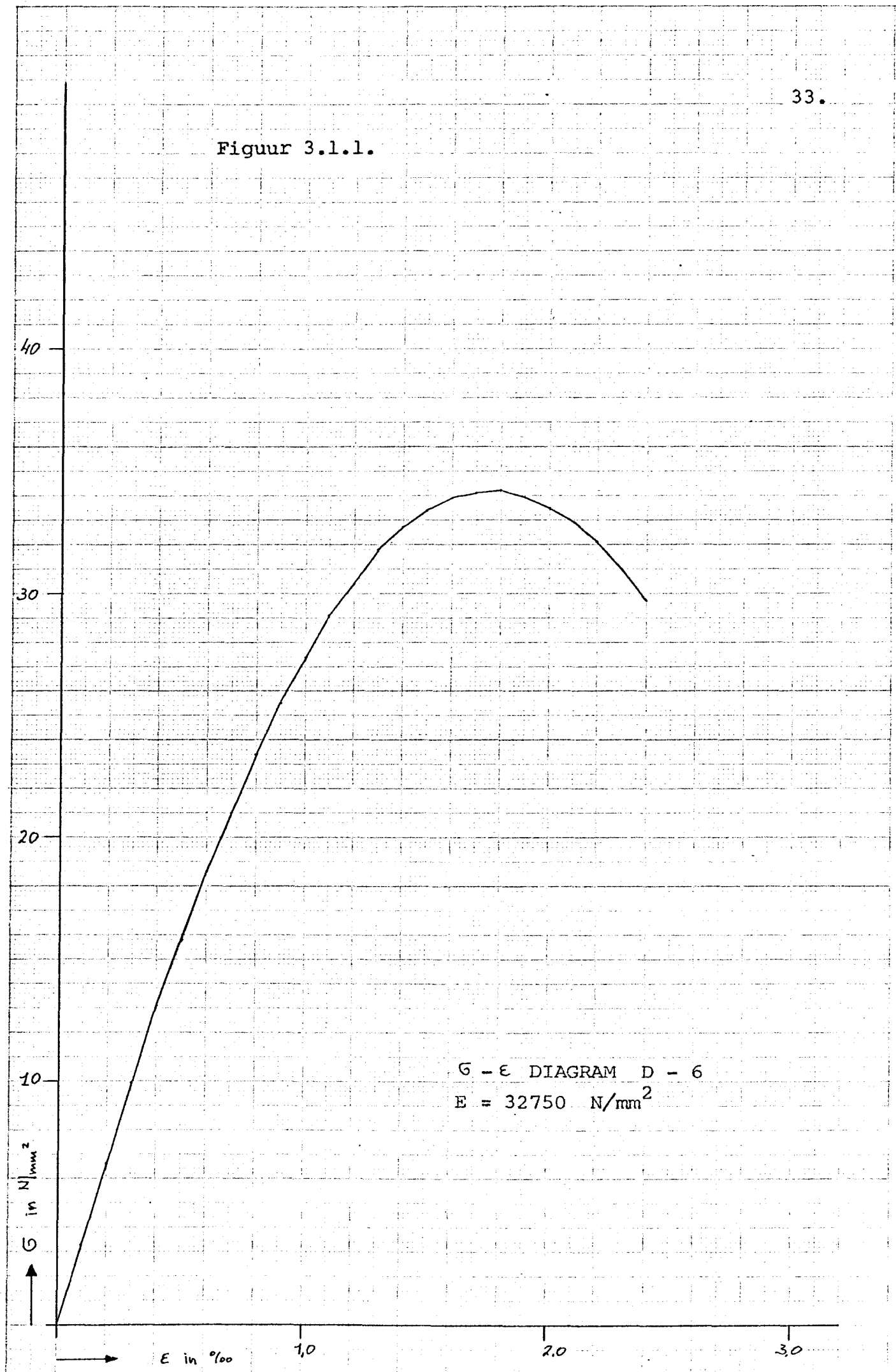
Figur 3.1.1.



Figuur 3.1.1.



Figuur 3.1.1.



G - ε DIAGRAM D - 6
E = 32750 N/mm²

3.2 staal

De vloeispanningen van de moment- en ponswapening zijn vermeld in tabel 3.2.1.

proefstuk	D1	D2	D3	D4	D5	D6
f_{em} $\emptyset 10$ HW	522,5	534,8	534,8	508,0	525,2	527,1
f_{ep} $\emptyset 4$ HK		628,7				
f_{ep} $\emptyset 6$ HK	529,1	543,2	529,1			
f_{ep} $\emptyset 8$ HW			413,8			
f_{ep} $\emptyset 10$ HW				508,0	525,2	527,1

tabel 3.2.1. Waarden in $\frac{N}{mm^2}$.

4.0. De proefresultaten

Tijdens de uitvoering van de proeven zijn de volgende grootheden gemeten :

- de kracht, door middel van de krachtmeetdoos
- de zakking, door middel van de inductieve verplaatsingsopnemer
- de doorbuigingen in X en Y richting, door middel van meetklokjes
- de betonstuk zowel radiaal als tangentiaal, door middel van rekstrookjes
- de rekken van de Dywidag-staven, door middel van rekstrookjes

De verkregen gegevens zijn verwerkt in een aantal grafieken en tabellen. De tabellen zijn verzameld in de bijlage ; de pagina-nummering van de bijlage correspondeert met de nummering van de grafieken.

De meetgegevens hebben geleid tot de volgende figuren :

- het last-zakkingsdiagram (fig. 4.1.1. t/m 4.6.1.)
In deze grafiek is de relatie weergegeven tussen de kracht en de zakking. De zakking is de verplaatsing van het midden van de plaat ten opzichte van de oplegging.
- de doorbuiging in X en Y richting (fig. 4.1.2 t/m 4.6.2)
- de radiale stuk (fig. 4.1.3 t/m fig. 4.6.3.)
- de tangentiale stuk (fig. 4.1.4. t/m 4.6.4.)
- de krachtsverdeling over de Dywidag-staven (fig. 4.1.5. t/m 4.6.5)

- de kracht in iedere staaf is als volgt uit de rekmeting bepaald :

$$F_i = (\epsilon_i - \epsilon_0) \cdot 10^3 \cdot \frac{2}{2,12} \cdot E_a \cdot A_a$$

ϵ_i = rek bij stap i

ϵ_0 = rek bij stap 0

E_a = elasticiteitsmodulus staal

A_a = oppervlakte Dywidag-staaf

4.1. De scheurvorming

Zoals in de bijlage is af te lezen hebben de eerste belastingstappen een grootte van circa 6 kN. Na ongeveer 5 à 6 stappen werden de eerste radiale scheuren zichtbaar. De plaats van deze scheuren was in het gebied direkt boven de kolomkop en de richting was evenwijdig aan die van de bovenstaven van het momentwapeningsnet. In de figuren aangeduid als de X - X richting.

Daarna ontstonden er tangentiale scheuren en vormden er zich nog meer radiale scheuren.

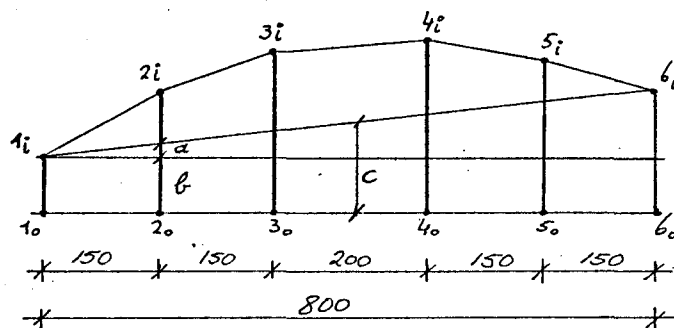
Door het opvoeren van de belasting ontwikkelde zich het totale radiale scheurpatroon.

Hierna vormde zich een tweede cirkel van tangentiale scheuren die op het moment van bezwijken voltooid is. (Zie foto bijlage).

4.2. Berekening van de doorbuiging

De doorbuiging van een punt van de plaat wordt verkregen door de meetwaarden van de meetklokjes in dat punt te verminderen met de verplaatsing van de opleggingen.

In een figuur weergegeven :



De waarden van belastingstap i zijn voor de zes meetklokjes uitgezet. De doorbuiging in bv. punt 2 wordt nu in formule vorm :

$$\text{doorbuiging } 2 = (2_i - 2_o) - \left(150 \cdot \frac{\overbrace{(6_i - 6_o) - (1_i - 1_o)}^a}{800} + \overbrace{(1_i - 1_o)}^b \right)$$

Op deze manier worden voor alle meetpunten de doorbuigingen berekend. In de richting loodrecht hierop wordt deze berekening ook gemaakt.

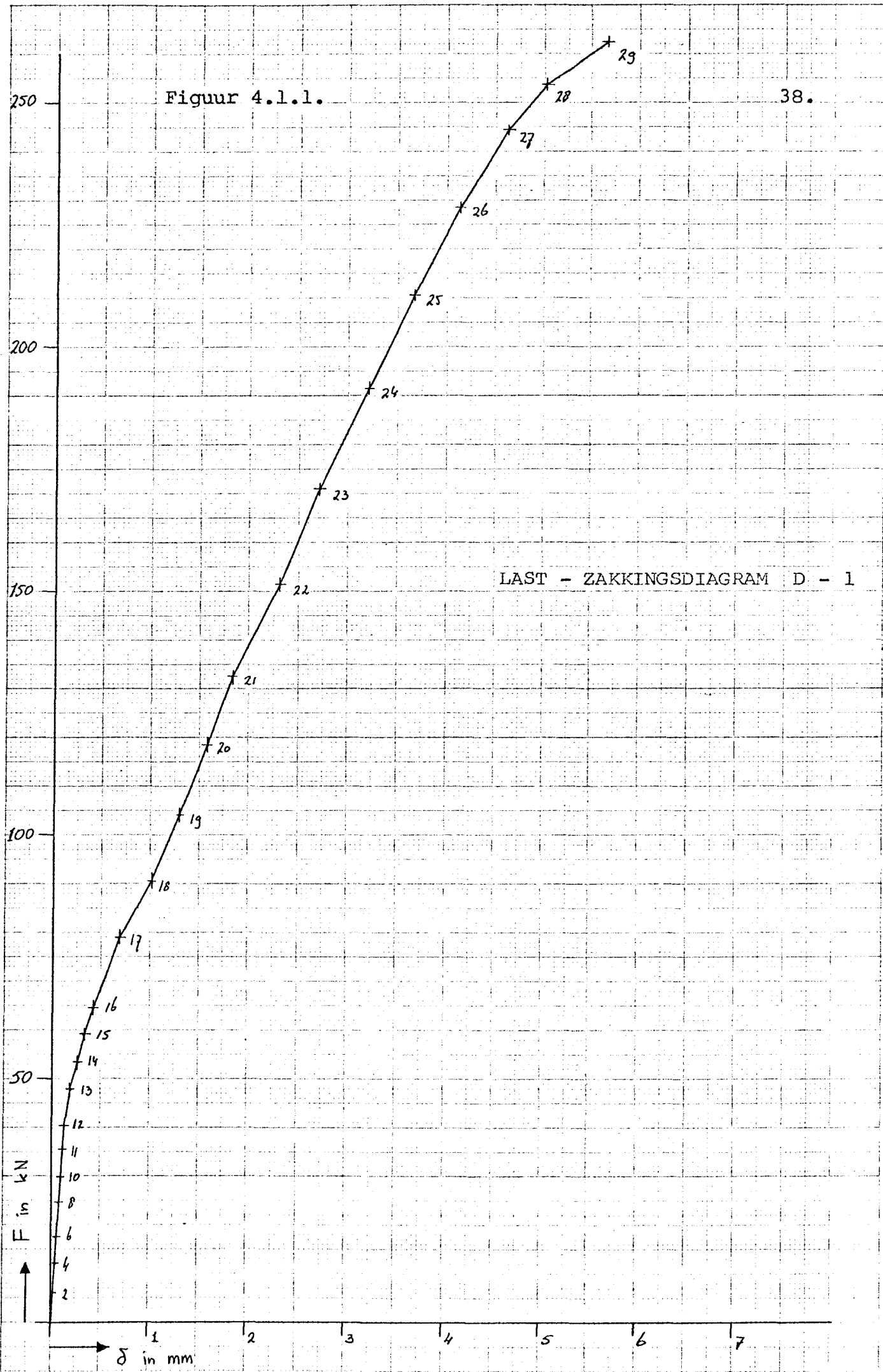
De nulvlak waarde in de last-zakkingstabel is de stijging van de nullijn ter plaatse van het midden en gemiddeld over de onderling loodrechte richtingen.

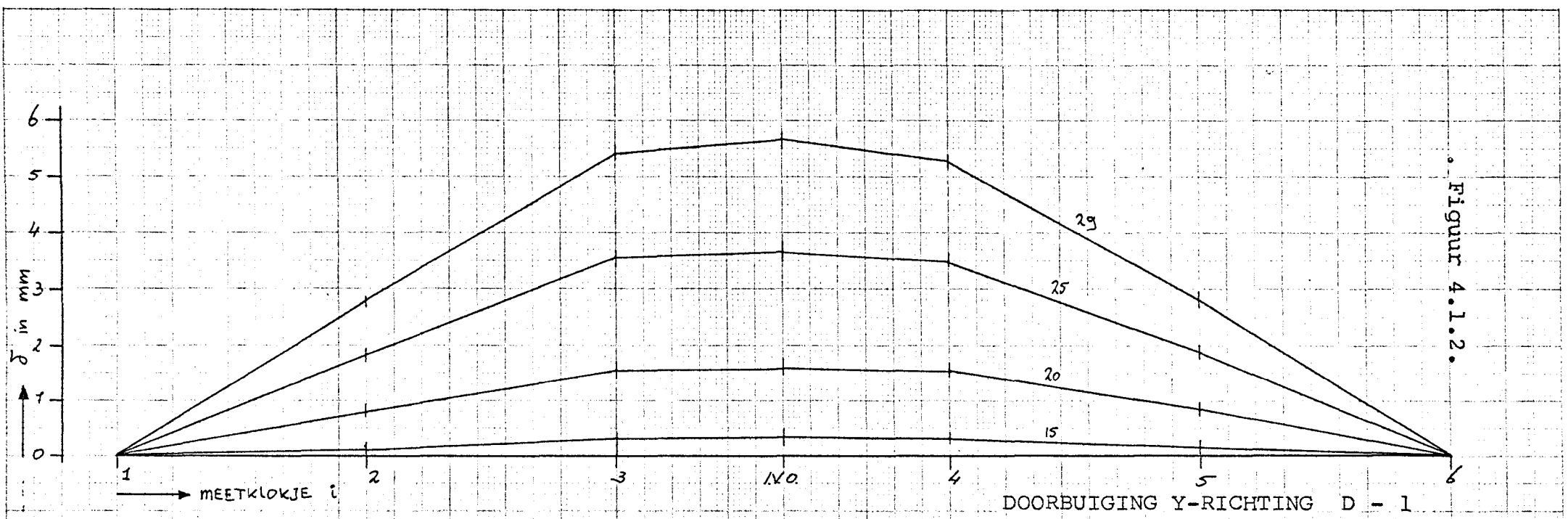
In formule vorm :

$$400 \cdot \frac{(6_i - 6_o) - (1_i - 1_o)}{800} + (1_i - 1_o) = c$$

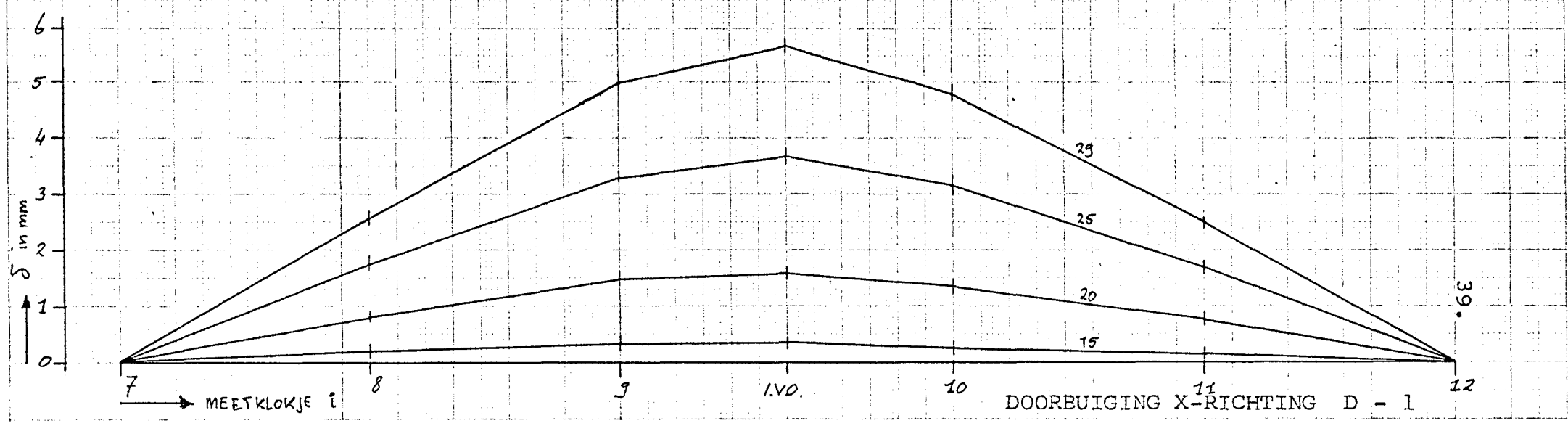
Figuur 4.1.1.

LAST - ZAKKINGSDIAGRAM D - 1



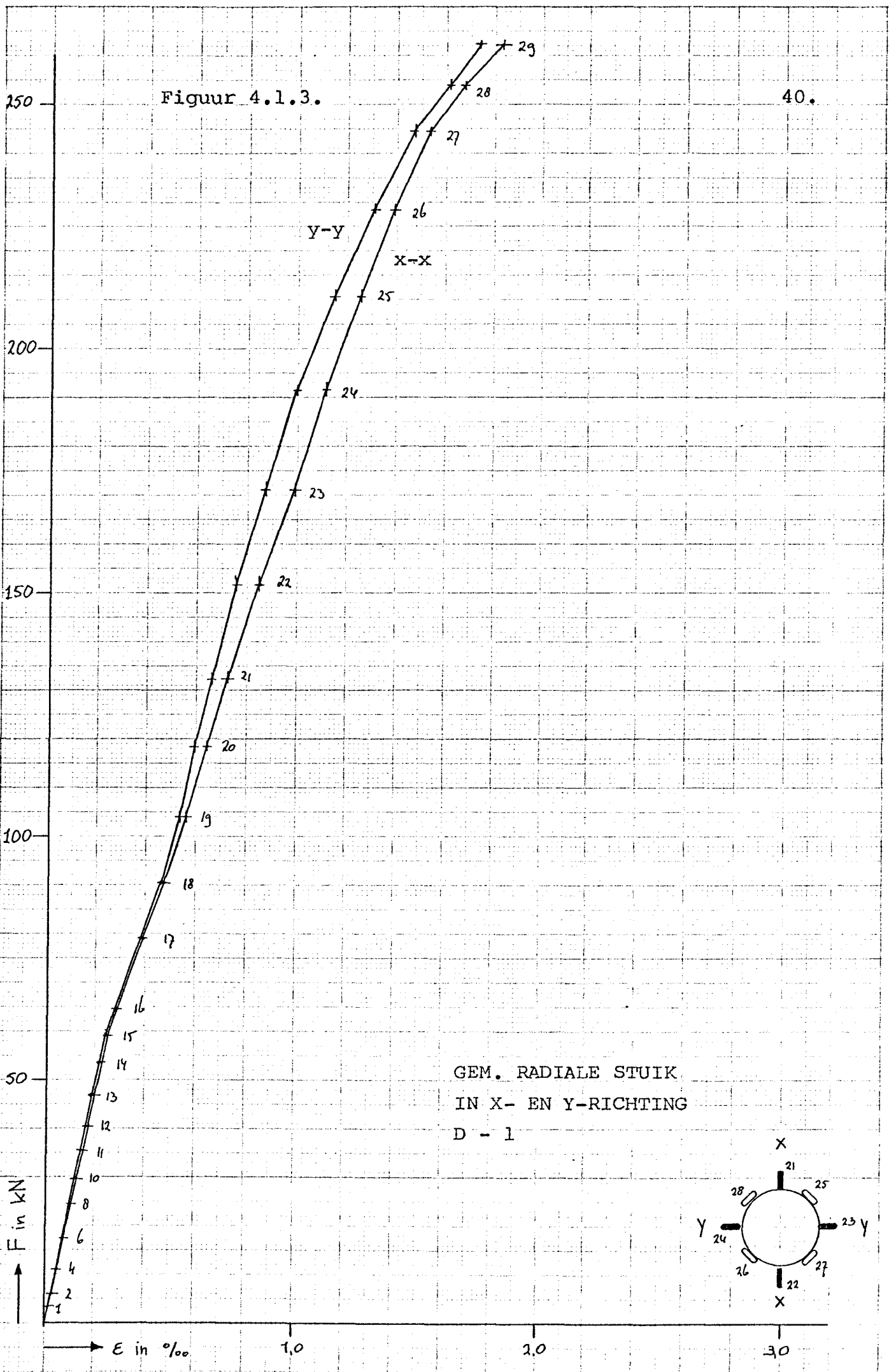


Figuur 4.1.2.

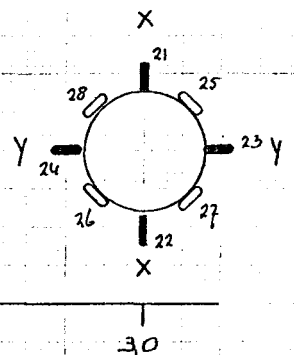


39.

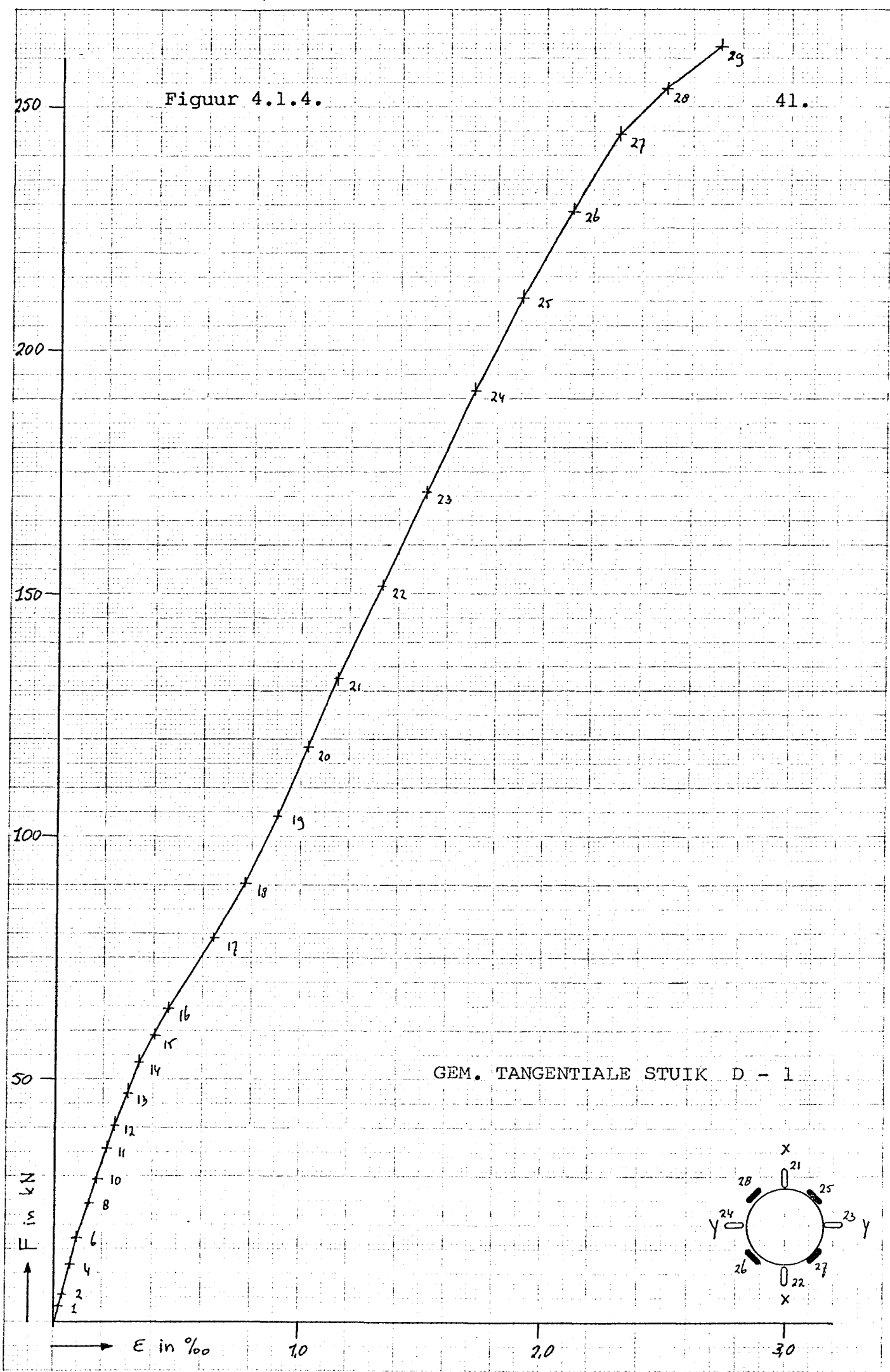
Figuur 4.1.3.



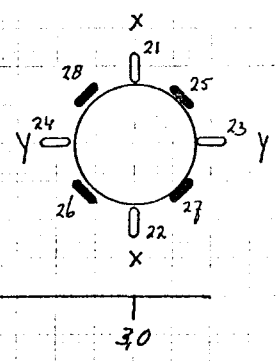
GEM. RADIALE STUIJK
IN X- EN Y-RICHTING
D - 1

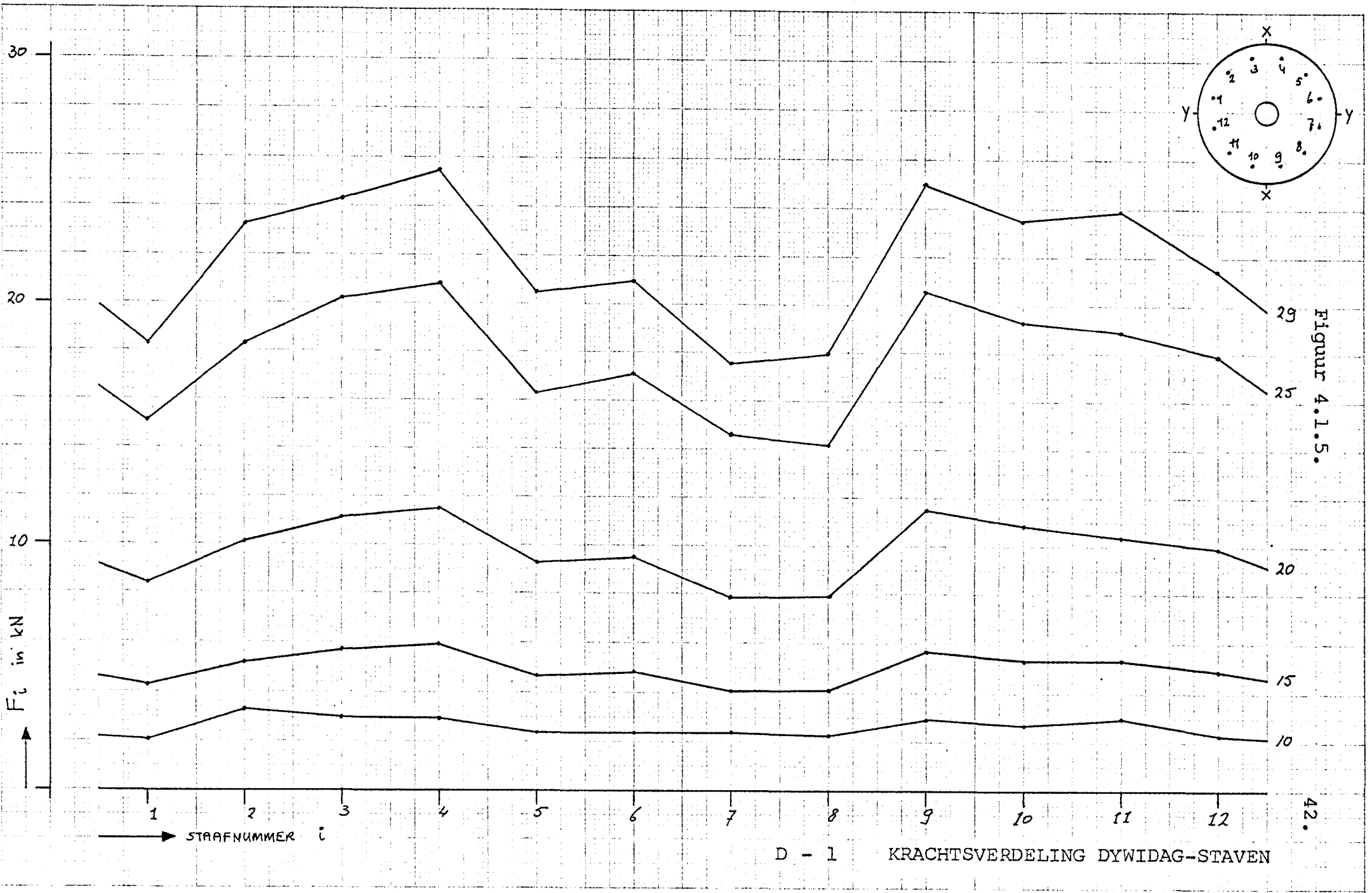


Figuur 4.1.4.



GEM. TANGENTIALE STUIK D - 1



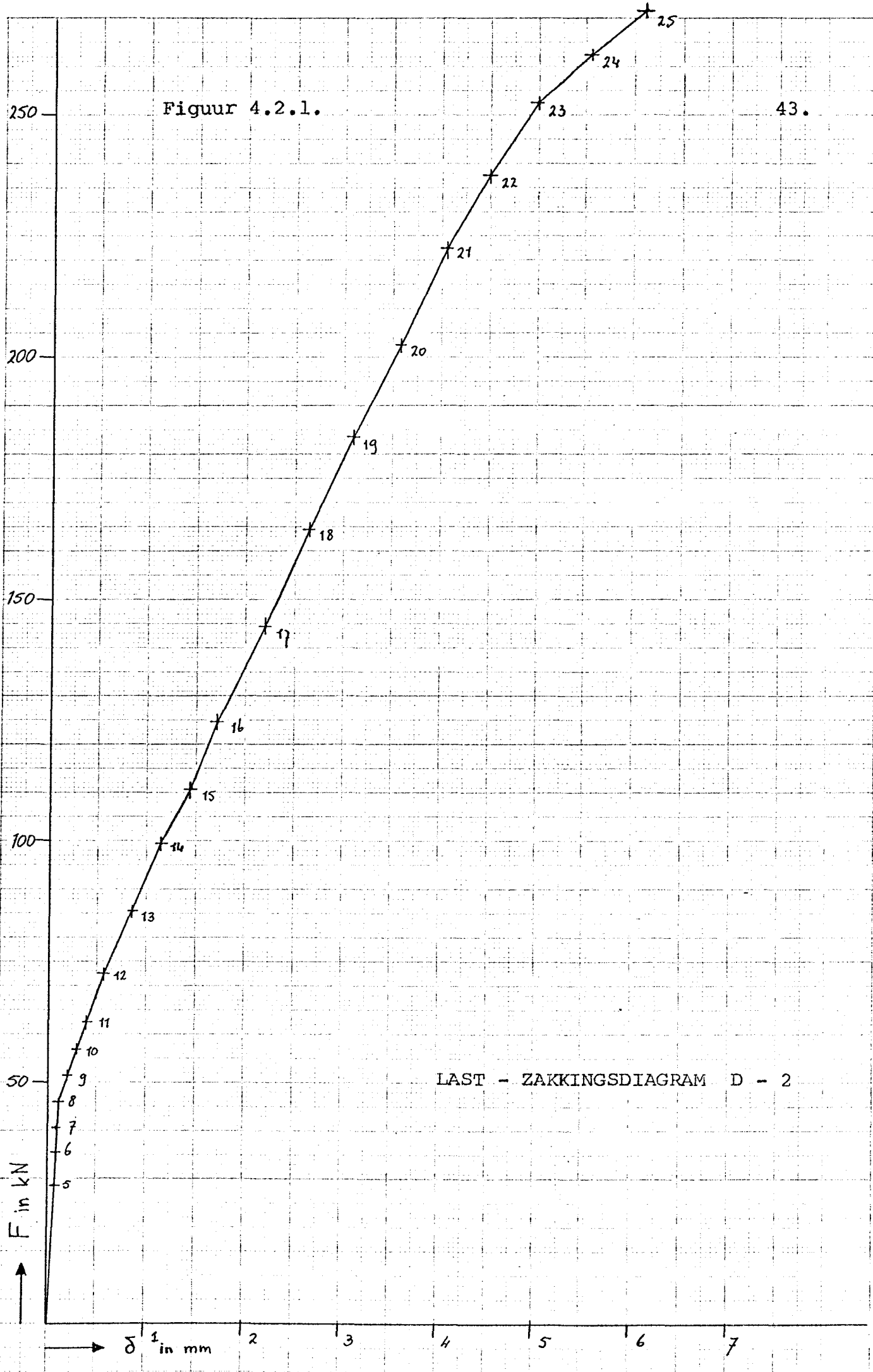


Figuur 4.1.5.

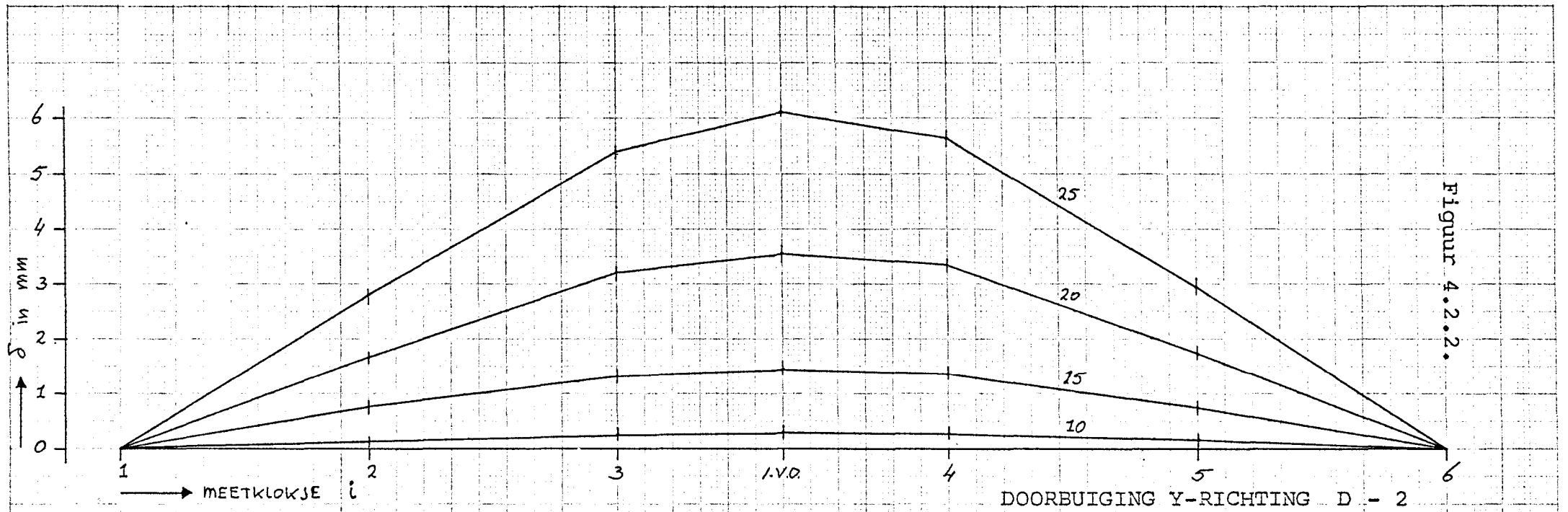
D - 1 KRACHTSVERDELING DYWIDAG-STAVEN

Figuur 4.2.1.

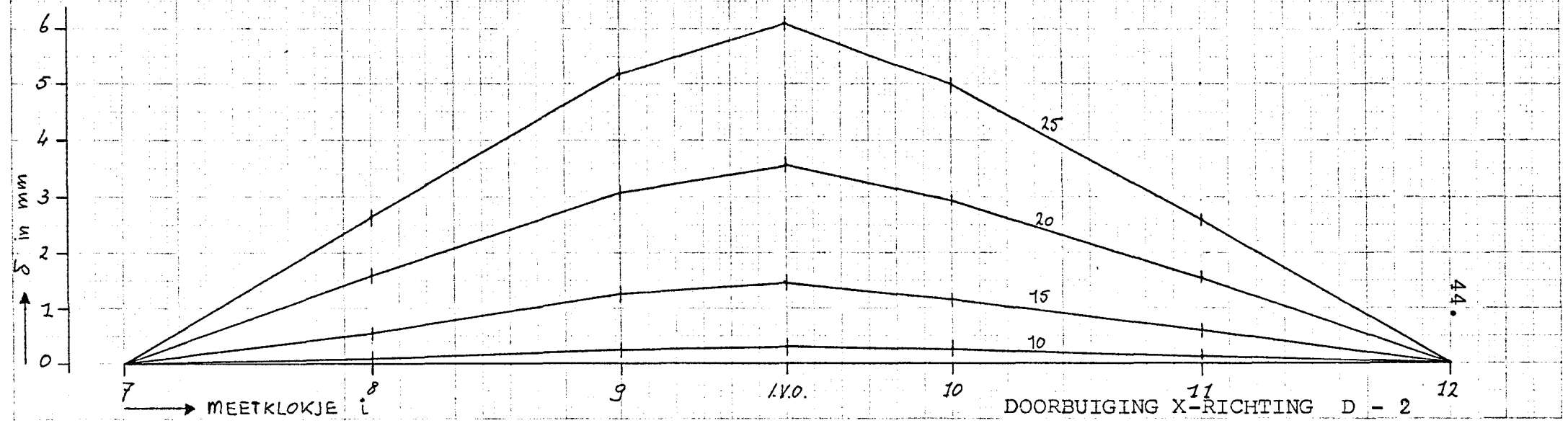
43.



LAST - ZAKKINGSDIAGRAM D - 2

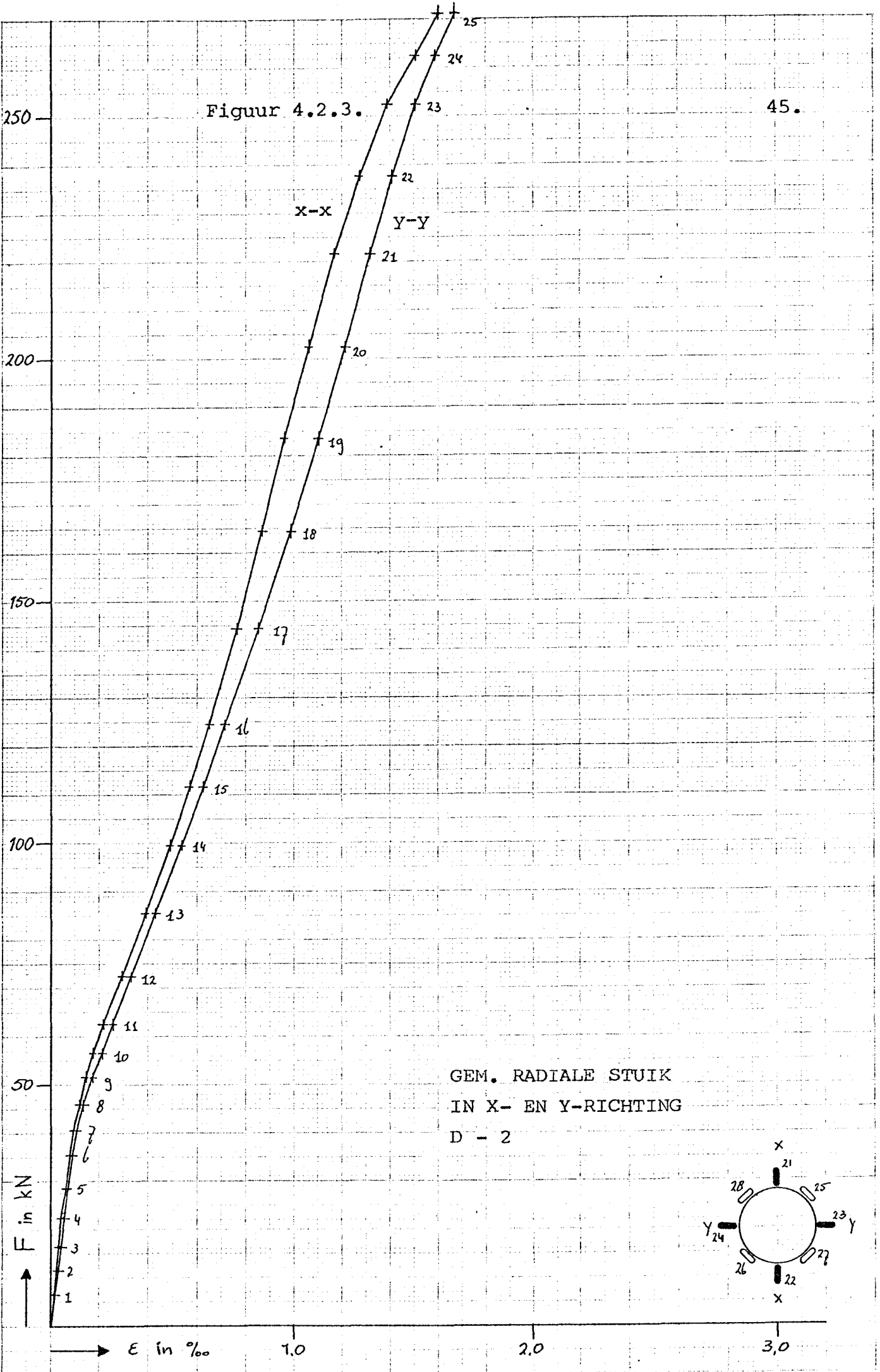


Figuur 4.2.2.

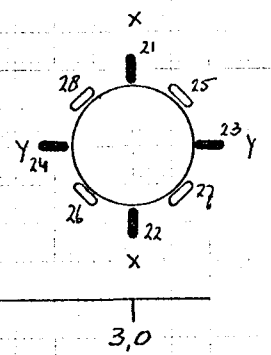


44.

Figuur 4.2.3.

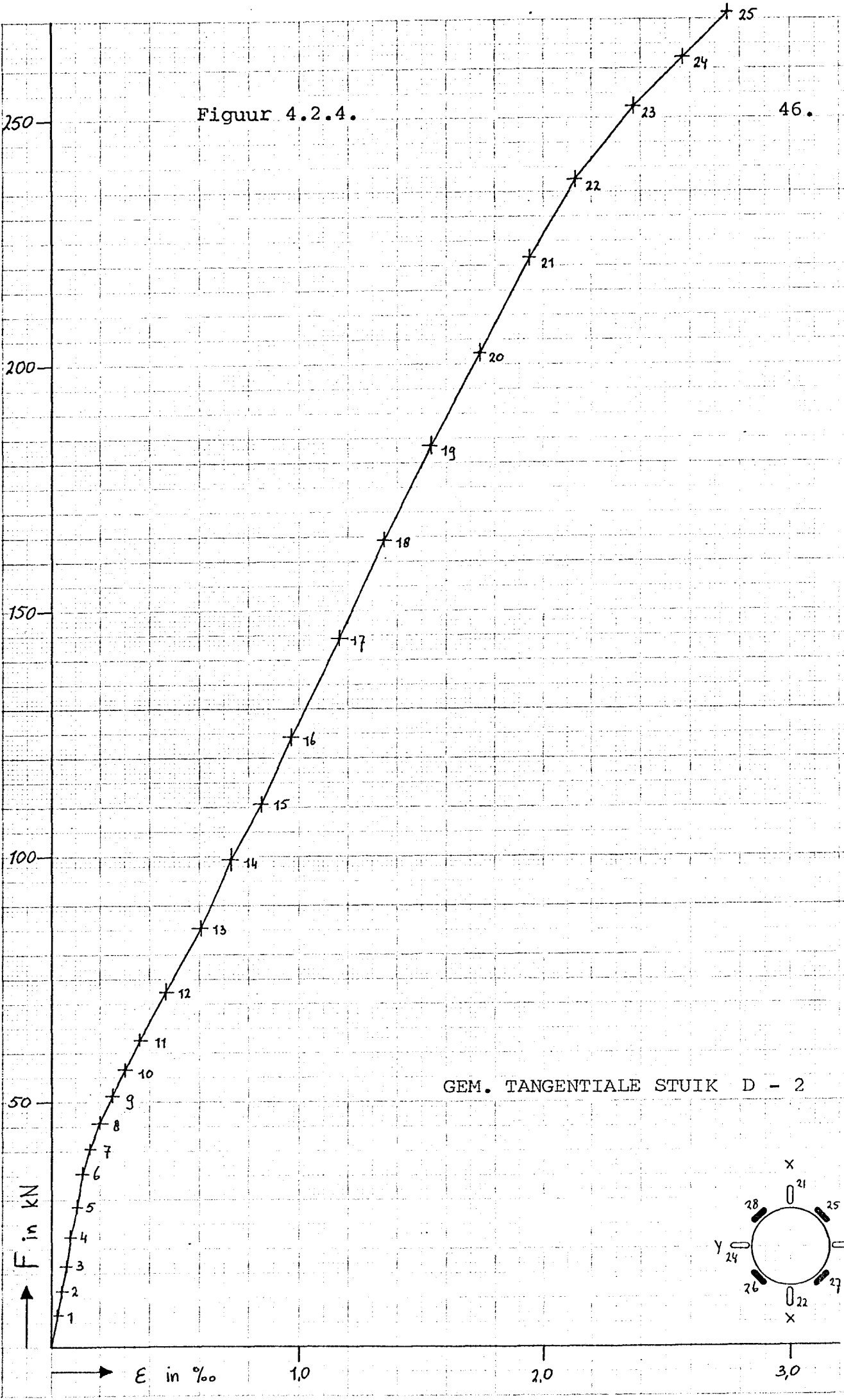


GEM. RADIALE STUIK
IN X- EN Y-RICHTING
D - 2

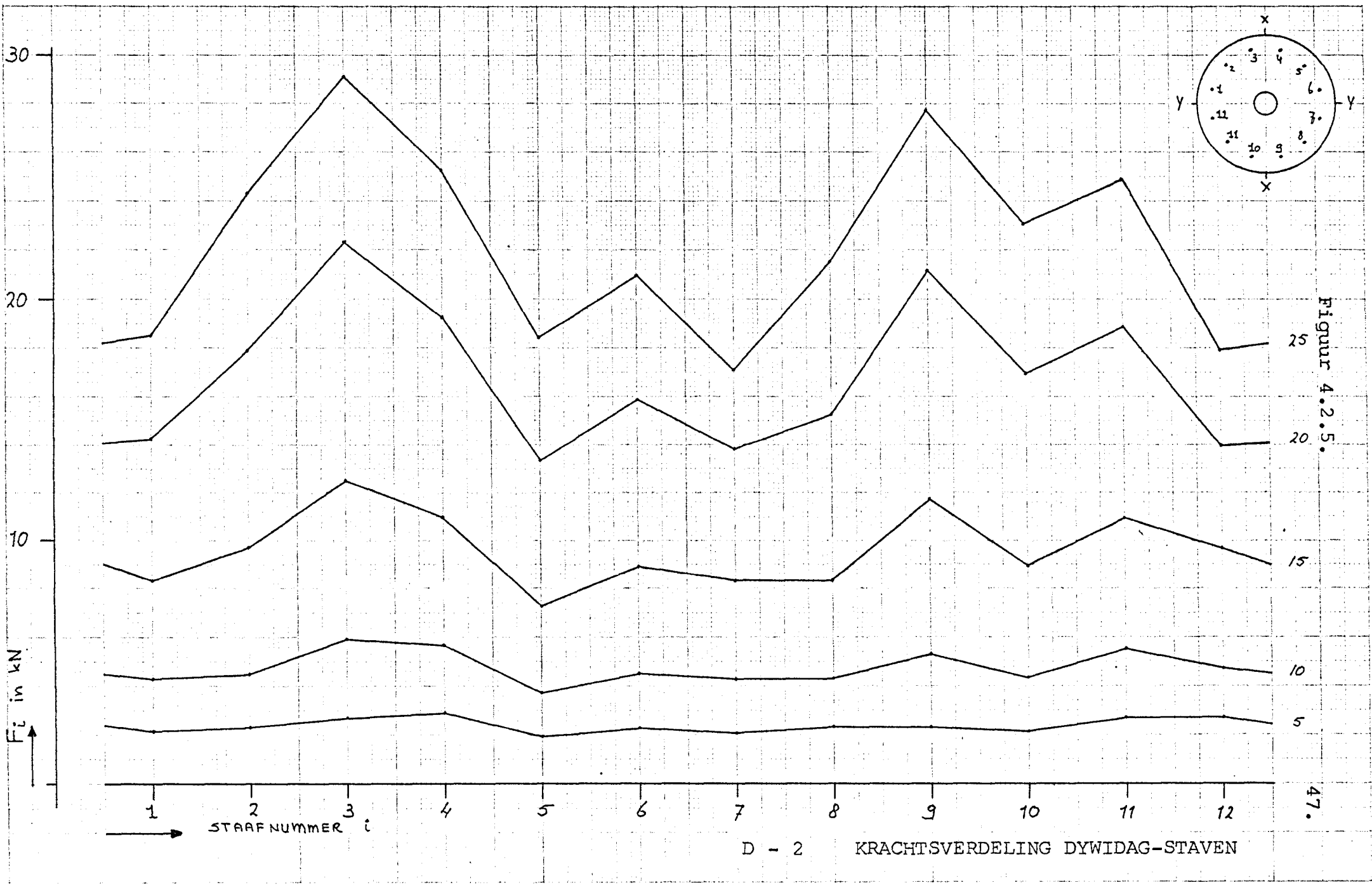


Figuur 4.2.4.

46.

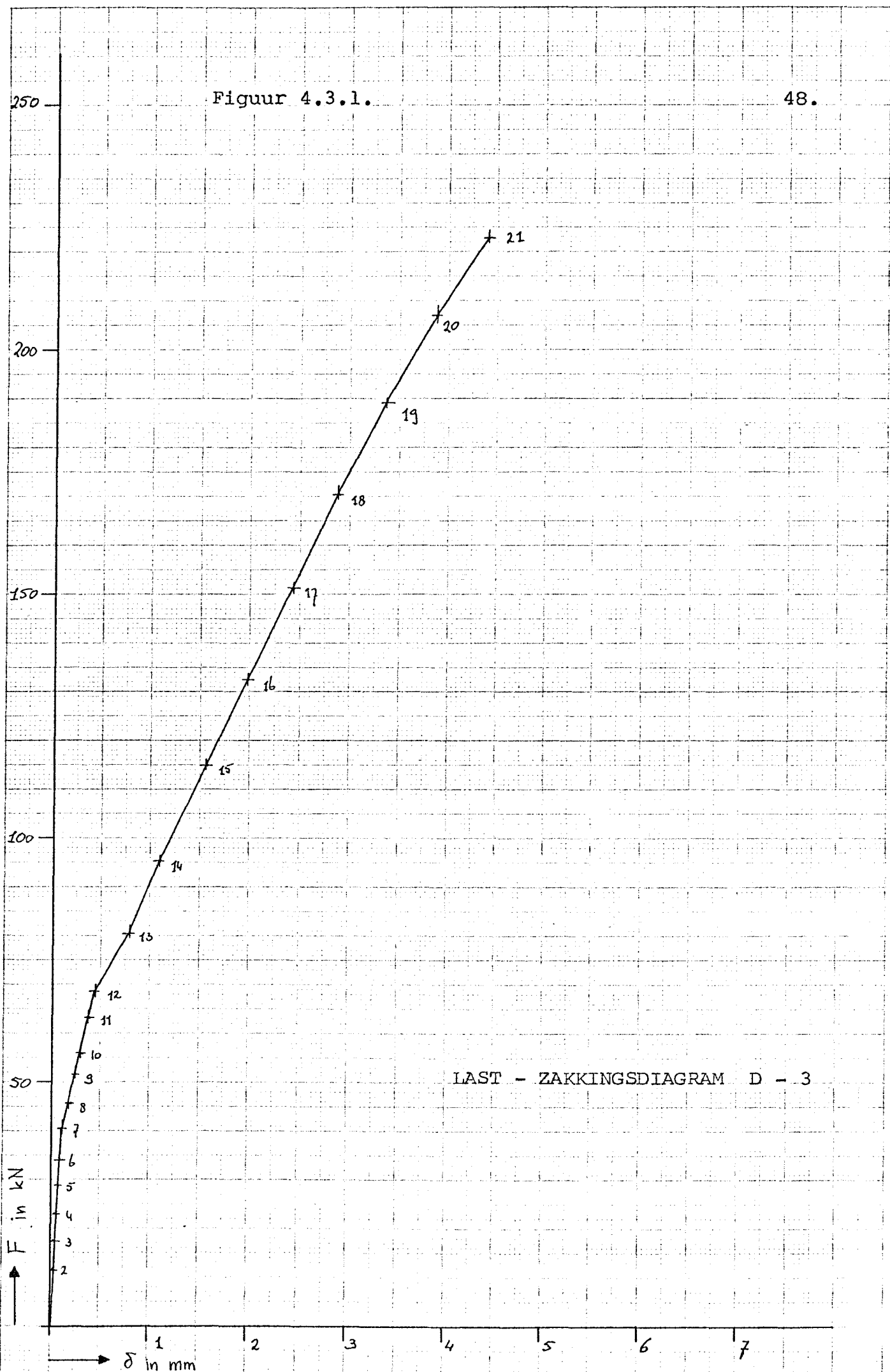


GEM. TANGENTIALE STUIK D - 2

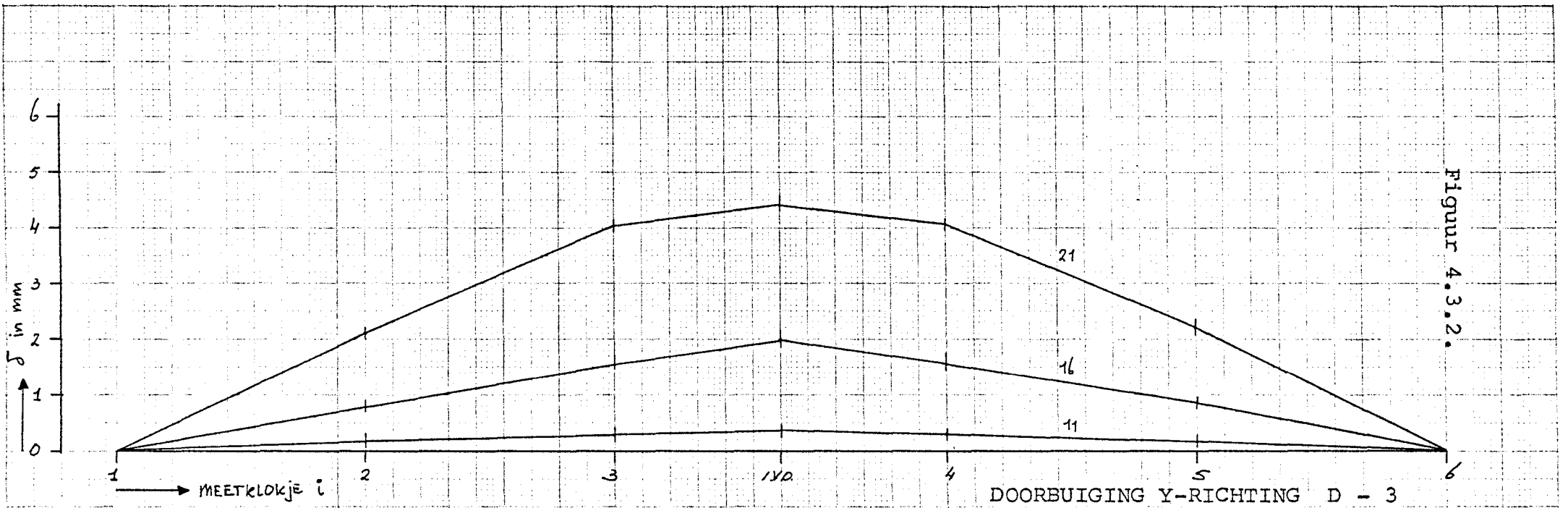


Figuur 4.2.5

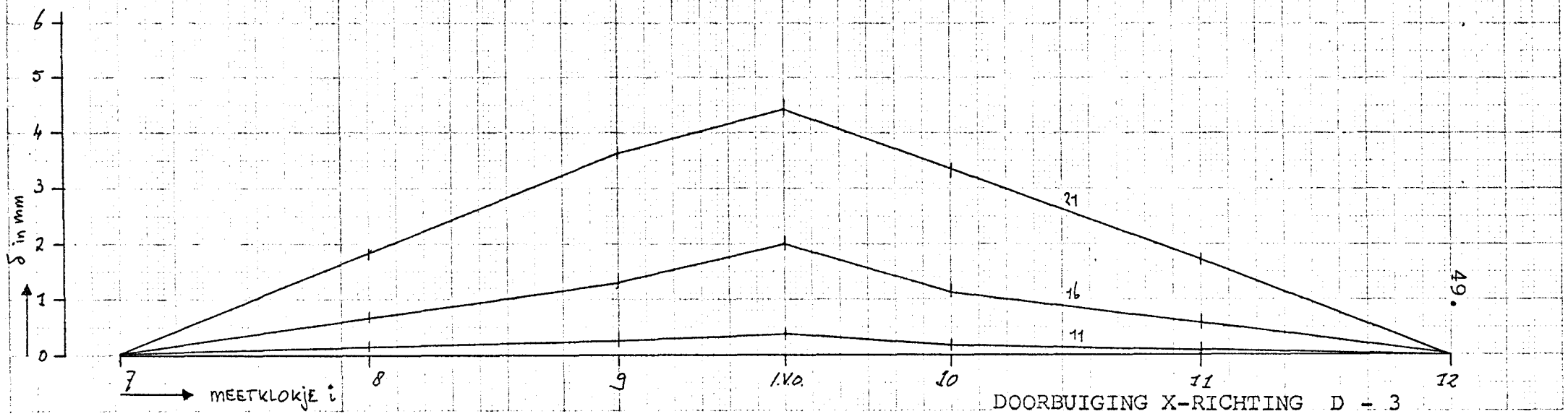
47.



LAST - ZAKKINGSDIAGRAM D - 3

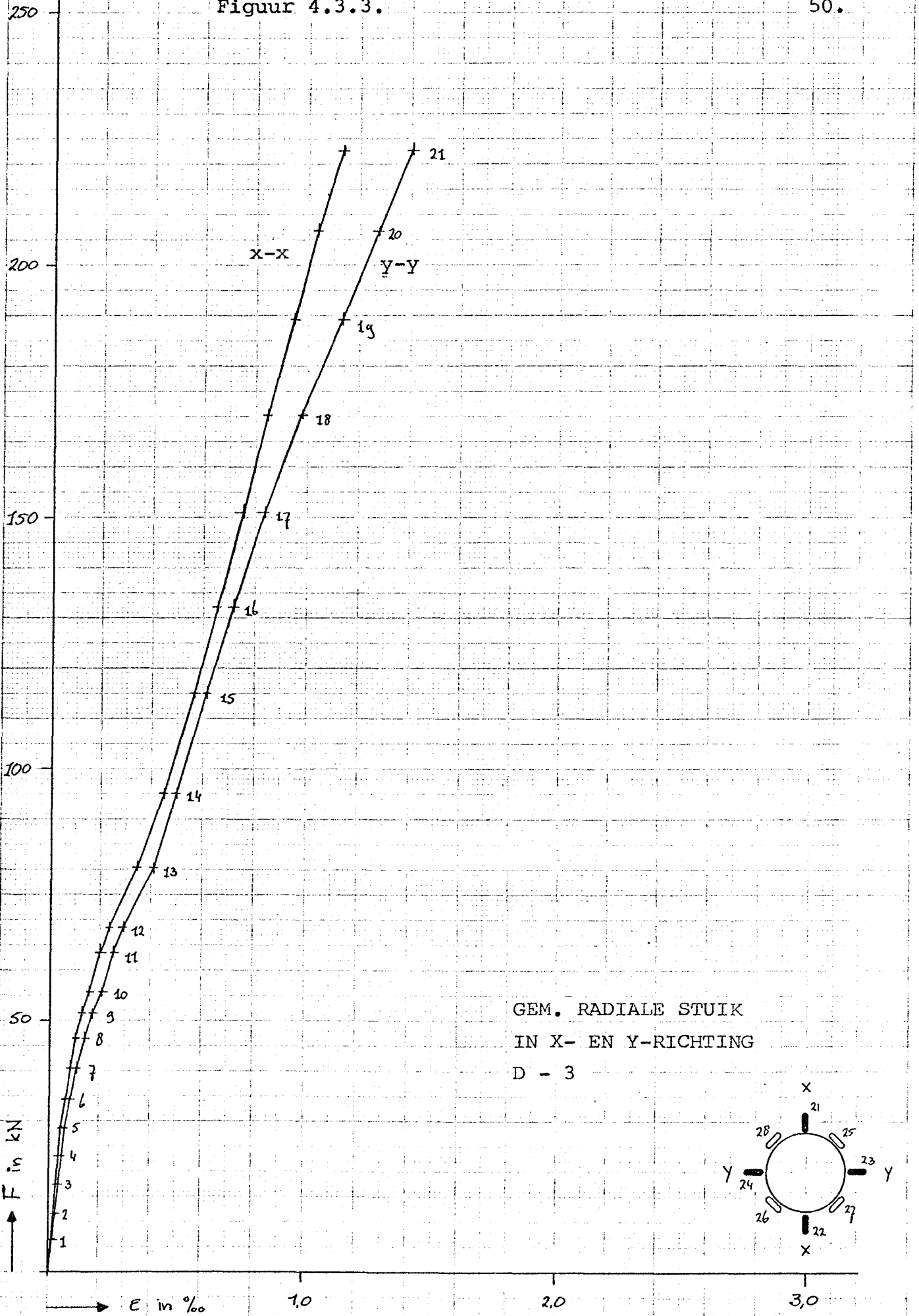


Figuur 4.3.2.

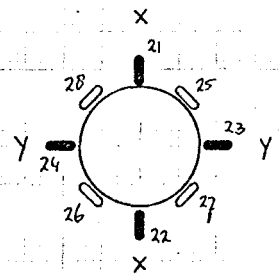


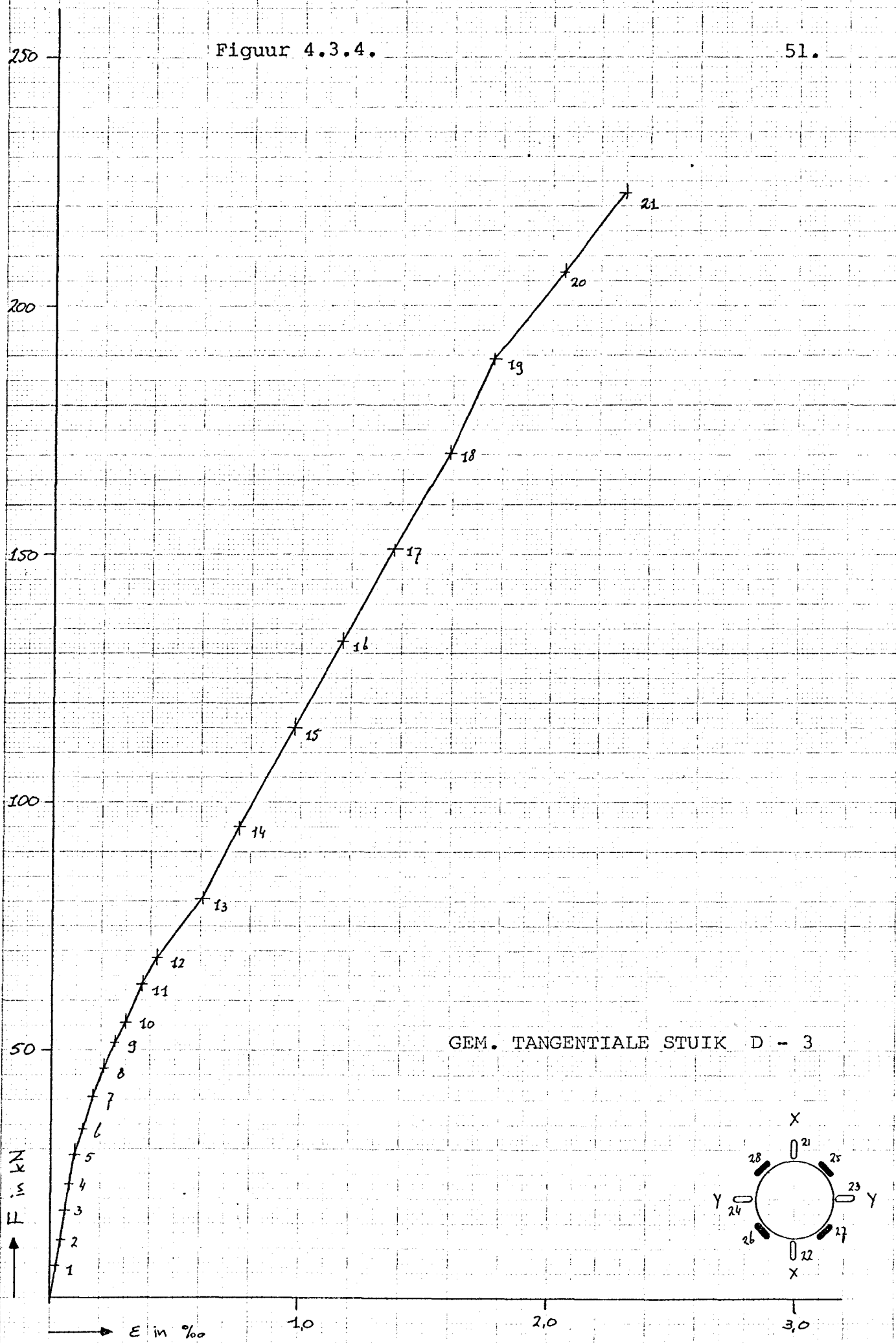
49.

Figuur 4.3.3.

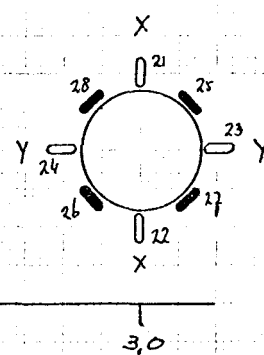


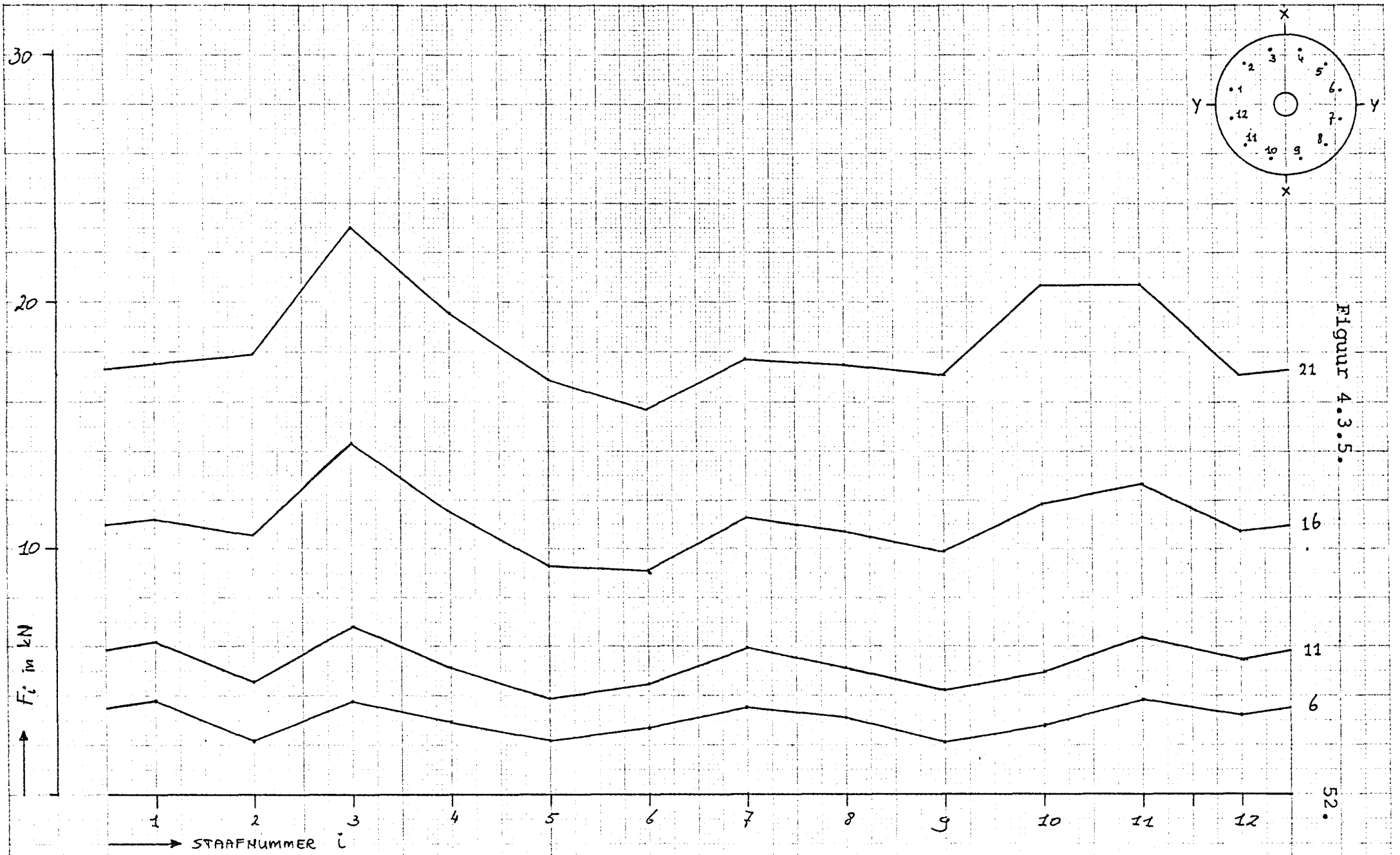
GEM. RADIALE STUIK
IN X- EN Y-RICHTING
D - 3





GEM. TANGENTIALE STUIK D - 3



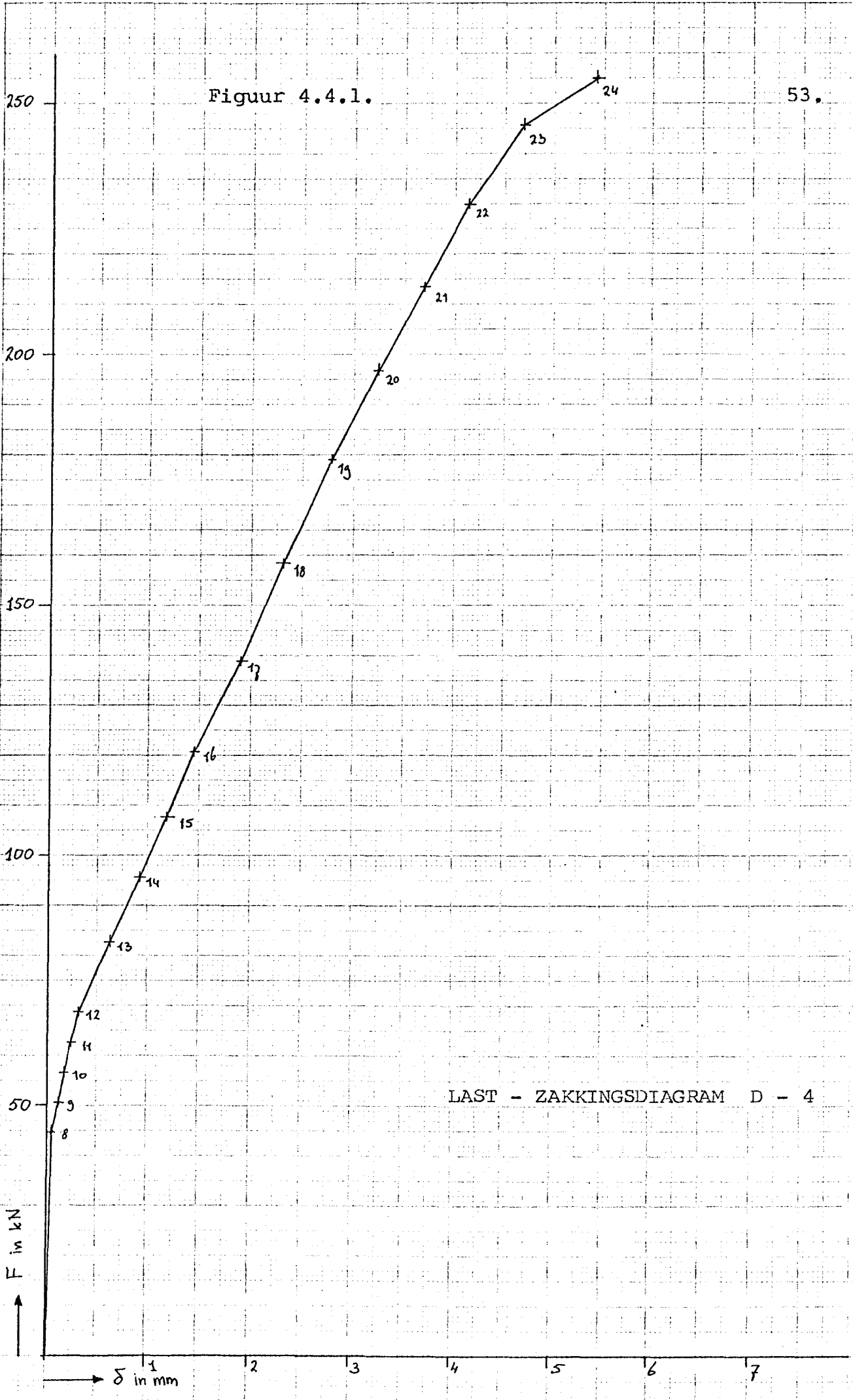


D - 3 KRACHTSVERDELING DYWIDAG-STAVEN

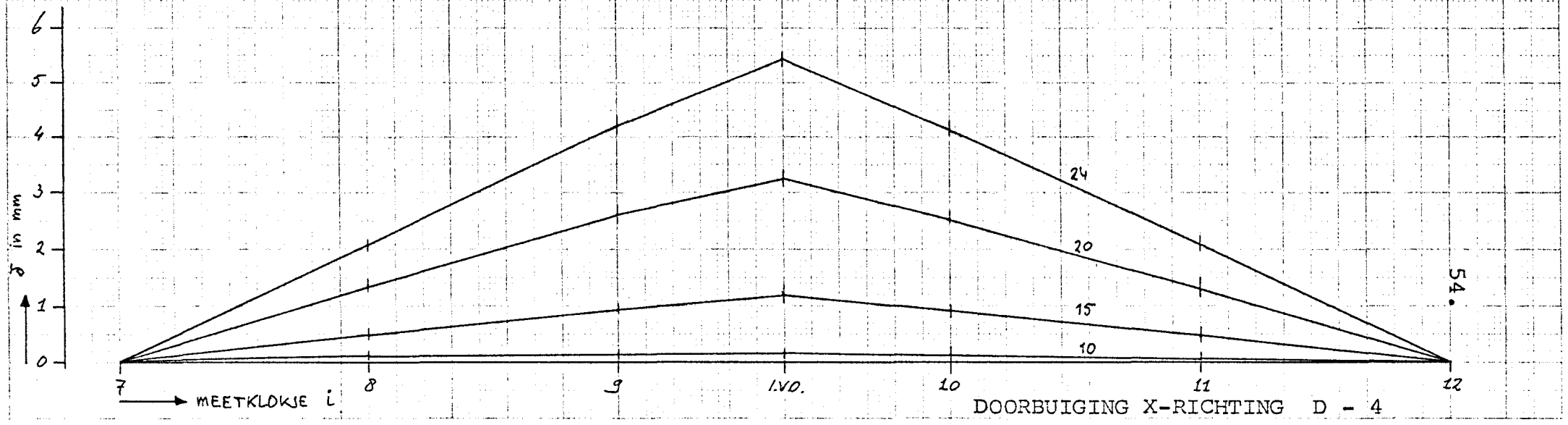
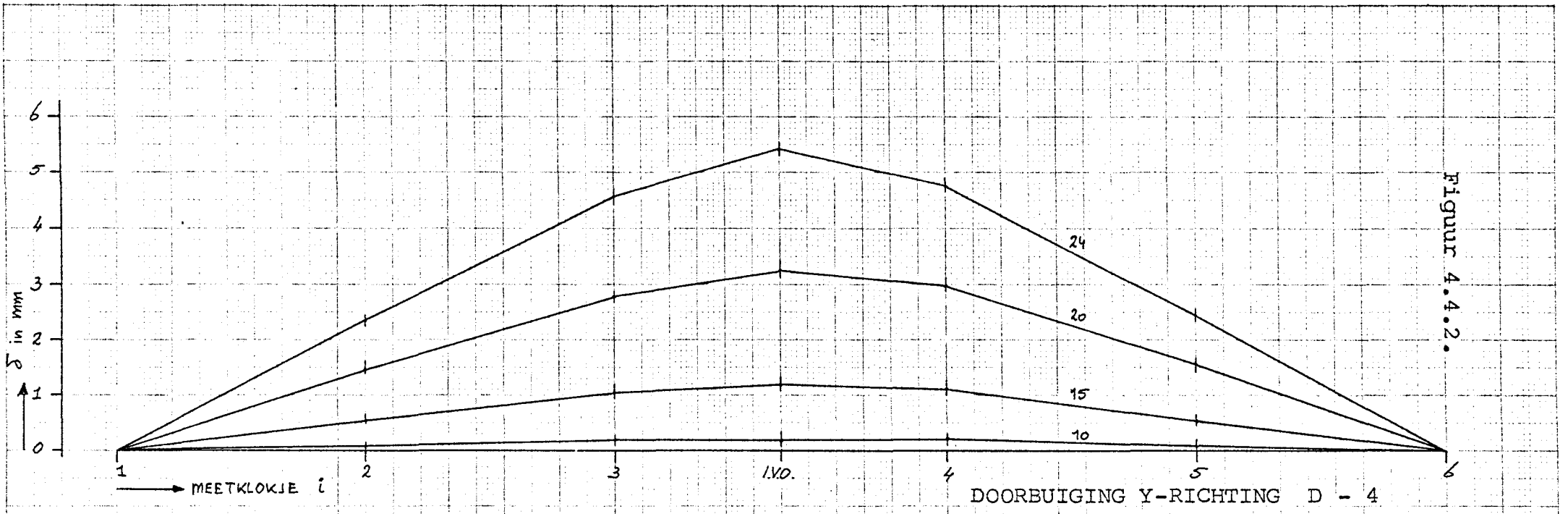
Figuur 4.3.5.

52.

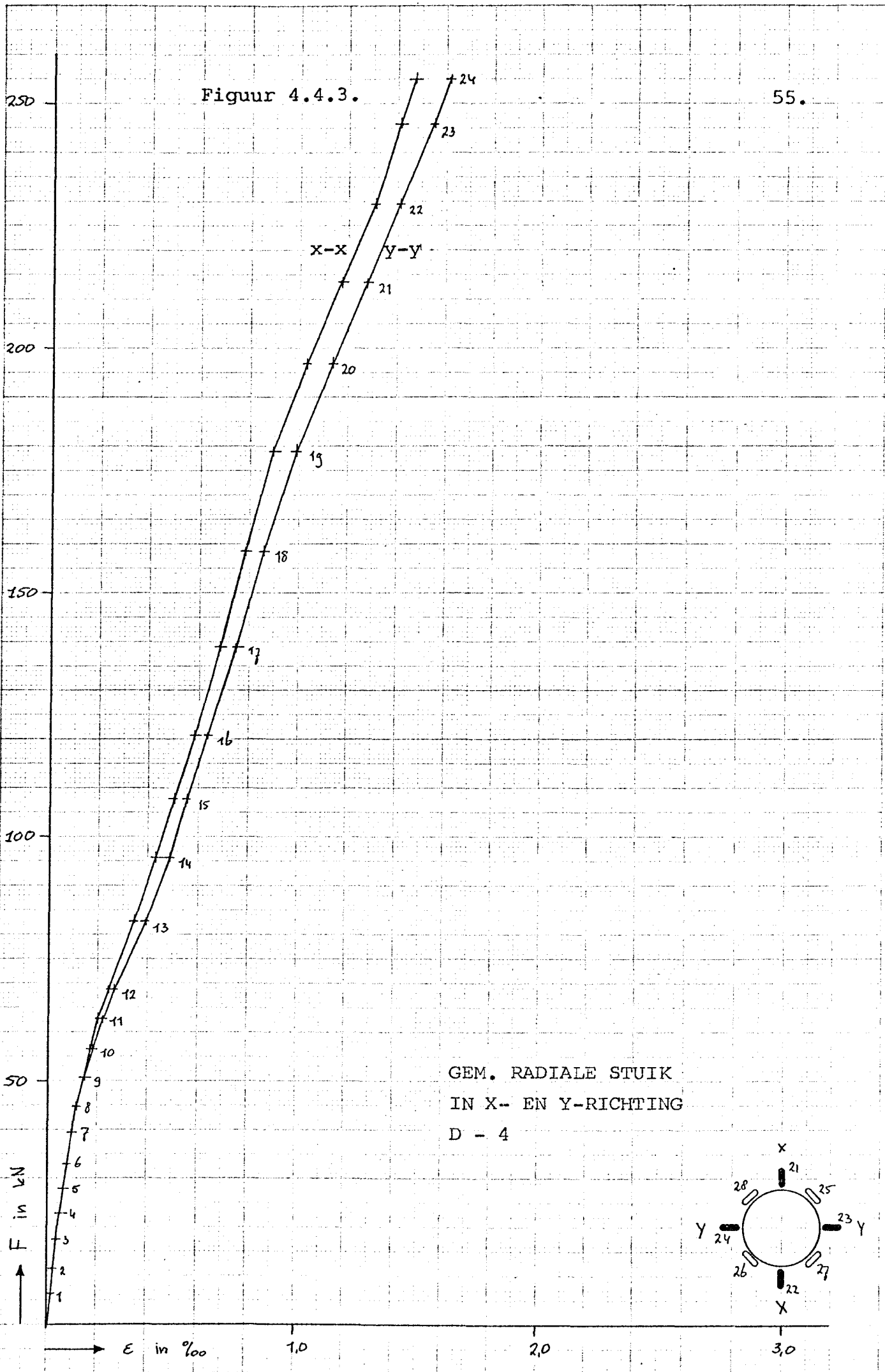
Figuur 4.4.1.



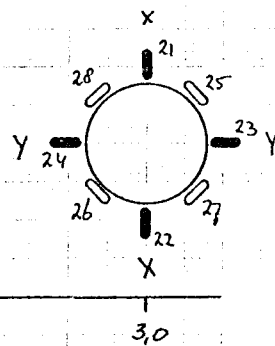
LAST - ZAKKINGSDIAGRAM D - 4



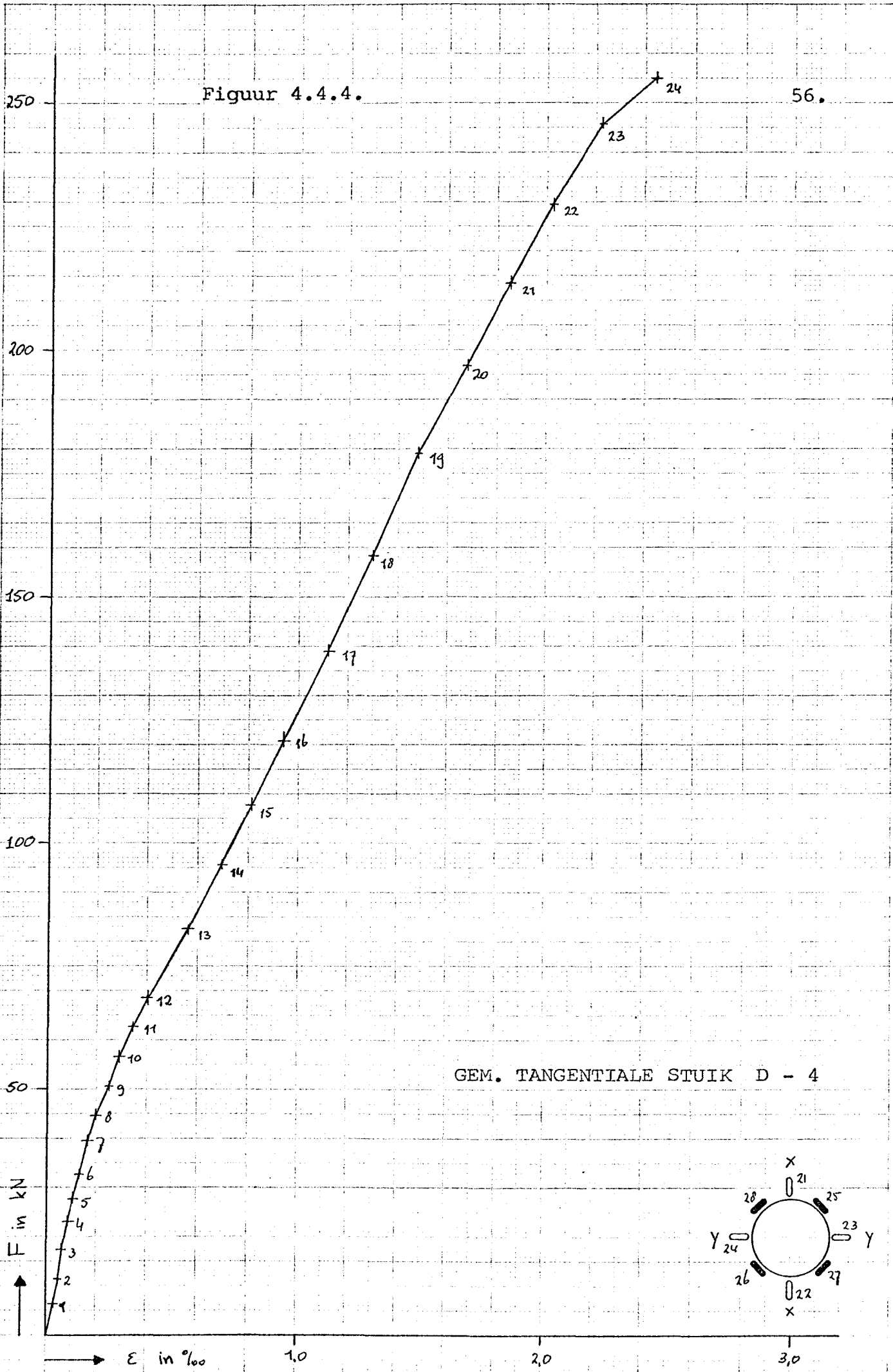
Figuur 4.4.3.



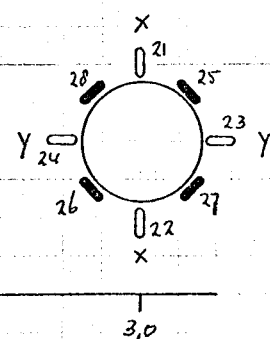
GEM. RADIALE STUIK
IN X- EN Y-RICHTING
D - 4

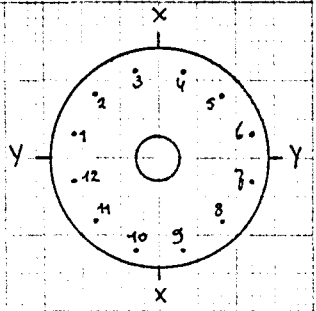
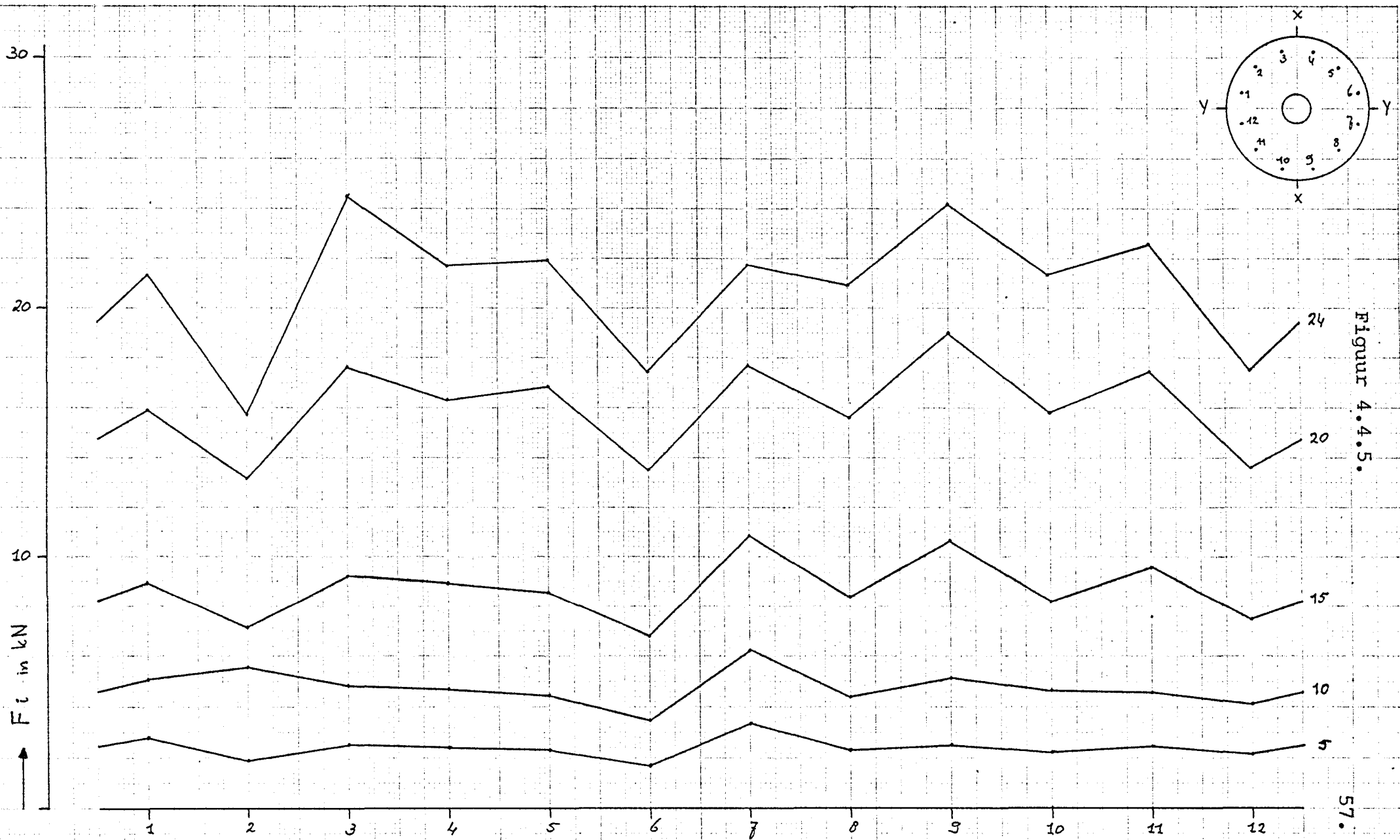


Figuur 4.4.4.



GEM. TANGENTIALE STUIK D - 4

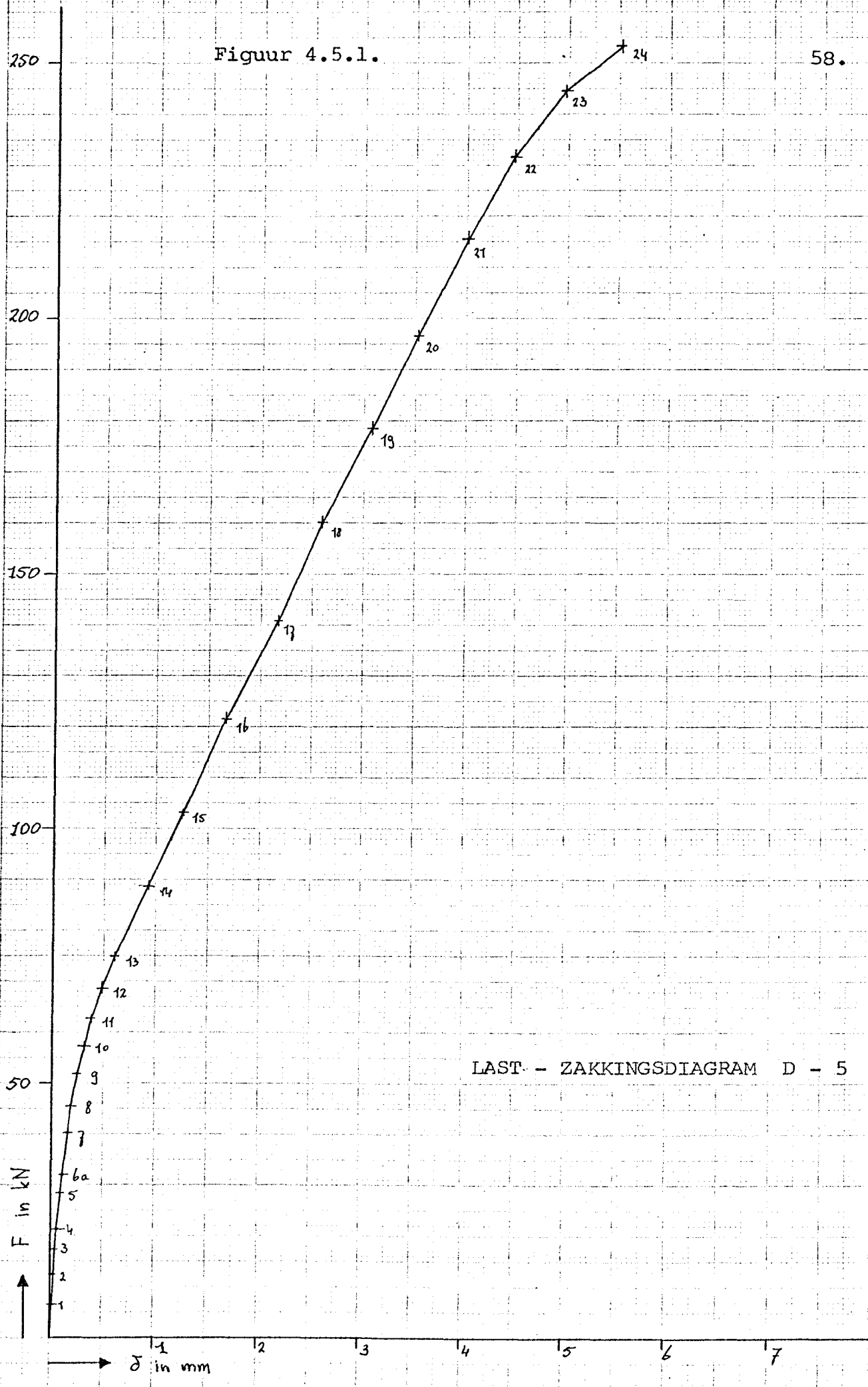




Figuur 4.4.5.

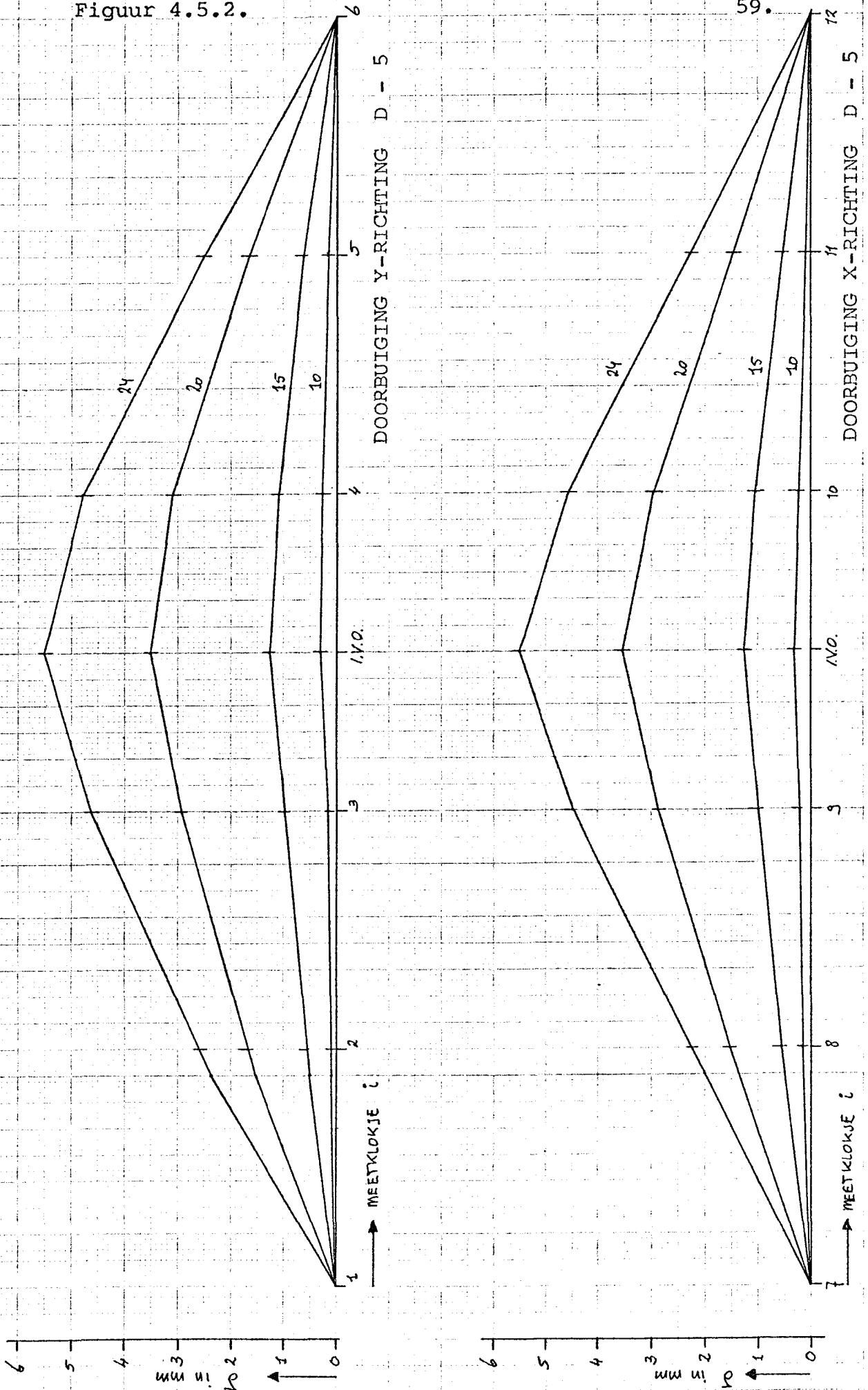
D - 4 KRACHTSVERDELING DYWIDAG-STAVEN

Figuur 4.5.1.

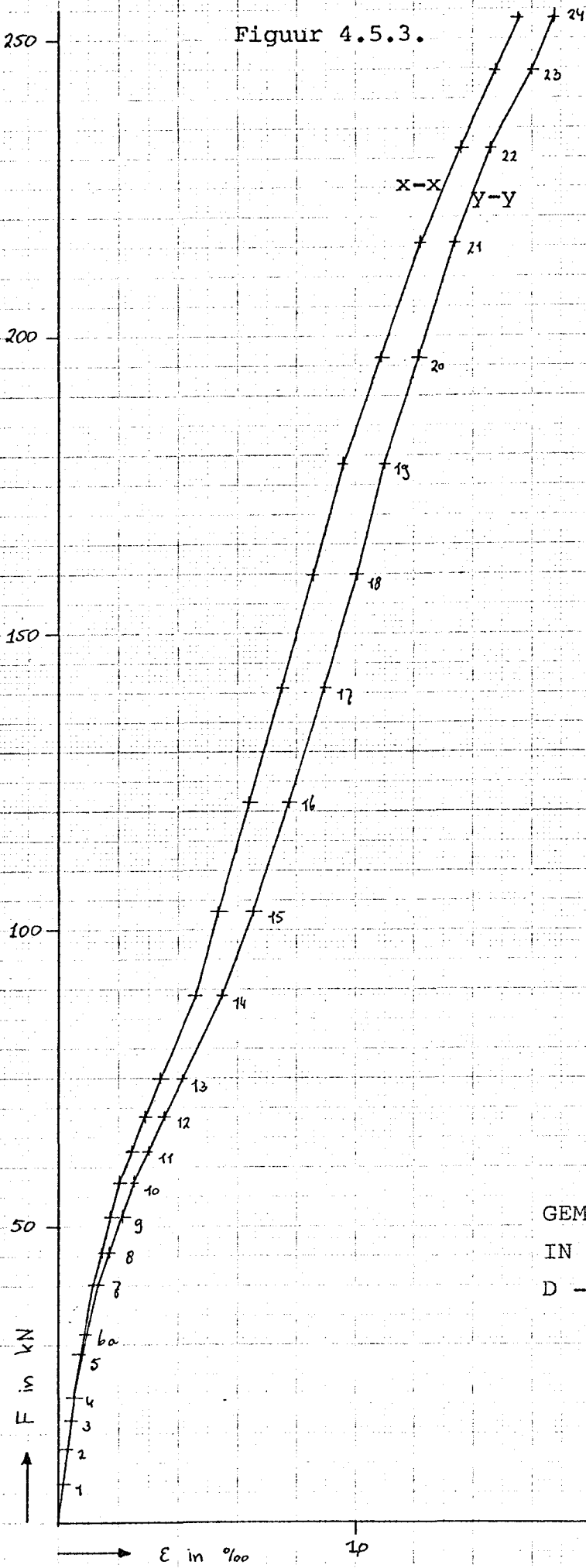


LAST - ZAKKINGSDIAGRAM D - 5

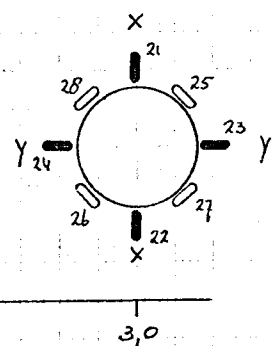
Figuur 4.5.2.



Figuur 4.5.3.

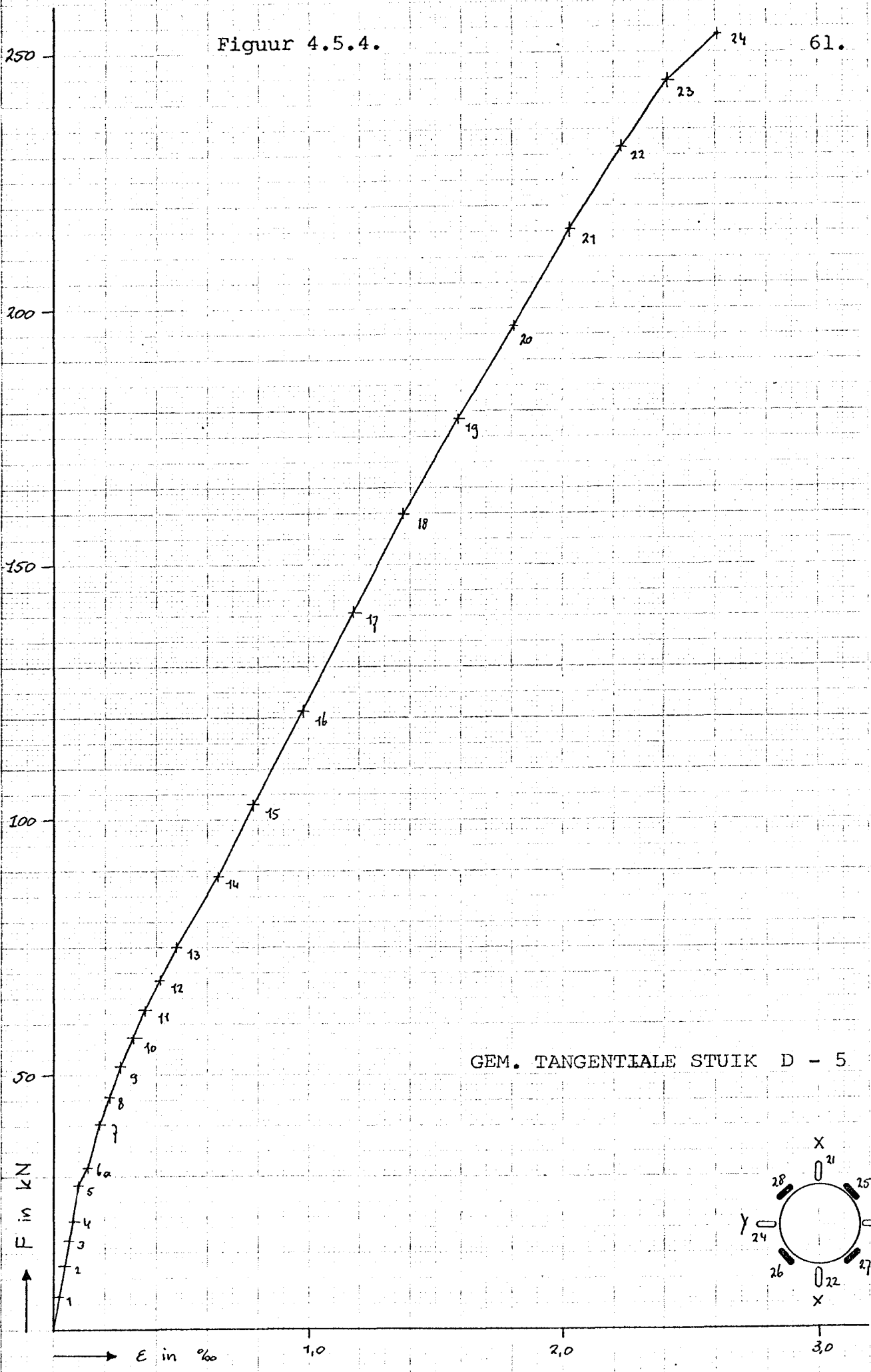


GEM. RADIALE STUIK
IN X- EN Y-RICHTING
D - 5

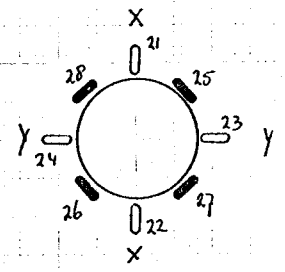


Figuur 4.5.4.

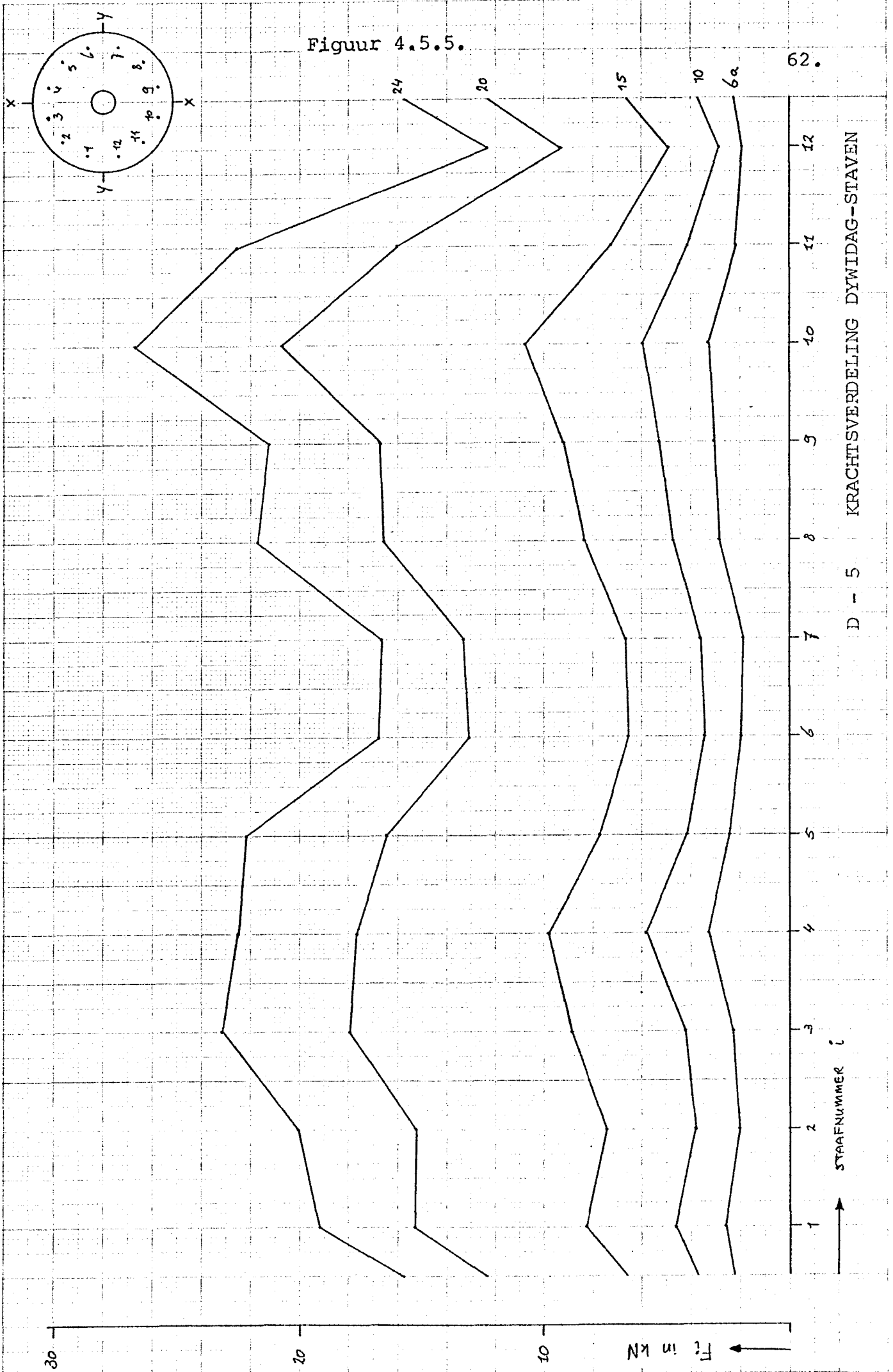
61.



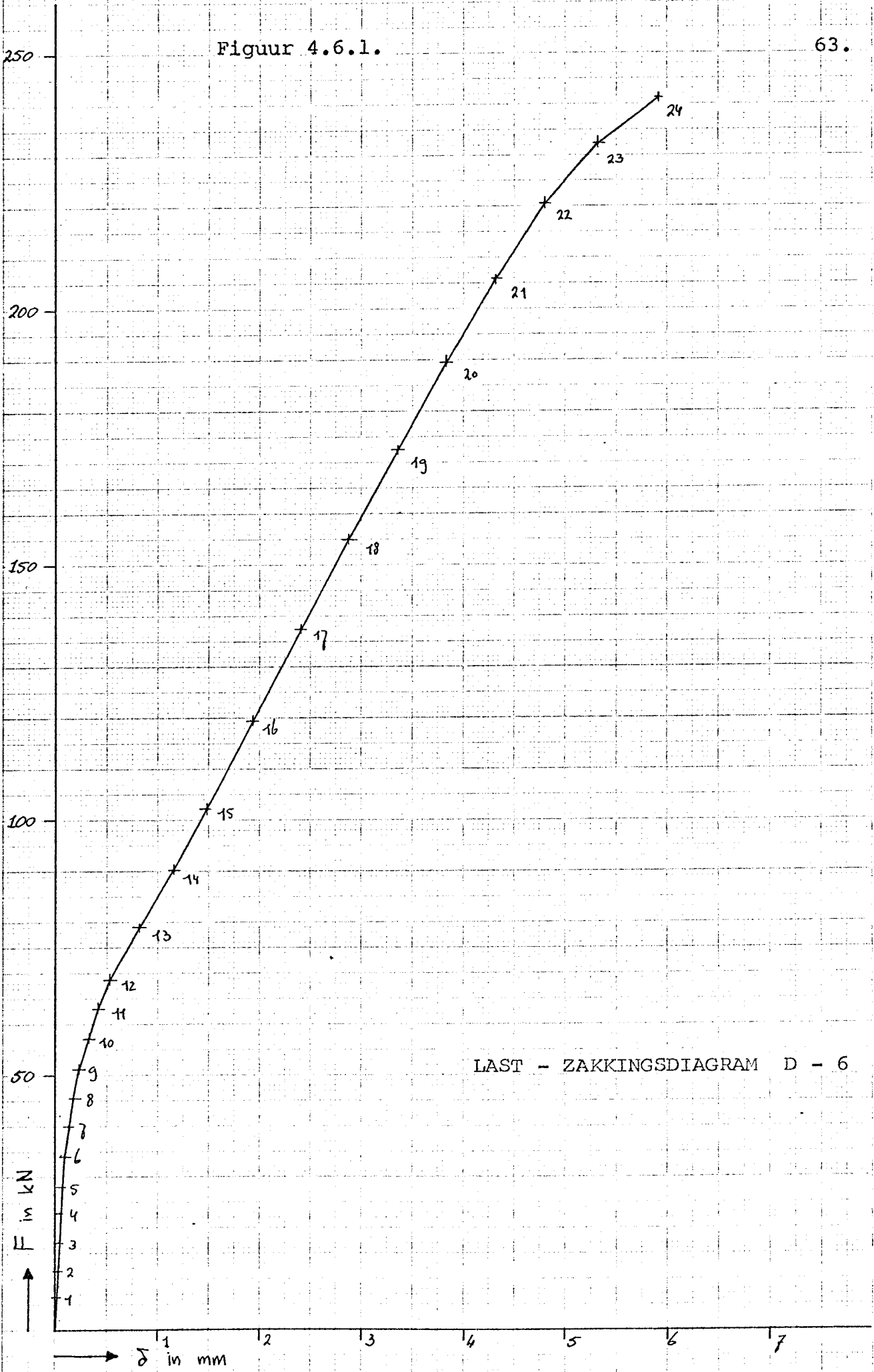
GEM. TANGENTIALE STUIK D - 5



Figuur 4.5.5.

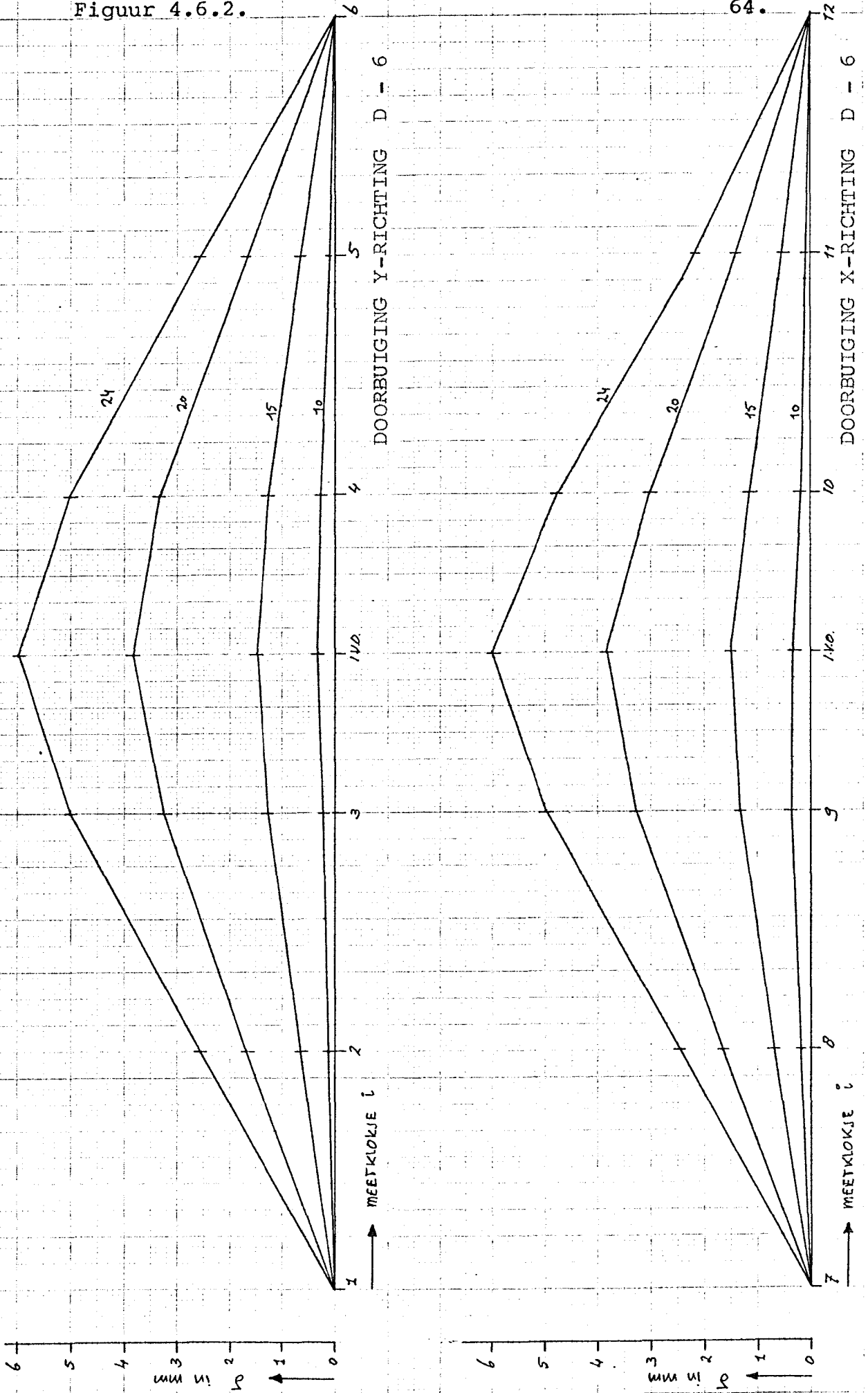


Figuur 4.6.1.

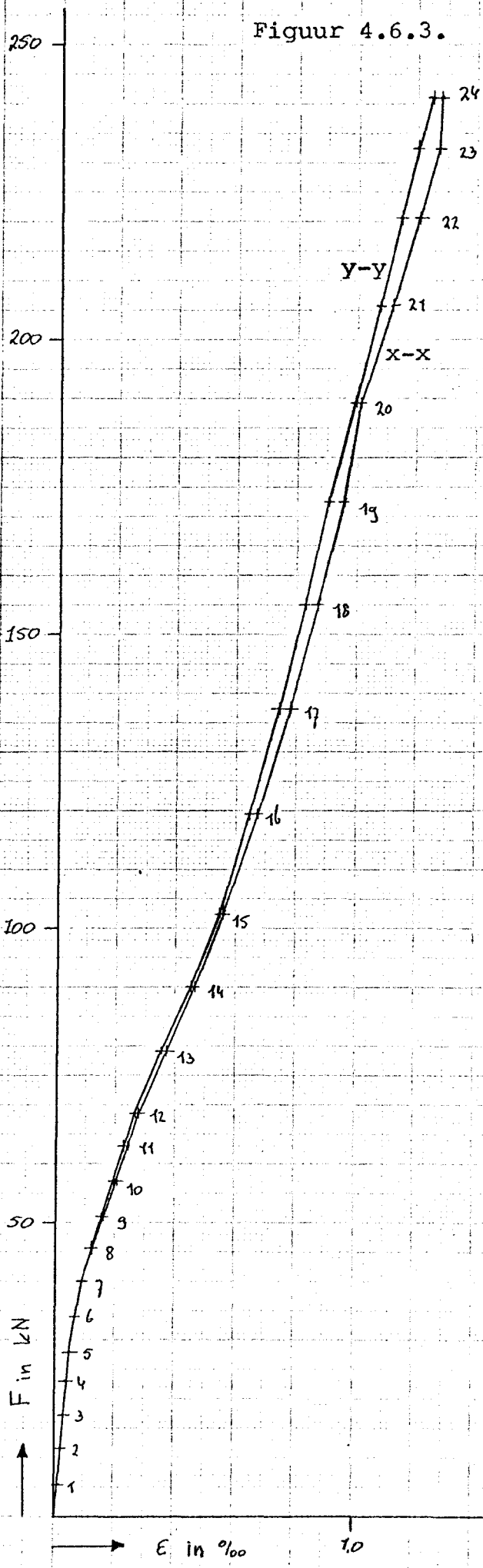


LAST - ZAKKINGSDIAGRAM D - 6

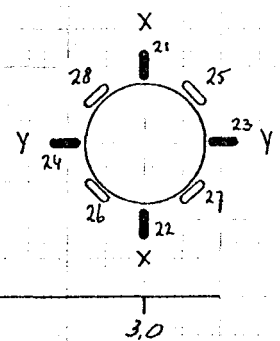
Figuur 4.6.2.



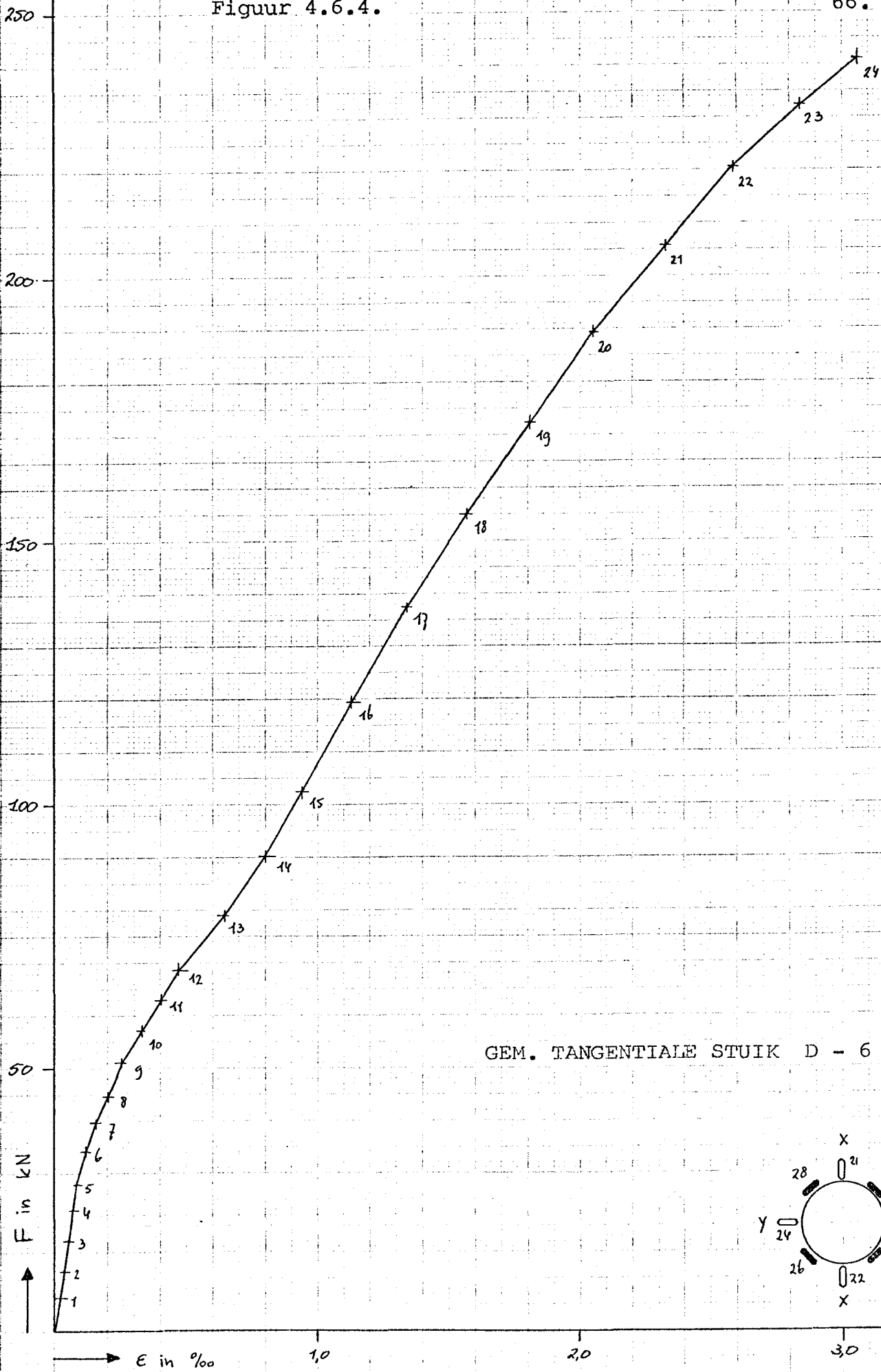
Figuur 4.6.3.



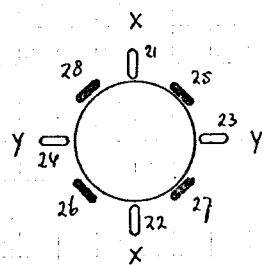
GEM. RADIALE STUIK
IN X- EN Y-RICHTING
D - 6

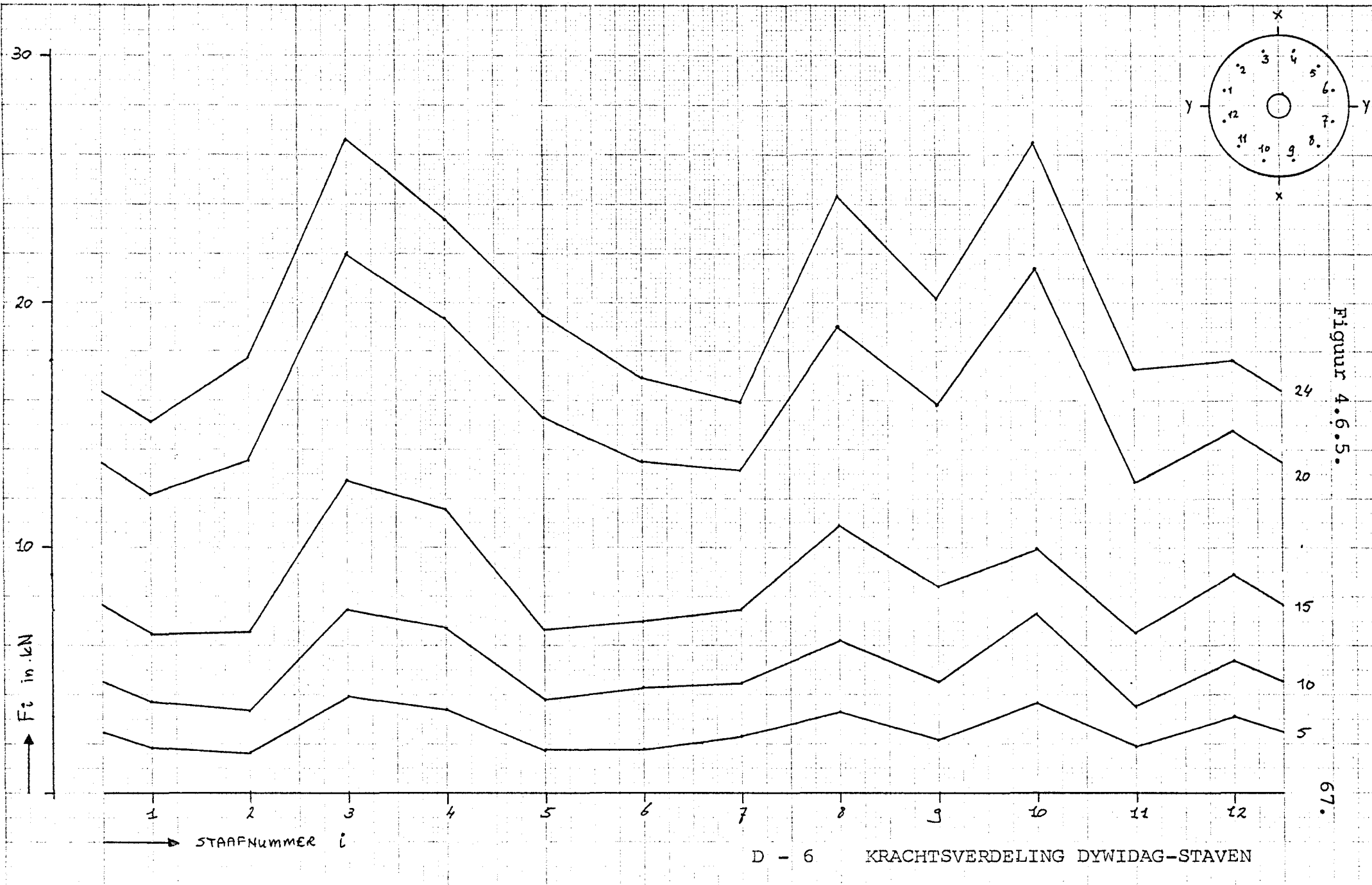


Figuur 4.6.4.



GEM. TANGENTIALE STUIK D - 6





Figuur 4.6.5.

67.

5.1. Resultaatverwerking

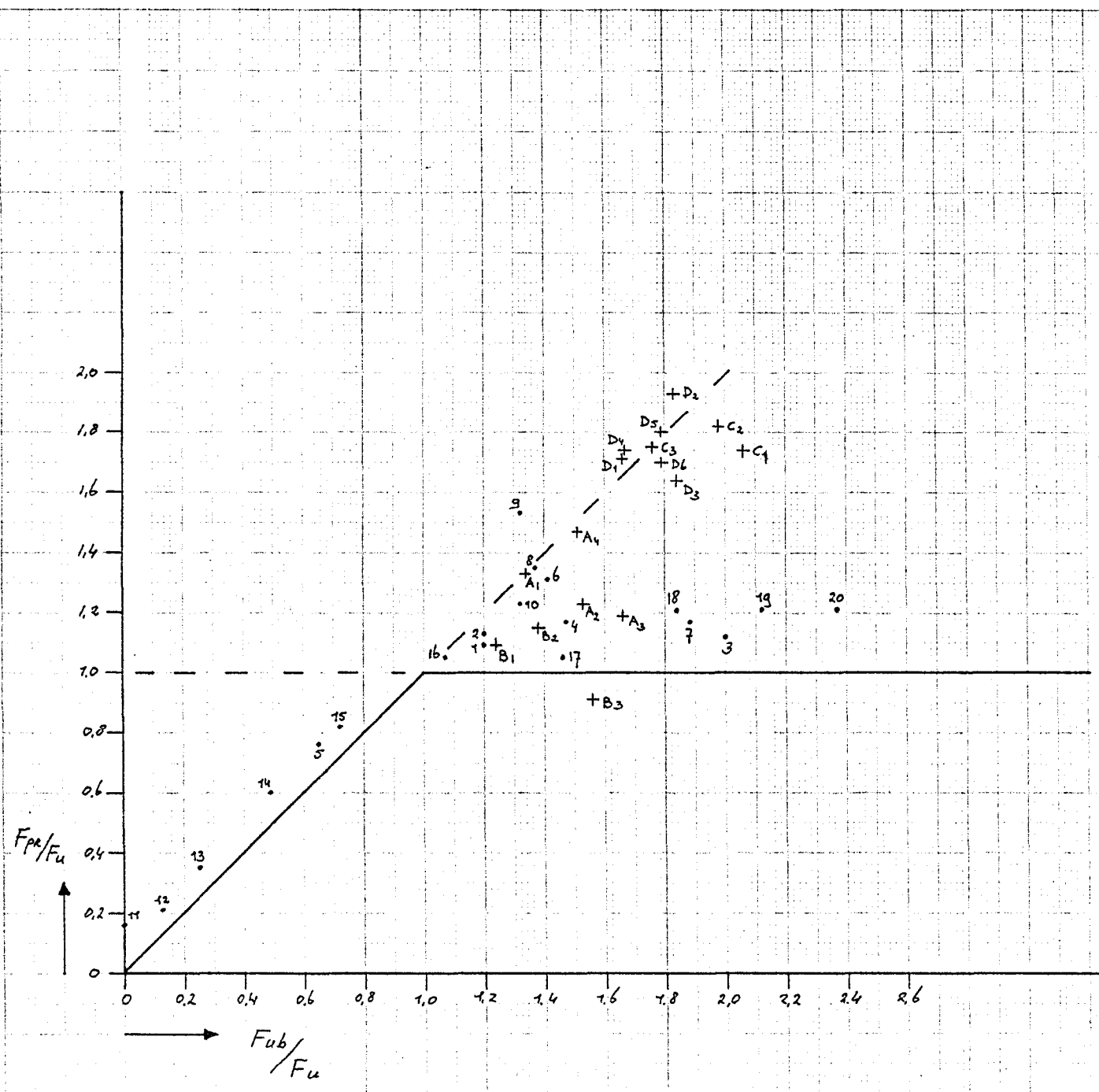
In tabel 5.1. en figuur 5.1. worden de proefstukken D1 tot en met D6 vergeleken met reeds eerder op de Technische Hogeschool te Eindhoven uitgevoerde ponsproeven A, B en C.

In figuur 5.1. is op de abcis uitgezet de verhouding van de berekende waarden F_{ub} en F_u en op de ordinaat de verhouding van de gemeten F_{pr} en de berekende F_u .

Uit de proeven uitgevoerd door IBBC-TNO blijkt dat bij platen met een laag wapeningspercentage momentbreuk zal optreden, zodat de bezwijkbelasting afhankelijk is van ω_0 . Boven een bepaald wapeningspercentage mag ponsbreuk verwacht worden, waarbij de grootte van ω_0 geen rol meer speelt. De grootte van ω_0 waarbij de voorkeur voor momentbreuk overgaat in ponsbreuk ligt ongeveer bij $\omega_0 = 1,0$:

	A.1.	A.2.	A.3.	A.4.	B.1.	B.2.	B.3.	C.1.	C.2.	C.3.	D.1.	D.2.	D.3.	D.4.	D.5.	D.6.	
f'_{cm}	35,9	27,7	22,5	28,0	32,5	26,1	18,9	28,8	31,4	39,4	46,7	41,2	40,6	44,4	41,6	41,7	N/mm^2
f_{bm}	2,87	2,06	1,97	2,35	2,37	2,00	1,85	2,43	2,45	2,65	3,25	2,79	2,79	3,09	3,13	2,59	N/mm^2
f_{bu}	2,80	2,39	2,13	2,40	2,63	2,31	1,95	2,44	2,57	2,97	3,34	3,06	3,03	3,22	3,08	3,09	N/mm^2
ω_m	1,00				1,00			1,39			1,496						%
h	75				75			75			70						mm
h_t	100				100			100			100						mm
l	800				2000			800			800						mm
d	150				150			150			150						mm
f_{em}	493	493	493	510	493	493	493	510	510	510	522,5	534,8	534,8	508,0	525,2	527,1	N/mm^2
ϕ_{kp}	---				---			10	12	12	6	6 44	6 8	10	10	10	mm
A_p	---				---			200	312	624	339,3	226,2 100,5	113,1 201,1	314,2	314,2	314,2	mm^2
f_{ep}	---				---			510	460	460	529,1	543,2 628,7	529,1 413,8	508,0	525,2	527,1	N/mm^2
F_{pr}	197	155	135	187	151	140	94	224	247	275	276,9	285,0	240,5	270,7	268,0	253,7	kN
F_{ub}	198	193	188	192	172	168	161	266	269	277	268,4	270,2	269,7	260,4	266,2	267,2	kN
F_u	148	126	113	127	139	122	103	129	136	157	161,6	148,0	146,6	155,8	149,0	149,5	kN
F_s								72	101	203	126,9	131,6	101,2	112,9	142,9	165,6	kN
F_{ut}	148	126	113	127	139	122	103	201	237	360	288,5	279,6	247,8	268,7	291,9	315,1	kN
$F_{s pr}$								45	69	117							kN

TABEL-5.1. Vergelijking ponsproeven TH Eindhoven.



• proeven uitgevoerd door IBBC - TNO
 + proeven uitgevoerd door TH Eindhoven
 8,9,10 op pons gewapend
 C en D op pons gewapend

Figuur 5.1.

5.2. Conclusies

De bezwijklast van proefstukken zonder ponswapening blijkt gemiddeld 20 % hoger te zijn als de waarde die volgt uit de berekeningsmethode van de CUR. Zie figuur 5.1.

Uitgaande hiervan zou men aan het beton in de totale bezwijklast een hogere waarde kunnen toekennen. In formule vorm betekent dit :

$$\bar{F}_u = 1,2 \cdot p \cdot h \cdot f_{bu}$$

De bezwijklast van proefstukken met ponswapening bestaat uit een betonaandeel F_u en een staalaandeel F_s . De vraag is nu hoe groot het staalaandeel in de bezwijkbelasting is. Om hierover enig idee te krijgen zijn de proefresultaten van de door ons uitgevoerde D-serie in een tweetal figuren verwerkt.

In figuur 5.2. is op de vertikaal uitgezet het verschil van de gemeten bezwijkbelasting F_{pr} en het aangenomen betonaandeel \bar{F}_u , zijnde het 'optredende staalaandeel' in verhouding met de totale kracht die door het staal opgenomen kan worden ($\bar{F}_s = A_{at} \cdot f_{ep}$).

Op de horizontale assen zijn uitgezet de variabelen n en α , resp. het aantal doorsnijdingen van de ponswapening met de periferie (fig.5.2.a.) en de hoek van de opgebogen wapening (fig.5.2.b.).

D 1 = 0,46

D 4 = 0,52

D 2 = 0,58

D 5 = 0,54

D 3 = 0,45

D 6 = 0,45

Gemiddelde : 0,50

Standaardafwijking : 0,055

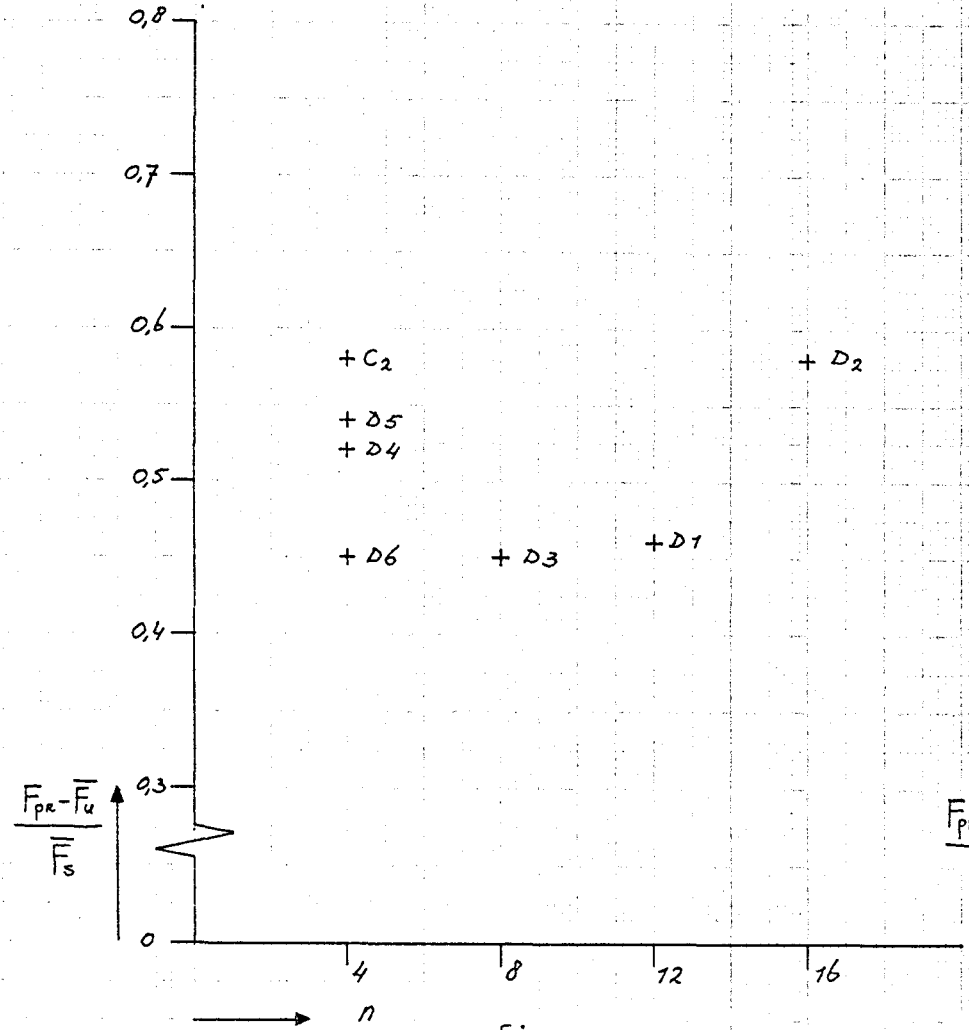
Proefstuk C 2 = 0,58.

F_{pr} : gemeten bezwijkbelasting

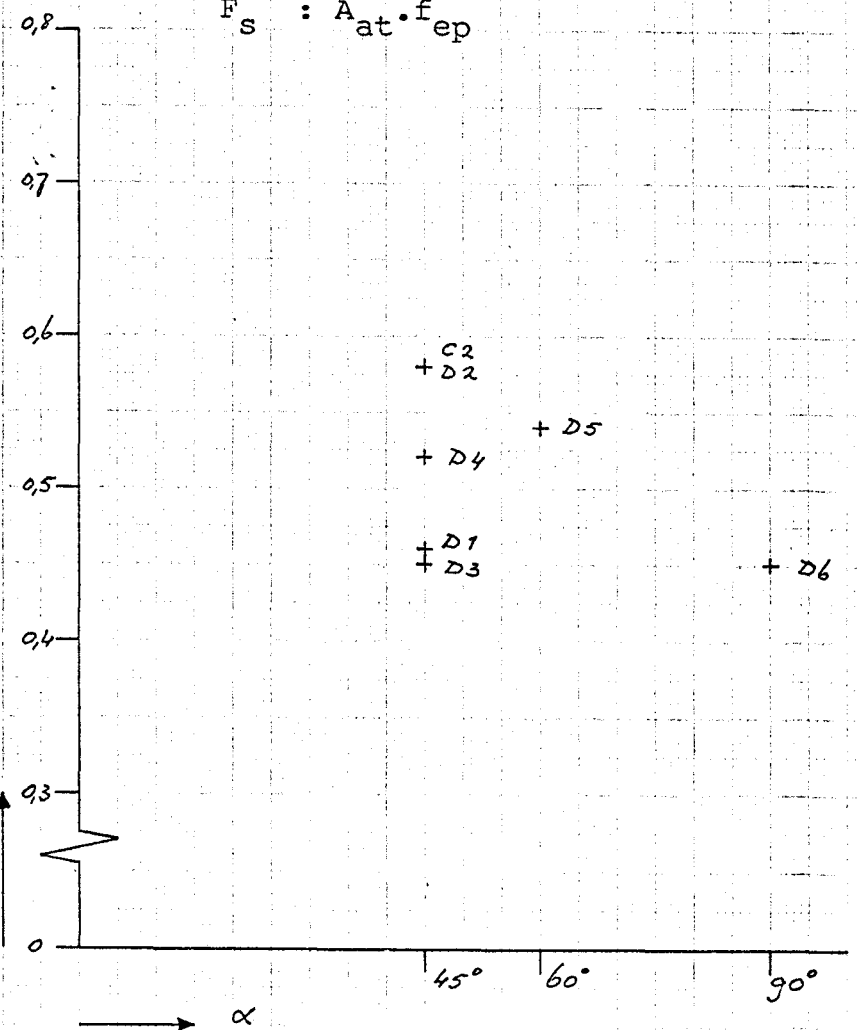
F_u : 1,2.p.h. f_{bu}

F_s : $A_{at} \cdot f_{ep}$

Figuur 5.2.



figuur a



figuur b

Uit deze figuren zou men een tweetal conclusies kunnen trekken. Als eerste blijkt uit figuur 5.2.b. dat de hoek van de opgebogen wapening nauwelijks invloed heeft op het staalaandeel van de bezwijklast.

Als tweede blijkt dat het aantal doorsnijdingen ook geen noemenswaardige vergroting van het staalaandeel bewerkstelligt.

Het uitgangspunt voor de D-serie is zoals vermeld in hoofdstuk 2 de proef C 2. Bij deze proef is door middel van metingen met rekstrookjes de grootte van de kracht in de ponswapening bepaald. Deze kracht bedroeg 69 kN; terwijl de totale door de ponswapening te leveren kracht een waarde had van $\bar{F}_s = A_{at} \cdot f_{ep} = 143$ kN.

Met andere woorden de gemeten optredende staalkracht was $0,48 \cdot \bar{F}_s$. Opvallend is dat bij de D-serie het staalaandeel ook gemiddeld 0,5 keer de kracht van de totaal door het staal te leveren kracht is.

Schrijven we nu de totale bezwijklast voor een op ponsgewapende plaat in formule vorm, dan lijkt het volgende te gelden :

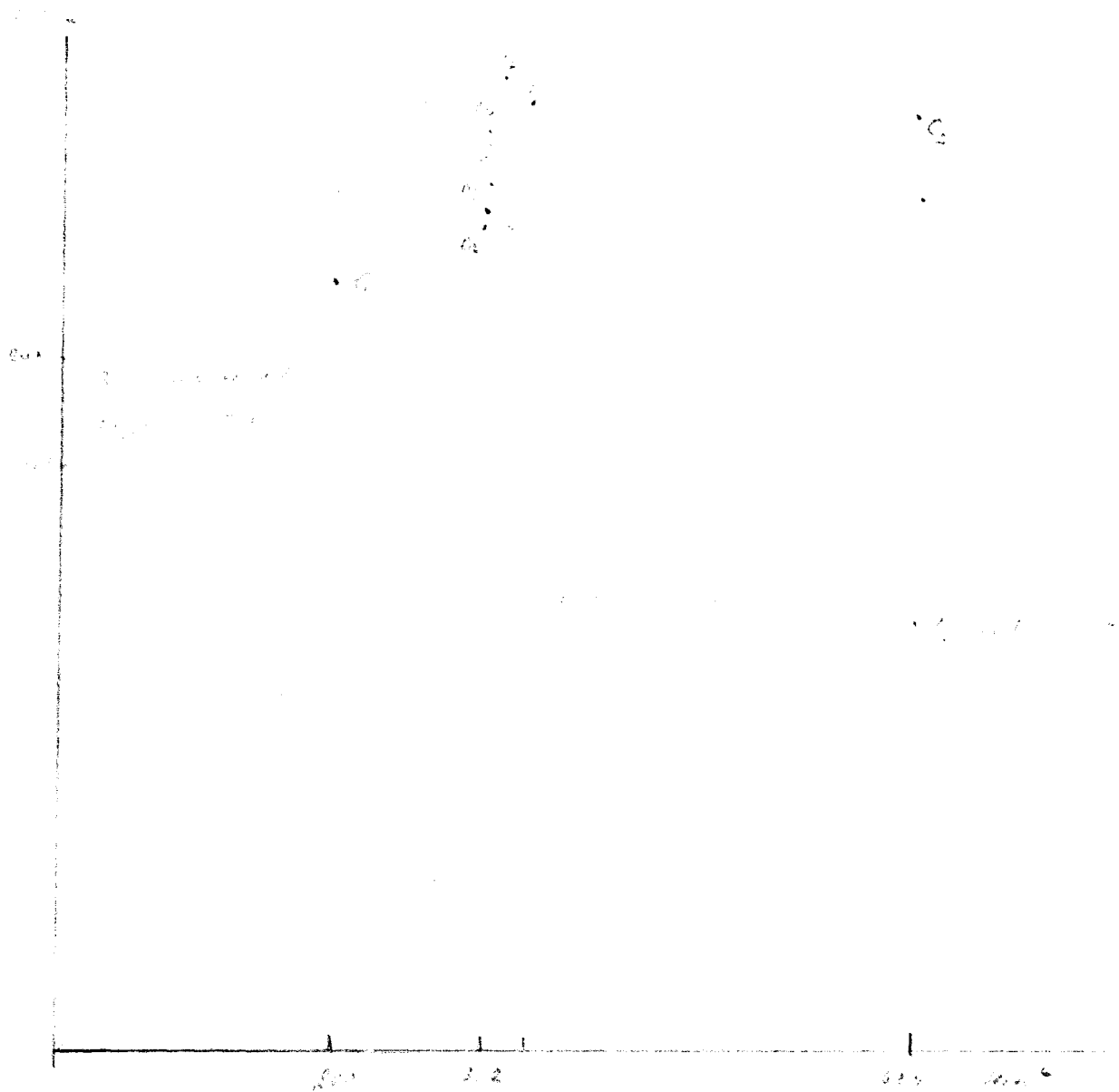
$$F_{ut} = 1,2 \cdot p \cdot h \cdot f_{bu} + 0,5 \cdot A_{at} \cdot f_{ep}$$

Bovenstaande formule geeft een zeer goede benadering voor de waarde van de bezwijklast bij proeven van op pons gewapende platen.

Literatuurlijst

- 1 - CUR - Rapport 65 Pons
- 2 - CUR - Rapport 84 Pons bij midden-, rand- en hoekkolommen
- 3 - H.P. Andrä
Dübelleisten zur Verhinderung des Durchstanzens bei hochbelasteten Flachdecken
Die Bautechnik 7 / 1979
- 4 - H.P. Andrä
Zum Tragverhalten von Flachdecken mit Dübelleistenbewehrung im Auflagerbereich
Beton- und Stahlbetonbau 3 en 4 / 1981
- 5 - W. Fuchssteiner en Odd.W. Olsen.
Gedanken über das Durchstanzens - Folgen Risse den Trajektoriën ?
Beton- und Stahlbetonbau 7 / 1980
- 6 - H. Dieterle
Zur Bemessung von Fundamentplatten ohne Schubbewehrung
Beton- und Stahlbetonbau 2 / 1978
- 7 - K. Stiglat en J. Steiner
Durchstanzens von mit Dübelleisten verstärkten Flachdecken, die auf Stahlstützen aufliegen
Beton- und Stahlbetonbau 10 / 1980

- 8 - E. Bouma, W.M. Faas en W. Hulst
Pons bij vlakke vrijdragende gewapende plaat-
vloeren
STUVO - Rapport augustus 1979
- 9 - Publication SP 42 ACI
Shear in reinforced concrete Volume 2
- 10 - G. v.d. Berg en E. Hermsen
Ponswapening
Afstudeerverslag TH Eindhoven juni 1981



The following table shows the results of the experiment. The data points are plotted on the graph above. The x-axis represents the independent variable, and the y-axis represents the dependent variable. The data points are as follows:

x	y
1.1	0.7
1.15	0.75
1.2	0.65
1.25	0.7
1.3	0.8
1.35	0.7
1.4	0.6
1.45	0.75
1.5	0.7
1.0	0.4
1.5	0.7

TABEL : LAST - ZAKKINGSDIAGRAM PROEF D 1.

bel. stap	Kracht in kN	I.V.O. in mm	nulvlak in mm	I.V.O.-nulvlak in mm
1	3,24	0,000	0,000	0,000
2	5,94	0,016	0,000	0,016
4	12,00	0,048	0,003	0,045
6	17,22	0,092	0,040	0,052
8	24,48	0,146	0,073	0,073
10	29,76	0,208	0,110	0,098
11	35,76	0,280	0,160	0,120
12	40,32	0,360	0,233	0,127
13	46,98	0,474	0,278	0,196
14	53,34	0,594	0,328	0,266
15	59,04	0,734	0,403	0,331
16	64,50	0,886	0,465	0,421
17	78,96	1,328	0,635	0,693
18	90,30	1,772	0,753	1,019
19	104,04	2,160	0,858	1,302
20	118,32	2,552	0,965	1,587
21	132,42	2,946	1,108	1,838
22	151,50	3,548	1,230	2,318
23	171,06	4,146	1,435	2,711
24	191,52	4,806	1,585	3,221
25	210,54	5,366	1,703	3,663
26	228,36	6,004	1,860	4,144
27	244,44	6,594	1,960	4,634
28	253,86	7,182	2,103	5,025
29	262,20	7,820	2,158	5,662
top	276,9			

TABEL : DOORBUIGING IN MM. PROEF D 1.

bel. stap	meet- klok 2	meet- klok 3	meet- klok 4	meet- klok 5	meet- klok 8	meet- klok 9	meet- klok 10	meet- klok 11
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,000	-0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	-0,002	0,006	0,014	0,002	0,020	0,010	0,010	0,000
6	-0,026	0,009	0,011	-0,004	0,029	0,019	0,001	0,001
8	-0,001	0,038	0,043	0,021	0,051	0,041	0,009	0,019
10	-0,003	0,064	0,056	0,033	0,072	0,084	0,036	0,038
11	0,005	0,080	0,080	0,045	0,091	0,093	0,038	0,029
12	0,025	0,130	0,120	0,075	0,107	0,134	0,106	0,093
13	0,051	0,163	0,168	0,099	0,124	0,189	0,121	0,096
14	0,089	0,249	0,241	0,121	0,184	0,268	0,183	0,136
15	0,121	0,313	0,318	0,169	0,209	0,329	0,241	0,151
16	0,145	0,380	0,380	0,205	0,249	0,408	0,333	0,211
17	0,333	0,736	0,694	0,377	0,397	0,684	0,616	0,363
18	0,491	0,973	0,948	0,539	0,523	0,956	0,854	0,487
19	0,655	1,290	1,260	0,685	0,681	1,231	1,139	0,649
20	0,791	1,573	1,538	0,839	0,809	1,478	1,343	0,751
21	0,949	1,798	1,793	0,991	0,931	1,731	1,599	0,919
22	1,188	2,265	2,215	1,213	1,143	2,105	1,985	1,098
23	1,356	2,663	2,638	1,424	1,341	2,473	2,348	1,269
24	1,627	3,104	3,056	1,657	1,544	2,879	2,771	1,536
25	1,841	3,563	3,488	1,889	1,733	3,286	3,154	1,697
26	2,095	3,980	3,900	2,085	1,938	3,665	3,535	1,883
27	2,329	4,438	4,393	2,341	2,174	4,088	3,983	2,116
28	2,523	4,865	4,765	2,538	2,324	4,489	4,381	2,286
29	2,787	5,404	5,276	2,793	2,570	4,960	4,780	2,500

TABEL : RADIALE EN TANGENTIALE STUIK PROEF D 1.

Bel. stap	Kracht in kN	Radiaal $\frac{\epsilon_{21} + \epsilon_{22}}{2}$ in ‰	Radiaal $\frac{\epsilon_{23} + \epsilon_{24}}{2}$ in ‰	Tangentiaal $\frac{\epsilon_{25} + \epsilon_{26} + \epsilon_{27} + \epsilon_{28}}{4}$ in ‰
1	3,24	0,016	0,015	0,021
2	5,94	0,031	0,030	0,039
4	12,00	0,050	0,046	0,067
6	17,22	0,069	0,064	0,096
8	24,48	0,113	0,106	0,148
10	29,76	0,133	0,124	0,178
11	35,76	0,153	0,143	0,214
12	40,32	0,172	0,162	0,249
13	46,98	0,195	0,188	0,293
14	53,34	0,224	0,219	0,345
15	59,04	0,255	0,250	0,403
16	64,50	0,290	0,282	0,464
17	78,96	0,396	0,392	0,645
18	90,30	0,480	0,466	0,775
19	104,04	0,562	0,536	0,903
20	118,32	0,647	0,598	1,028
21	132,42	0,733	0,662	1,150
22	151,50	0,850	0,756	1,332
23	171,06	0,988	0,870	1,519
24	191,52	1,118	0,998	1,709
25	210,54	1,252	1,147	1,903
26	228,36	1,392	1,308	2,107
27	244,44	1,538	1,470	2,310
28	253,86	1,671	1,616	2,497
29	262,20	1,830	1,738	2,711

TABEL : VERDELING VAN DE KRACHT OVER DE STAVEN
EENHEID : N PROEF D 1.

Staaf- nummer	Bel. stap 10	Bel. stap 15	Bel. stap 20	Bel. stap 25	Bel. stap 29
1	2054	4277	8386	15088	18254
2	3301	5220	10036	18322	23205
3	2997	5658	11080	20208	24316
4	2964	5894	11485	20814	25495
5	2391	4648	9228	16267	20477
6	2391	4816	9498	17109	20982
7	2391	4042	7814	14583	17547
8	2257	4075	7881	14179	17951
9	2930	5658	11451	20578	24990
10	2661	5355	10811	19298	23441
11	2997	5355	10373	18860	23912
12	2257	4917	9902	17884	21454
Tot.	31591	59915	117945	203086	262025
Kracht k.m.d.	29760	59040	118320	210540	262200

Bel. stap	begin tijd	kracht meetd.	ind.verp opnemer		tijd van meting	kracht meetd.	ind.verp opnemer		eind tijd	kracht meetd.	ind.verp opnemer		PROEF D - 2
0													
1					10.33	111	5048		10.39	113	5049		
2	10.39	206	5035		10.44	188	5036		10.48	183	5034		
3	10.49	303	5012		10.52	278	5013		10.57	263	5011		
4	10.58	400	4982		11.02	373	4982		11.07	361	4974		
5	11.09	502	4948		11.13	474	4938		11.30	453	4937		
6	11.31	608	4909		11.34	589	4906		11.43	570	4899		
7	11.44	705	4847		11.48	674	4871		11.56	661	4861		
8	11.56	805	4831		12.00	766	4821		12.10	750	4803	foto	
9	12.10	900	4768		12.15	854	4755		12.30	833	4746	foto	
10	12.30	1001	4705		12.36	946	4692		12.48	929	4680	----	
11	12.52	1102	4638		12.56	1042	4621		13.04	1021	4608	foto	
12	13.04	1256	4500		13.09	1205	4481		13.18	1180	4459	foto	
13	13.19	1490	4300		13.24	1421	4272		13.32	1401	4254	foto	
14	13.32	1723	4100		13.36	1655	4076		13.46	1618	4054	foto	
15	13.46	1923	3900		13.51	1845	3862		14.02	1821	3861	foto	
16	14.04	2140	3700		14.08	2071	3687		14.17	2040	3665	foto	
17	14.18	2501	3400		14.23	2404	3372		14.28	2381	3344	foto	
18	14.29	2835	3100		14.34	2736	3075		14.39	2711	3049	foto	
19	14.42	3158	2800		14.47	3058	2778		14.57	3017	2743	foto	
20	15.00	3469	2500		15.05	3369	2476		15.08	3348	2455	----	
21	15.09	3812	2200		15.14	3692	2165		15.18			foto	
22	15.18	4085	1900		15.23	3962	1876		15.28	3933	1850	foto	
23	15.29	4323	1600		15.34	4202	1576		15.36	4181	1549	----	
24	15.37	4505	1300		15.42	4370	1265		15.46	4343	1245	foto	
25	15.46	4650	1000		15.51	4522	957		15.54	4493	933	----	
26	15.54	4750	700	26 a	15.59	2648	341						

TABEL : LAST - ZAKKINGSDIAGRAM PROEF D 2.

bel. stap	Kracht in kN	I.V.O. in mm	nulvlak in mm	I.V.O.-nulvlak in mm
1	6,66	0,000	0,000	0,000
2	11,28	0,024	0,010	0,014
3	16,68	0,070	0,028	0,042
4	22,38	0,132	0,085	0,047
5	28,44	0,220	0,145	0,075
6	35,34	0,284	0,193	0,091
7	40,44	0,354	0,258	0,096
8	45,96	0,454	0,340	0,114
9	51,24	0,586	0,370	0,216
10	56,76	0,712	0,413	0,299
11	62,52	0,854	0,460	0,394
12	72,30	1,134	0,565	0,569
13	85,26	1,552	0,695	0,857
14	99,30	1,944	0,790	1,154
15	110,70	2,372	0,895	1,477
16	124,26	2,722	0,995	1,727
17	144,24	3,352	1,155	2,197
18	164,16	3,946	1,293	2,653
19	183,48	4,540	1,433	3,107
20	202,14	5,144	1,570	3,574
21	221,52	5,766	1,700	4,066
22	237,72	6,344	1,820	4,524
23	252,12	6,944	1,928	5,016
24	262,20	7,566	2,000	5,566
25	271,32	8,182	2,063	6,119
top	285,9			

TABEL : DOORBUIGING IN MM. PROEF D 2.

bel. stap	meet- klok 2	meet- klok 3	meet- klok 4	meet- klok 5	meet- klok 8	meet- klok 9	meet- klok 10	meet- klok 11
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	-0,008	0,004	0,006	-0,002	0,002	0,004	0,006	0,008
3	0,002	0,034	0,036	0,038	-0,023	0,015	0,025	-0,008
4	-0,004	0,023	0,028	0,014	-0,065	0,040	0,040	0,005
5	0,016	0,053	0,058	0,014	-0,018	0,065	0,065	0,018
6	0,024	0,059	0,071	0,046	0,000	0,100	0,080	0,020
7	0,026	0,073	0,088	0,034	-0,014	0,101	0,099	0,014
8	0,051	0,121	0,129	0,089	0,033	0,136	0,114	0,027
9	0,081	0,181	0,199	0,109	0,033	0,196	0,174	0,057
10	0,129	0,258	0,283	0,161	0,097	0,264	0,246	0,123
11	0,169	0,338	0,373	0,201	0,119	0,368	0,313	0,151
12	0,253	0,496	0,544	0,317	0,247	0,524	0,446	0,193
13	0,397	0,784	0,826	0,433	0,287	0,754	0,696	0,363
14	0,527	1,034	1,106	0,633	0,478	1,016	0,924	0,462
15	0,779	1,319	1,371	0,761	0,572	1,274	1,176	0,598
16	0,831	1,593	1,648	0,899	0,710	1,490	1,400	0,740
17	1,056	2,021	2,099	1,164	1,014	1,889	1,791	0,936
18	1,249	2,419	2,531	1,311	1,224	2,288	2,183	1,166
19	1,476	2,821	2,939	1,594	1,414	2,668	2,523	1,336
20	1,678	3,206	3,354	1,752	1,616	3,071	2,919	1,554
21	1,913	3,655	3,805	2,018	1,808	3,485	3,315	1,723
22	2,098	4,046	4,214	2,222	2,003	3,866	3,684	1,917
23	2,336	4,483	4,668	2,414	2,189	4,289	4,081	2,121
24	2,554	4,929	5,131	2,646	2,449	4,729	4,541	2,341
25	2,793	5,394	5,636	2,933	2,645	5,190	5,000	2,595

TABEL : RADIALE EN TANGENTIALE STUIK PROEF D 2.

Bel. stap	Kracht in kN	Radiaal $\frac{\epsilon_{21} + \epsilon_{12}}{2}$ in %	Radiaal $\frac{\epsilon_{23} + \epsilon_{24}}{2}$ in %	Tangentiaal $\frac{\epsilon_{25} + \epsilon_{26} + \epsilon_{27} + \epsilon_{28}}{4}$ in %
1	6,66	0,014	0,015	0,022
2	11,28	0,028	0,031	0,045
3	16,68	0,037	0,040	0,061
4	22,38	0,042	0,050	0,078
5	28,44	0,064	0,070	0,104
6	35,34	0,083	0,088	0,133
7	40,44	0,098	0,106	0,160
8	45,96	0,123	0,138	0,200
9	51,24	0,148	0,174	0,247
10	56,76	0,179	0,214	0,302
11	62,52	0,219	0,255	0,360
12	72,30	0,294	0,329	0,464
13	85,26	0,397	0,432	0,604
14	99,30	0,493	0,537	0,731
15	110,70	0,569	0,623	0,848
16	124,26	0,650	0,715	0,972
17	144,24	0,764	0,853	1,162
18	164,16	0,864	0,986	1,346
19	183,48	0,961	1,105	1,538
20	202,14	1,062	1,215	1,732
21	221,52	1,169	1,319	1,945
22	237,72	1,272	1,409	2,136
23	252,12	1,384	1,503	2,367
24	262,20	1,505	1,590	2,565
25	271,32	1,604	1,671	2,749

TABEL : VERDELING VAN DE KRACHT OVER DE STAVEN

EENHEID : KN PROEF D 2.

Staaf- nummer	Bel. stap 5	Bel. stap 10	Bel. stap 15	Bel. stap 20	Bel. stap 25
1	2155	4244	8218	14213	18456
2	2257	4547	9801	17850	24316
3	2694	5961	12495	22262	29133
4	2863	5624	10946	19231	25259
5	1886	3772	7275	13337	18389
6	2223	4479	8891	15829	20982
7	2054	4277	8285	13808	17075
8	2324	4277	8285	15223	21555
9	2290	5355	11720	21151	27718
10	2122	4378	8959	16941	23070
11	2627	5557	10912	18827	24855
12	2728	4749	9632	13977	17884
Tot.	28223	57220	115419	202649	268692
Kracht k.m.d.	28440	56760	110700	202140	271320

Bel. stap	begin tijd	kracht meetd.	ind.verp opnemer		tijd van meting	kracht meetd.	ind.verp opnemer		eind tijd	kracht meetd.	ind.verp opnemer		PROEF D - 3
0													
1					10.46	106	2859		10.49	108	2859		
2	10.50	203	2845		10.52	196	2844		10.55	188	2842		
3	10.57	304	2824		10.59	292	2823		11.11	273	2819		
4	11.11	406	2797		11.14	384	2797		11.18	376	2787		
5	11.19	505	2763		11.21	479	2759		11.38	455	2750	foto	
6	11.39	605	2722		11.43	570	2710		11.50	555	2700	foto	
7	11.50	708	2669		11.53	676	2667		12.07	646	2645	foto	
8	12.08	820	2609		12.11	776	2594		12.22	751	2583	foto	
9	12.23	909	2554		12.28	861	2538		12.39	844	2520	foto	
10	12.40	1007	2489		13.24	930	2474		13.29	921	2488	foto	
11	13.30	1116	2454		13.35	1055	2438		13.41	1040	2434	foto	
12	13.42	1207	2400		13.47	1143	2387		13.53	1125	2378	foto	
13	13.53	1441	2200		14.03	1343	2162		14.08	1336	2147	foto	
14	14.13	1673	2000		14.18	1585	1956		14.27	1559	1932	foto	
15	14.28	1980	1655		14.33	1915	1638		14.43	1883	1610	foto	
16	14.44	2291	1400		14.49	2204	1366		14.59	2171	1339	----	
17	15.00	2612	1100		15.05	2518	1080		15.13	2485	1050	foto	
18	15.13	2942	800		15.18	2838	771		15.26	2803	743	foto	
19	15.27	3264	500		15.32	3153	470		15.37	3125	445	----	
20	15.38	3556	200		15.42	3447	169		15.45	3422	144	----	
21	15.46	3837	- 100		15.50	3710	- 149		15.54	3686	- 172	foto	
22	15.55	4008	- 400										
				22 a	15.58	3052	- 827					foto	

bijlage
 4.3.0.

TABEL : LAST - ZAKKINGSDIAGRAM PROEF D 3.

bel. stap	Kracht in kN	I.V.O. in mm	nulvlak in mm	I.V.O.-nulvlak in mm
1	6,36	0,000	0,000	0,000
2	11,76	0,030	0,008	0,022
3	17,52	0,072	0,033	0,039
4	23,04	0,124	0,075	0,049
5	28,74	0,200	0,125	0,075
6	34,20	0,298	0,198	0,100
7	40,56	0,384	0,270	0,114
8	46,56	0,530	0,325	0,205
9	51,66	0,642	0,388	0,254
10	55,80	0,770	0,448	0,322
11	63,30	0,842	0,460	0,382
12	68,58	0,944	0,490	0,454
13	80,58	1,394	0,595	0,799
14	95,10	1,806	0,703	1,103
15	114,90	2,442	0,870	1,572
16	132,24	2,986	0,998	1,988
17	151,08	3,558	1,138	2,420
18	170,28	4,176	1,275	2,901
19	189,18	4,778	1,405	3,373
20	206,82	5,380	1,505	3,875
21	222,60	6,016	1,603	4,413
top	240,5			

TABEL : DOORBUIGING IN MM. PROEF D 3.

bel. stap	meet- klok 2	meet- klok 3	meet- klok 4	meet- klok 5	meet- klok 8	meet- klok 9	meet- klok 10	meet- klok 11
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,008	0,006	0,014	0,012	0,020	0,000	0,010	0,000
3	0,014	0,019	0,041	0,036	0,028	0,005	0,005	0,003
4	0,029	0,038	0,063	0,051	0,031	0,013	-0,003	-0,001
5	0,025	0,060	0,070	0,075	0,035	0,020	0,010	0,005
6	0,046	0,091	0,099	0,064	0,035	0,040	0,060	0,015
7	0,079	0,129	0,141	0,091	0,051	0,071	0,079	0,029
8	0,088	0,186	0,194	0,122	0,084	0,129	0,111	0,046
9	0,121	0,241	0,249	0,149	0,103	0,185	0,145	0,068
10	0,143	0,296	0,304	0,177	0,123	0,245	0,185	0,088
11	0,179	0,269	0,391	0,251	0,152	0,284	0,216	0,088
12	0,224	0,458	0,473	0,296	0,195	0,360	0,250	0,115
13	0,408	0,806	0,804	0,482	0,348	0,676	0,514	0,272
14	0,554	1,089	1,111	0,636	0,474	1,048	0,723	0,376
15	0,776	1,533	1,558	0,864	0,676	1,303	1,118	0,584
16	0,981	1,891	1,929	1,059	0,850	1,670	1,490	0,760
17	1,195	2,300	2,320	1,255	1,018	2,016	1,804	0,932
18	1,435	2,740	2,760	1,485	1,224	2,408	2,193	1,136
19	1,661	3,173	3,198	1,739	1,421	2,813	2,578	1,299
20	1,873	3,596	3,644	1,957	1,616	3,211	2,959	1,504
21	2,101	4,033	4,088	2,199	1,816	3,621	3,349	1,704

TABEL : RADIALE EN TANGENTIALE STUIK PROEF D 3.

Bel. stap	Kracht in kN	Radiaal $\frac{\epsilon_{21} + \epsilon_{22}}{2}$ in ‰	Radiaal $\frac{\epsilon_{23} + \epsilon_{24}}{2}$ in ‰	Tangentiaal $\frac{\epsilon_{25} + \epsilon_{26} + \epsilon_{27} + \epsilon_{28}}{4}$ in ‰
1	6,36	0,016	0,021	0,031
2	11,76	0,023	0,029	0,045
3	17,52	0,030	0,038	0,061
4	23,04	0,037	0,049	0,079
5	28,74	0,049	0,064	0,102
6	34,20	0,067	0,087	0,135
7	40,56	0,085	0,111	0,169
8	46,56	0,109	0,144	0,214
9	51,66	0,131	0,176	0,256
10	55,80	0,159	0,210	0,302
11	63,30	0,199	0,254	0,365
12	68,58	0,238	0,297	0,423
13	80,58	0,347	0,410	0,607
14	95,10	0,446	0,498	0,756
15	114,90	0,565	0,613	0,974
16	132,24	0,658	0,720	1,165
17	151,08	0,750	0,836	1,365
18	170,28	0,843	0,979	1,592
19	189,18	0,942	1,137	1,763
20	206,82	1,029	1,263	2,049
21	222,60	1,132	1,399	2,294

TABEL : VERDELING VAN DE KRACHT OVER DE STAVEN
EENHEID : N PROEF D 3,

Staaf- nummer	Bel. stap 6	Bel. stap 11	Bel. stap 16	Bel. stap 21
1	3806	6197	11182	17547
2	2189	4580	10542	17884
3	3772	6803	14280	23003
4	2863	5153	11451	19568
5	2189	3873	9262	16873
6	2694	4446	9127	15695
7	3536	5961	11249	17715
8	3098	5153	10643	17480
9	2088	4210	9868	17042
10	2795	4985	11821	20645
11	3839	6365	12630	20713
12	3200	5456	10710	17042
Tot.	36069	63182	132765	221207
Kracht k.m.d.	34200	63300	132240	222600

Bel. stap	begin tijd	kracht meetd.	ind.verp opnemer	□□□	tijd van meting	kracht meetd.	ind.verp opnemer		eind tijd	kracht meetd.	ind.verp opnemer		PROEF D - 4
0													
1					9.39	106	117		9.43	106	116		
2	9.44	203	125		9.46	192	125		9.52	179	127		
3	9.52	302	143		9.54	288	143		10.00	268	146		
4	10.00	406	166		10.02	382	166		10.10	351	172		
5	10.11	505	195		10.14	464	195		10.19	445	207		
6	10.20	603	238		10.23	548	244		10.30	524	254		
7	10.30	700	291		10.33	658	303		10.40	621	318		
8	10.41	802	354		10.44	748	358		10.58	705	384	foto	
9	10.59	907	422		11.03	844	435		11.12	817	449	foto	
10	11.12	1005	486		11.17	943	491		11.37	899	516	foto	
11	11.38	1107	558		11.43	1044	596		12.00	1008	593	foto	
12	12.00	1205	632		12.05	1147	640		12.18	1110	662	foto	
13	12.20	1476	852		12.25	1379	868		12.41	1324	901	foto	
14	12.43	1695	1052		12.48	1595	1078		12.57	1557	1102	foto	
15	12.58	1880	1252		13.03	1795	1263		13.22	1738	1265	foto	
16	13.29	2120	1400		13.34	2013	1430		13.44	1977	1454	foto	
17	13.45	2435	1700		13.50	2315	1722		13.53	2272	1748	foto	
18	14.02	2763	2000		14.07	2643	2021		14.18	2594	2048	foto	
19	14.19	3096	2300		14.24	2983	2327		14.33	2931	2356	foto	
20	14.34	3411	2600		14.39	3280	2632		14.46	3242	2657		
21	14.47	3712	2900		14.52	3557	2935		15.00	3528	2963	foto	
22	15.00	3949	3200		15.05	3832	3216		15.12	3790	3245	foto	
23	15.12	4240	3500		15.17	4096	3561		15.20	4061	3582		
24	15.20	4412	3800		15.25	4249	3863		15.29	4209	3889		
25	15.29	4512	4100	25a	15.29	2549	4613						

bijlage
 4.4.0.

Bel. stap	klokje 1	klokje 2	klokje 3	klokje 4	klokje 5	klokje 6	klokje 7	klokje 8	klokje 9	klokje 10	klokje 11	klokje 12	PROEF D - 4
0													
1	22,70	21,32	32,20	21,62	19,38	13,64	27,84	34,75	26,64	17,68	34,46	24,56	
2	22,71	21,34	32,23	21,64	19,40	13,66	27,86	34,78	26,65	17,69	34,45	24,56	
3	22,72	21,36	32,27	21,69	19,44	13,70	27,90	24,38	26,67	17,71	34,46	24,56	
4	22,78	21,42	32,34	21,76	19,51	13,79	28,00	34,91	26,73	17,74	34,48	24,57	
5	22,85	21,49	32,42	21,83	19,60	13,87	28,07	34,99	26,81	17,80	34,52	24,61	
6	22,94	21,59	32,52	21,95	19,68	13,95	28,18	35,10	26,91	17,87	34,59	24,66	
7	23,04	21,70	32,64	22,07	19,78	14,04	28,29	35,20	27,03	17,98	34,68	24,74	
8	23,12	21,79	32,75	22,18	19,89	14,13	28,39	35,32	27,15	18,10	34,80	24,83	
9	23,19	21,89	32,88	22,32	20,01	14,23	28,48	35,43	27,29	18,23	34,89	24,90	
10	23,26	21,97	32,99	22,43	20,09	14,27	28,57	35,53	27,40	18,34	34,99	24,97	
11	23,32	22,07	33,13	22,56	20,21	14,38	28,65	35,64	27,54	18,48	35,09	25,05	
12	23,38	22,17	33,25	22,70	20,30	14,45	28,73	35,74	27,67	18,60	35,19	25,11	
13	23,50	22,43	33,60	23,11	20,61	14,59	28,94	36,06	28,12	19,05	35,50	25,26	
14	23,61	23,61	33,98	23,47	20,85	14,70	29,08	36,31	28,48	19,41	35,76	25,40	
15	23,68	22,85	34,28	23,82	21,02	14,78	29,15	36,49	28,75	19,68	35,97	25,53	
16	23,70	23,00	34,53	24,13	21,26	14,86	29,26	36,72	29,09	19,99	36,14	25,59	
17	23,79	23,31	35,05	24,65	21,60	15,00	29,43	37,07	29,63	20,50	36,48	25,76	
18	24,01	23,64	35,55	25,19	21,95	15,14	29,61	37,43	30,15	21,04	36,86	25,96	
19	24,04	23,97	36,07	25,74	22,31	15,31	29,80	37,80	30,69	21,58	37,23	26,15	
20	24,16	24,31	36,58	26,26	22,66	15,44	29,97	38,14	31,24	22,11	37,59	26,33	
21	24,30	24,65	37,12	26,81	23,00	15,56	30,11	38,49	31,78	22,68	37,97	26,54	
22	24,41	24,95	37,61	27,30	23,32	15,67	30,25	38,80	32,29	23,19	38,30	26,70	
23	24,51	25,30	38,22	27,91	23,66	15,76	30,39	39,15	32,88	23,76	38,66	26,83	
24	24,62	25,62	38,78	28,44	23,94	15,81	30,49	39,43	33,39	24,27	38,96	26,93	

bijlage
 4.4.0.

TABEL : LAST - ZAKKINGSDIAGRAM PROEF D 4.

bel. stap	Kracht in kN	I.V.O. in mm	nulvlak in mm	I.V.O.- nulvlak in mm
1	6,36	0,000	0,000	0,000
2	11,52	0,016	0,013	0,003
3	17,28	0,052	0,035	0,017
4	22,92	0,098	0,100	-0,002
5	27,84	0,156	0,165	-0,009
6	32,88	0,254	0,243	0,011
7	39,48	0,372	0,343	0,029
8	44,88	0,482	0,433	0,049
9	50,64	0,636	0,515	0,121
10	56,58	0,748	0,583	0,165
11	62,64	0,904	0,658	0,246
12	68,82	1,046	0,733	0,313
13	82,74	1,502	0,888	0,614
14	95,70	1,922	1,008	0,914
15	107,70	2,292	1,100	1,192
16	120,78	2,626	1,173	1,453
17	138,90	3,210	1,310	1,900
18	158,58	3,808	1,495	2,313
19	178,98	4,420	1,635	2,785
20	196,80	5,030	1,790	3,240
21	213,42	5,636	1,943	3,693
22	229,92	6,198	2,073	4,125
23	245,76	6,888	2,188	4,700
24	254,94	7,492	2,278	5,414
top	270,7			

TABEL : DOORBUIGING IN MM. PROEF D 4.

bel. stap	meet- klok 2	meet- klok 3	meet- klok 4	meet- klok 5	meet- klok 8	meet- klok 9	meet- klok 10	meet- klok 11
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,008	0,016	0,004	0,002	0,014	-0,003	0,003	-0,014
3	0,013	0,035	0,025	0,008	0,031	-0,008	0,008	-0,011
4	0,007	0,034	0,016	-0,007	0,028	-0,014	-0,006	-0,018
5	0,005	0,040	0,010	0,005	0,044	0,008	0,003	-0,024
6	0,017	0,054	0,046	0,003	0,055	0,020	0,000	-0,015
7	0,029	0,078	0,073	0,011	0,051	0,041	0,019	-0,011
8	0,037	0,104	0,096	0,033	0,073	0,065	0,045	0,018
9	0,061	0,153	0,148	0,059	0,096	0,123	0,098	0,034
10	0,077	0,204	0,206	0,093	0,110	0,150	0,130	0,060
11	0,113	0,276	0,264	0,137	0,140	0,210	0,190	0,080
12	0,146	0,321	0,319	0,134	0,164	0,268	0,243	0,116
13	0,282	0,544	0,596	0,308	0,285	0,530	0,520	0,265
14	0,412	0,814	0,846	0,438	0,395	0,750	0,740	0,385
15	0,520	1,040	1,120	0,530	0,494	0,928	0,903	0,476
16	0,639	1,248	1,373	0,701	0,623	1,176	1,134	0,577
17	0,849	1,639	1,771	0,911	0,803	1,546	1,474	0,747
18	0,974	1,969	2,141	1,106	0,979	1,879	1,821	0,931
19	1,248	2,402	2,574	1,322	1,159	2,229	2,171	1,111
20	1,466	2,793	2,968	1,544	1,328	2,605	2,525	1,293
21	1,670	3,200	3,390	1,760	1,524	2,979	2,911	1,476
22	1,860	3,580	3,770	1,970	1,691	3,341	3,269	1,649
23	2,112	4,094	4,286	2,218	1,903	3,795	3,705	1,878
24	2,333	4,566	4,744	2,437	2,083	4,205	4,115	2,078

TABEL : RADIALE EN TANGENTIALE STUIK PROEF D 4.

Bel. stap	Kracht in kN	Radiaal $\frac{\epsilon_{21} + \epsilon_{22}}{2}$ in ‰	Radiaal $\frac{\epsilon_{23} + \epsilon_{24}}{2}$ in ‰	Tangentiaal $\frac{\epsilon_{25} + \epsilon_{26} + \epsilon_{27} + \epsilon_{28}}{4}$ in ‰
1	6,36	0,019	0,018	0,031
2	11,52	0,026	0,024	0,043
3	17,28	0,038	0,036	0,061
4	22,92	0,051	0,049	0,083
5	27,82	0,064	0,062	0,106
6	32,88	0,081	0,077	0,133
7	39,48	0,098	0,093	0,164
8	44,88	0,117	0,113	0,199
9	50,64	0,147	0,147	0,245
10	56,58	0,172	0,181	0,291
11	62,64	0,205	0,220	0,343
12	68,82	0,246	0,268	0,402
13	82,74	0,351	0,396	0,565
14	95,70	0,433	0,486	0,696
15	107,70	0,502	0,556	0,810
16	120,78	0,584	0,638	0,941
17	138,90	0,685	0,747	1,120
18	158,58	0,783	0,858	1,298
19	178,98	0,896	0,988	1,482
20	196,80	1,028	1,139	1,675
21	213,42	1,171	1,277	1,859
22	229,42	1,312	1,413	2,025
23	245,76	1,416	1,546	2,224
24	254,94	1,472	1,616	2,444

TABEL : VERDELING VAN DE KRACHT OVER DE STAVEN

EENHEID : N PROEF D 4.

Staaft- nummer	Bel. stap 5	Bel. stap 10	Bel. stap 15	Bel. stap 20	Bel. stap 24
1	2795	5052	8958	15897	21319
2	1886	3570	7140	13169	15761
3	2492	4816	9194	17614	24485
4	2391	4681	8925	16301	21656
5	2324	4446	8555	16840	21959
6	1718	3469	6770	13505	17412
7	3368	6197	10845	17682	21723
8	2358	4378	8386	15593	20881
9	2526	5153	10643	18995	24182
10	2425	4648	8184	15796	21353
11	2459	4580	9565	17446	22565
12	2189	4108	7477	13606	17480
Tot.	28931	55098	104642	192444	250776
Kracht k.m.d.	27840	56580	107700	196800	254940

Be- stap	begin tijd	kracht meetd.	ind.verp opnemer		tijd van meting	kracht meetd.	ind.verp opnemer		eind tijd	kracht meetd.	ind.verp opnemer		PROEF D - 5
0													
1					9.52	109	5226		9.55	110	5227		
2	9.56	213	5212		9.57	204	5211		10.00	183	5212		
3	10.02	307	5190		10.03	288	5190		10.07	264	5189		
4	10.07	411	5161		10.09	352	5155		10.14	350	5154		
5	10.14	507	5123		10.16	472	5120		10.20	445	5116		
6	10.21	606	5081	6a	10.40	530	5065		10.47	515	5065		
7	10.48	711	5032		10.50	670	5026		10.59	640	5017	foto	
8	11.00	804	4986		11.04	759	4981		11.17	730	4963	foto	
9	11.17	912	4920		11.21	864	4917		11.36	833	4898	foto	
10	11.37	1008	4861		11.42	955	4854		12.02	926	4833	foto	
11	12.03	1104	4796		12.08	1046	4787		12.19	1026	4768	foto	
12	12.19	1204	4721		12.24	1142	4709		12.39	1113	4688	foto	
13	12.40	1318	4633		12.45	1249	4619		13.03	1214	4600	foto	
14	13.03	1556	4400		13.08	1480	4386		13.21	1447	4361	foto	
15	13.21	1801	4200		13.26	1718	4168		13.41	1673	4145	foto	
16	13.42	2117	3900		13.47	2024	3873		13.57	1990	3848	foto	
17	13.58	2457	3600		14.03	2346	3561		14.17	2306	3536	foto	
18	14.17	2760	3300		14.22	2664	3276		14.31	2628	3250	foto	
19	14.32	3087	3000		14.37	2974	2961		14.50	2930	2939	foto	
20	14.52	3388	2700		14.57	3276	2674		15.05	3236	2648		
21	15.06	3700	2400		15.11	3592	2355		15.18	3547	2327	foto	
22	15.18	3981	2100		15.23	2861	2060		15.28	3818	2035		
23	15.30	4215	1800		15.35	4077	1761		15.40	4036	1737	foto	
24	15.40	4394	1500		15.45	4220	1453		15.47	4191	1429		
25	15.48	4466	1200	25a	15.49	2470	561						

Bel. stap	klokje 1	klokje 2	klokje 3	klokje 4	klokje 5	klokje 6	klokje 7	klokje 8	klokje 9	klokje 10	klokje 11	klokje 12	PROEF D - 5
0													
1	29,21	21,06	22,13	21,17	18,91	14,58	27,59	33,69	26,82	18,12	33,23	23,33	
2	29,21	21,06	22,13	21,19	18,94	14,61	27,60	33,72	26,83	18,13	33,23	23,33	
3	29,22	21,06	22,13	21,22	18,98	14,67	27,63	33,77	26,86	18,16	33,24	23,33	
4	29,23	21,07	22,14	21,28	19,06	14,72	27,70	33,84	26,91	18,20	33,26	23,35	
5	29,25	21,09	22,16	21,35	19,15	14,81	27,78	33,93	26,99	18,26	33,30	23,36	
6	29,30	21,15	22,24	21,44	19,23	14,88	27,88	34,02	27,09	18,35	33,36	23,42	
6a	29,31	21,18	22,28	21,46	19,23	14,88	27,89	34,01	27,09	18,37	33,40	23,45	
7	29,32	21,20	22,32	21,53	19,30	14,93	27,92	34,08	27,18	18,44	33,45	23,48	
8	29,38	21,29	22,44	21,64	19,39	15,00	28,00	34,17	27,28	18,53	33,53	23,53	
9	29,40	21,35	22,54	21,76	19,49	15,09	28,08	34,28	27,40	18,64	33,62	23,60	
10	29,46	21,45	22,66	21,88	19,58	15,15	28,14	34,36	27,52	18,78	33,72	23,69	
11	29,54	21,55	22,78	22,00	19,68	15,21	28,19	34,46	27,65	18,91	33,82	23,76	
12	29,58	21,64	22,90	22,14	19,79	15,26	28,25	34,56	27,79	19,06	33,94	23,82	
13	29,62	21,74	23,06	22,30	19,90	15,33	28,32	34,67	27,93	19,20	34,04	23,87	
14	29,72	22,00	23,47	22,73	20,20	15,45	28,48	34,96	28,37	19,65	34,34	24,03	
15	29,81	22,24	23,85	23,11	20,45	15,58	28,59	35,21	28,75	20,04	34,61	24,15	
16	29,96	22,60	24,39	23,65	20,80	15,74	28,77	35,57	29,31	20,58	34,99	24,36	
17	30,09	22,94	24,93	24,21	21,18	15,87	28,89	35,92	29,85	21,14	35,34	24,51	
18	30,21	23,26	25,43	24,73	21,52	16,00	29,05	36,25	30,34	21,65	35,69	24,69	
19	30,35	23,62	25,96	25,28	21,87	16,15	29,19	36,61	30,90	22,20	36,05	24,86	
20	30,46	23,92	26,46	25,79	22,18	16,26	29,32	36,93	31,40	22,74	36,38	24,99	
21	30,57	24,26	27,02	26,35	22,56	16,41	29,49	37,29	31,97	23,28	36,72	25,15	
22	30,69	24,68	27,56	26,89	22,87	16,54	29,62	37,61	32,49	23,81	37,04	25,27	
23	30,77	24,87	28,07	27,40	23,19	16,65	29,73	37,91	32,99	24,32	37,35	25,39	
24	30,85	25,15	28,58	27,89	23,46	16,71	29,84	38,17	33,51	24,86	37,65	25,47	

bijlage
 4.5.0.

TABEL : LAST - ZAKKINGSDIADRAM PROEF D 5.

bel. stap	Kracht in kN	I.V.O. in mm	nulvlak in mm	I.V.O.- nulvlak in mm
1	6,54	0,000	0,000	0,000
2	12,24	0,030	0,010	0,020
3	17,28	0,072	0,035	0,037
4	21,12	0,142	0,073	0,069
5	28,32	0,212	0,123	0,089
6a	31,80	0,322	0,205	0,117
7	40,20	0,400	0,235	0,165
8	45,54	0,490	0,300	0,190
9	51,84	0,618	0,365	0,253
10	57,30	0,744	0,433	0,311
11	62,76	0,878	0,497	0,381
12	68,52	1,034	0,550	0,484
13	74,94	1,214	0,608	0,606
14	88,80	1,680	0,743	0,937
15	103,08	2,116	0,855	1,261
16	121,44	2,706	1,030	1,676
17	140,76	3,330	1,163	2,167
18	159,84	3,900	1,310	2,590
19	178,44	4,530	1,460	3,070
20	196,56	5,104	1,580	3,524
21	215,52	5,742	1,728	4,014
22	231,66	6,332	1,853	4,479
23	244,64	6,930	1,958	4,972
24	253,20	7,546	2,040	5,506
top	267,96			

TABEL : DOORBUIGING IN MM. PROEF D 5.

bel. stap	meet- klok 2	meet- klok 3	meet- klok 4	meet- klok 5	meet- klok 8	meet- klok 9	meet- klok 10	meet- klok 11
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	-0,006	-0,011	0,001	0,006	0,022	0,004	0,006	-0,002
3	-0,025	-0,040	-0,010	-0,005	0,048	0,015	0,025	0,003
4	-0,033	-0,055	0,015	0,033	0,057	0,014	0,026	-0,007
5	-0,046	-0,081	0,021	0,046	0,080	0,040	0,050	0,010
6	-0,018	-0,025	0,065	0,058	0,054	0,038	0,063	0,016
7	-0,015	-0,010	0,100	0,085	0,094	0,098	0,103	0,036
8	0,013	0,046	0,144	0,107	0,109	0,129	0,131	0,061
9	0,040	0,100	0,200	0,130	0,141	0,173	0,168	0,079
10	0,080	0,160	0,260	0,160	0,156	0,221	0,229	0,094
11	0,104	0,208	0,313	0,196	0,202	0,294	0,296	0,128
12	0,152	0,284	0,406	0,258	0,242	0,374	0,386	0,188
13	0,206	0,393	0,508	0,304	0,286	0,451	0,469	0,234
14	0,363	0,695	0,825	0,488	0,416	0,731	0,795	0,374
15	0,505	0,970	1,090	0,615	0,554	0,998	1,033	0,526
16	0,713	1,356	1,474	0,807	0,728	1,366	1,374	0,702
17	0,923	1,766	1,904	1,057	0,953	1,775	1,795	0,908
18	1,121	2,143	2,298	1,269	1,119	2,098	2,133	1,081
19	1,339	2,529	2,701	1,471	1,333	2,506	2,524	1,277
20	1,529	2,919	3,101	1,671	1,523	2,876	2,934	1,477
21	1,752	3,354	3,526	1,908	1,715	3,280	3,310	1,655
22	2,050	3,770	3,940	2,090	1,907	3,674	3,716	1,853
23	2,154	4,189	4,351	2,306	2,095	4,060	4,110	2,045
24	2,358	4,626	4,774	2,512	2,251	4,481	4,559	2,259

TABEL : RADIALE EN TANGENTIALE STUIK PROEF D 5.

Bel. stap	Kracht in kN	Radiaal $\frac{\epsilon_{21} + \epsilon_{22}}{2}$ in ‰	Radiaal $\frac{\epsilon_{23} + \epsilon_{24}}{2}$ in ‰	Tangentiaal $\frac{\epsilon_{25} + \epsilon_{26} + \epsilon_{27} + \epsilon_{28}}{4}$ in ‰
1	6,54	0,015	0,014	0,023
2	12,24	0,029	0,027	0,044
3	17,28	0,041	0,037	0,060
4	21,12	0,055	0,050	0,080
5	28,32	0,066	0,061	0,100
6a	31,80	0,087	0,095	0,133
7	40,20	0,119	0,135	0,178
8	45,54	0,144	0,168	0,215
9	51,84	0,173	0,211	0,261
10	57,30	0,202	0,250	0,305
11	62,76	0,242	0,299	0,353
12	68,52	0,292	0,355	0,414
13	74,94	0,341	0,415	0,478
14	88,80	0,460	0,551	0,642
15	103,08	0,537	0,652	0,782
16	121,44	0,641	0,778	0,978
17	140,76	0,750	0,897	1,180
18	159,84	0,856	1,004	1,373
19	178,44	0,962	1,102	1,591
20	196,56	1,089	1,216	1,808
21	215,52	1,222	1,340	2,030
22	231,66	1,363	1,462	2,231
23	244,62	1,479	1,600	2,416
24	253,20	1,552	1,677	2,610

TABEL : VERDELING VAN DE KRACHT OVER DE STAVEN
EENHEID : N PROEF D 5.

Staaf- nummer	Bel. stap 6a	Bel. stap 10	Bel. stap 15	Bel. stap 20	Bel. stap 24
1	2593	4614	8251	15290	19163
2	2021	3806	7443	15223	20039
3	2290	4210	8858	17917	23171
4	3267	5793	9801	17648	22464
5	2425	4143	7713	16469	22161
6	1954	3435	6534	13034	16772
7	1852	3604	6635	13270	16638
8	2795	4681	8386	16570	21689
9	3031	5254	9194	16705	21218
10	3267	5961	10777	20713	26674
11	2155	4143	7241	16031	22531
12	1920	2829	4850	9296	12327
Tot.	29570	52473	95683	188166	244847
Kracht k.m.d.	31800	57300	103080	196560	253200

bel. stap	begin tijd	kracht meetd.	ind.verp opnemer		tijd van meting	kracht meetd.	ind.verp opnemer		eind tijd	kracht meetd.	ind.verp opnemer		PROEF D - 6
0													
1					9.45	104	102		9.50	105	103		
2	9.50	200	110		9.52	194	110		9.56	175	109		
3	9.57	300	125		9.59	285	126		10.03	256	125		
4	10.03	400	147		10.05	383	147		10.10	352	147		
5	10.10	500	175		10.13	466	177		10.23	427	178		
6	10.23	606	215		10.25	567	218		10.29	544	224		
7	10.31	712	262		10.33	664	268		10.46	626	281		
8	10.46	806	318		10.50	758	325		11.06	724	338	foto	
9	11.08	900	377		11.13	850	384		11.36	817	402	foto	
10	11.36	1020	449		11.41	952	461		11.52	927	482	foto	
11	11.52	1108	524		11.57	1049	537		12.16	1015	560	foto	
12	12.16	1205	605		12.21	1144	617		12.30	1117	635	foto	
13	12.30	1385	800		12.35	1316	813		12.54	1275	840	foto	
14	12.54	1585	1000		12.59	1503	1026		13.11	1311	1048	foto	
15	13.12	1796	1200		13.17	1706	1240		13.34	1671	1262	foto	
16	13.35	2097	1500		13.40	1990	1540		13.51	1959	1566	foto	
17	13.51	2388	1800		13.56	2289	1839		14.10	2246	1863	foto	
18	14.10	2679	2100		14.15	2582	2135		14.23	2551	2160		
19	14.24	2979	2400		14.29	2872	2439		14.36	2840	2462	foto	
20	14.36	3262	2700		14.41	3156	2733		14.50	3112	2753		
21	14.54	3548	3000		14.59	3430	3040		15.09	3387	3062	foto	
22	15.09	3790	3300		15.14	3675	3334		15.23	3627	3359	foto	
23	15.25	3987	3600		15.30	3872	3632		15.37	3822	3659		
24	15.37	4160	3900		15.42	4017	3958		15.47	3963	3985	foto	
25	15.48	4228	4200	25a	15.50	1655	5036						

bijlage
 4.6.0.

TABEL : LAST - ZAKKINGSDIAGRAM PROEF D 6.

bel. stap	Kracht in kN	I.V.O. in mm	nulvlak in mm	I.V.O.- nulvlak in mm
1	6,24	0,000	0,000	0,000
2	11,64	0,016	0,000	0,016
3	17,10	0,048	0,005	0,043
4	22,98	0,090	0,033	0,057
5	27,96	0,150	0,073	0,077
6	34,02	0,232	0,133	0,099
7	39,84	0,332	0,193	0,139
8	45,48	0,446	0,265	0,181
9	51,00	0,564	0,328	0,236
10	57,12	0,718	0,388	0,330
11	62,94	0,870	0,448	0,422
12	68,64	1,030	0,503	0,527
13	78,96	1,422	0,600	0,822
14	90,18	1,848	0,695	1,153
15	102,36	2,276	0,785	1,491
16	119,40	2,876	0,943	1,933
17	137,34	3,474	1,065	2,409
18	154,92	4,066	1,198	2,868
19	172,32	4,674	1,320	3,354
20	189,36	5,262	1,435	3,827
21	205,80	5,876	1,558	4,318
22	220,50	6,464	1,655	4,809
23	232,32	7,060	1,740	5,320
24	241,02	7,712	1,795	5,917
top	253,7			

TABEL : DOORBUIGING IN MM. PROEF D 6.

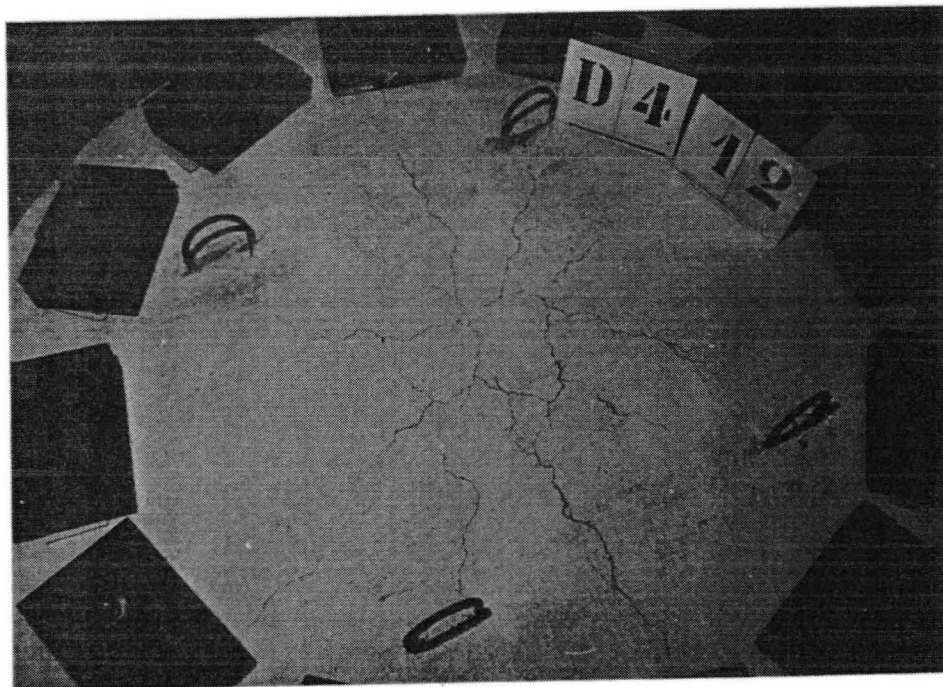
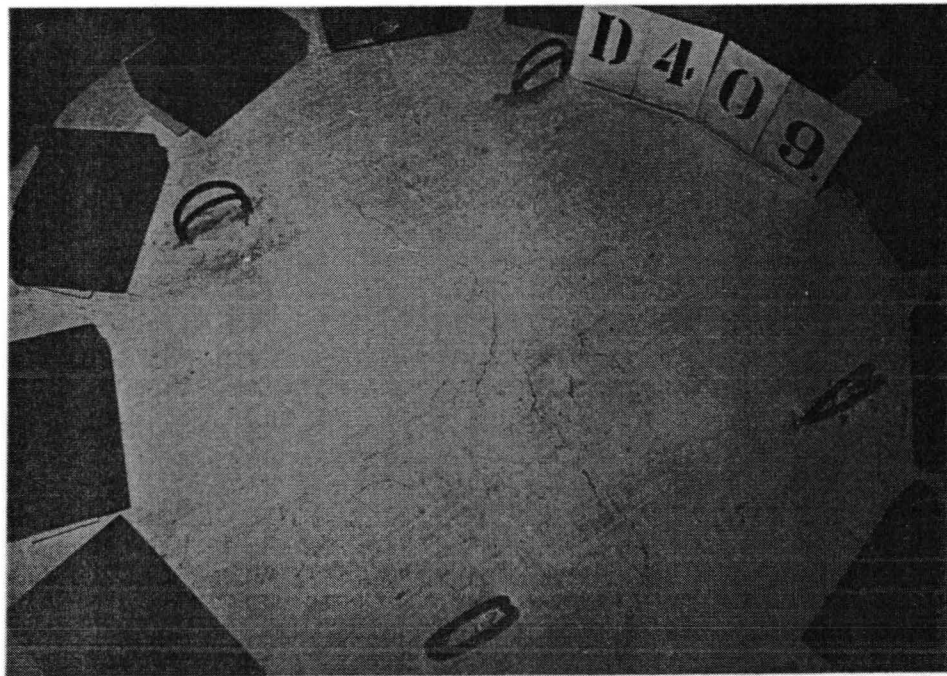
bel. stap	meet- klok 2	meet- klok 3	meet- klok 4	meet- klok 5	meet- klok 8	meet- klok 9	meet- klok 10	meet- klok 11
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,006	0,003	0,008	-0,006	0,024	0,028	-0,008	0,006
3	0,004	-0,001	0,021	-0,014	0,056	0,071	-0,001	0,014
4	-0,001	-0,013	0,033	0,001	0,057	0,084	-0,014	0,013
5	0,003	0,006	0,044	-0,003	0,066	0,103	-0,023	0,004
6	0,009	0,019	0,071	0,011	0,061	0,133	-0,003	0,019
7	0,024	0,038	0,103	0,036	0,099	0,179	0,021	0,021
8	0,036	0,071	0,139	0,044	0,116	0,211	0,049	0,024
9	0,066	0,131	0,199	0,094	0,144	0,248	0,103	0,056
10	0,116	0,211	0,279	0,114	0,184	0,358	0,173	0,106
11	0,156	0,311	0,369	0,174	0,218	0,395	0,245	0,153
12	0,194	0,388	0,463	0,206	0,256	0,491	0,349	0,194
13	0,336	0,663	0,708	0,364	0,388	0,775	0,595	0,313
14	0,496	0,953	1,008	0,524	0,550	1,040	0,870	0,460
15	0,650	1,250	1,280	0,630	0,683	1,325	1,145	0,598
16	0,856	1,651	1,709	0,864	0,859	1,718	1,523	0,801
17	1,074	2,068	2,113	1,066	1,061	2,103	1,918	0,999
18	1,282	2,444	2,516	1,268	1,258	2,485	2,295	1,183
19	1,480	2,850	2,930	1,470	1,434	2,888	2,683	1,376
20	1,692	3,264	3,326	1,678	1,648	3,286	3,074	1,572
21	1,912	3,684	3,726	1,858	1,826	3,683	3,488	1,774
22	2,100	4,100	4,160	2,110	2,013	4,085	3,895	1,988
23	2,309	4,529	4,591	2,301	2,233	4,516	4,314	2,187
24	2,562	5,034	5,086	2,568	2,443	4,986	4,774	2,407

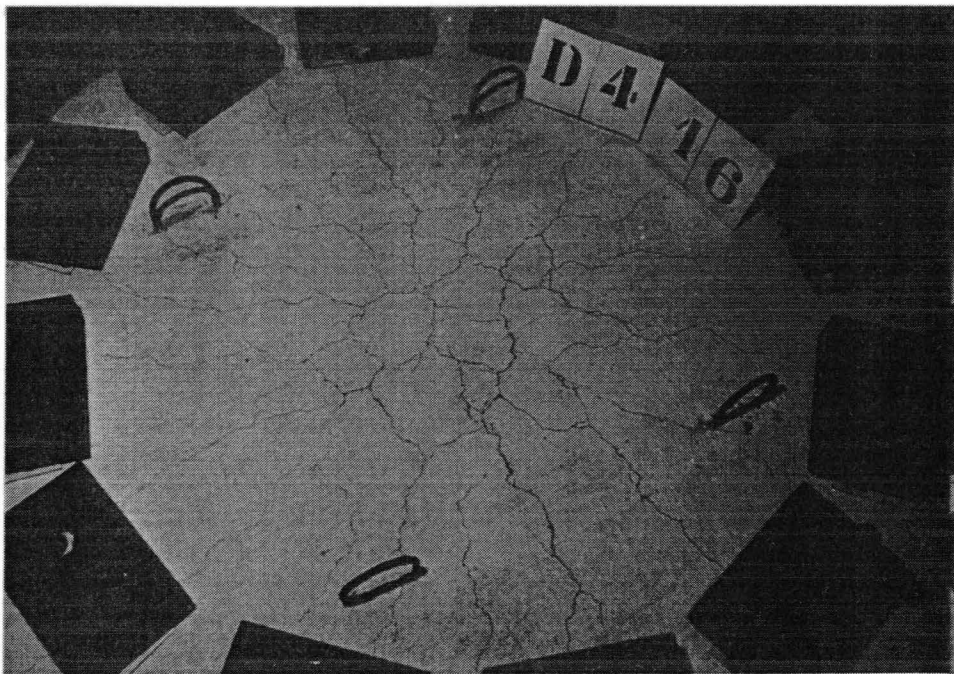
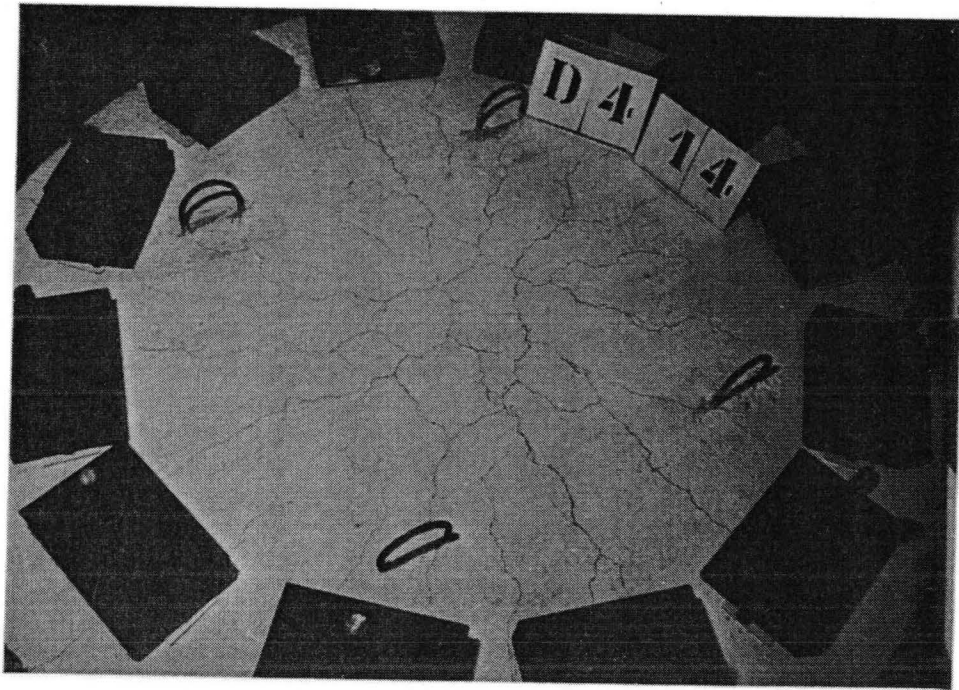
TABEL : RADIALE EN TANGENTIALE STUIK PROEF D 6.

Bel. stap	Kracht in kN	Radiaal in %	Radiaal in %	Tangentiaal in %
1	6,24	0,016	0,015	0,025
2	11,64	0,023	0,022	0,039
3	17,10	0,030	0,031	0,052
4	22,98	0,036	0,038	0,066
5	27,96	0,051	0,051	0,087
6	34,02	0,071	0,068	0,118
7	39,84	0,094	0,093	0,158
8	45,48	0,127	0,121	0,201
9	51,00	0,161	0,155	0,254
10	57,12	0,202	0,195	0,330
11	62,94	0,242	0,233	0,403
12	68,64	0,276	0,266	0,469
13	78,96	0,372	0,351	0,644
14	90,18	0,466	0,458	0,799
15	102,36	0,560	0,547	0,940
16	119,40	0,669	0,650	1,129
17	137,34	0,781	0,744	1,338
18	154,92	0,870	0,826	1,566
19	172,32	0,952	0,908	1,806
20	189,36	1,011	0,994	2,053
21	205,80	1,115	1,074	2,327
22	220,50	1,205	1,147	2,587
23	232,32	1,271	1,199	2,840
24	241,02	1,278	1,253	3,059

TABEL : VERDELING VAN DE KRACHT OVER DE STAVEN
EENHEID : N PROEF D 6.

Staaf- nummer	Bel. stap 5	Bel. stap 10	Bel. stap 15	Bel. stap 20	Bel. stap 24
1	1819	3705	6433	12158	15122
2	1617	3334	6567	13539	17715
3	3839	7443	12764	21959	26607
4	3402	6668	11518	19366	23373
5	1718	3772	6635	15290	19467
6	1751	4277	7005	13505	16941
7	2290	4446	7443	13135	15897
8	3267	6163	10811	18995	24283
9	2155	4479	8386	15796	20174
10	3637	7275	9935	21420	26506
11	1852	3536	6534	12663	17244
12	3098	5389	8858	14752	17614
Tot.	30109	60487	102907	192578	240943
Kracht k.m.d.	27960	57120	102360	189360	241020





Empty rectangular boxes at the top of the page, likely for a title or header.

