

TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT
VLIEGTUIGBOUWKUNDE

Memorandum M-193

Windtunnelonderzoek naar de toepassing van
gedeelde rolroeren als luchtrem voor de Fok-
ker F27 "Friendship".

door

H. Binkhorst

Delft - Nederland

februari 1973

Samenvatting

Aan een schaal 1 : 20 model van de Fokker F27 "Friendship" is een beknopt oriënterend onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheid, door de rolroeren gedeeld en openklapbaar uit te voeren, deze tevens als remkleppen te laten fungeren. Uit de resultaten blijkt dat een redelijke remwerking kan worden verkregen zonder dat er ontoelaatbare veranderingen in de rolroereffectiviteit, de draagkracht en het moment om de dwarsas optreden. De invloed van het openklappen van de rolroeren op de stabiliteitsafgeleiden naar de sliphoek blijkt eveneens gering te zijn.

<u>Inhoud</u>	<u>blz.</u>
1. Notaties	2
2. Inleiding	2
3. Model	3
4. Metingen	4
5. Resultaten	4
6. Conclusie	5
7. Literatuur	6
Tabel	7
Figuren	

1. Notaties

C_D	weerstandscoefficiënt
ΔC_D	verandering van C_D t.g.v. het openklappen van de rolroeren
C_l	rolmomentencoefficiënt
$C_{l\delta_a}$	rolroereffectiviteit
C_L	draagkrachtscoëfficiënt
C_m	coëfficiënt van het moment om de dwarsas
C_n	giermomentencoefficiënt
C_Y	dwarskrachtscoëfficiënt
Re_c	getal van Reynolds, betrokken op de g.a.k. van de vleugel
α	invalshoek van de rompas
β	sliphoek
δ_a	rolroeruitslag ($\delta_a = \delta_{a\text{rechts}} - \delta_{a\text{links}}$)
δ_f	uitslag van de vleugelkleppen
δ_w	openingshoek van de opengeklapte rolroeren

2. Inleiding

Een onderzoek naar de mogelijkheid om een luchtrem te combineren met het richtingsroer, door dit gedeeld en openklapbaar uit te voeren, wordt beschreven in lit. 1. Uit de resultaten van dit onderzoek, uitgevoerd aan een model van de F27 "Friendship", blijkt dat het openklappen van het richtingsroer zowel een aanmerkelijke vermindering van de richtingsroereffectiviteit als een ontoelaatbare verandering van het moment om de dwarsas veroorzaakt.

In dit rapport wordt nagegaan of de toepassing van bovengenoemd principe op de rolroeren méér mogelijkheden biedt. Het F27 model werd daartoe uitgerust met wigvormige rolroeren waarmee verschillende openingshoeken konden worden nabootst. Symmetrische metingen met klepuitlagen van 0° en 40° werden uitgevoerd ter bepaling van de weerstandsverhoging ten gevolge van het openklappen van de rolroeren en ter bepaling van de daarbij behorende verandering van de rolroereffectiviteit, de verandering van de draagkracht en de verandering van het moment om de dwarsas. Bovendien werden in de modeltoestand met 40° klepuitlag metingen in slippende vluchten uitgevoerd ter bepaling van de invloed

van het openklappen van de rolroeren op de stabiliteitsafgeleiden naar de sliphhoek.

Evenals bij de voorgaande metingen aan het richtingsroer werd de schroefinvloed buiten beschouwing gelaten en werd geen aandacht besteed aan eventuele veranderingen van het scharniermoment.

De metingen werden in het kader van een vijfde-jaars studieopdracht door de heer M. Ouwekerk uitgevoerd in de 1.80 x 1.25 m lage-snelheidswindtunnel van de Onderafdeling Vliegtuigbouwkunde van de T.H. Delft. Het getal van Reynolds, betrokken op de g.a.k. van de vleugel, bedroeg $0,7 \times 10^6$. Aangezien de stroming éénduidig op de scherpe achterranden van de opgeslagen helften van de rolroeren loslaat, worden de gemeten veranderingen als gevolg van het openklappen van de rolroeren redelijk representatief geacht voor het werkelijke vliegtuig.

3. Model

Een maatschets van het schaal 1 : 20 model is gegeven in fig. 1. De belangrijkste gegevens van de vleugel en de rolroeren zijn samengevat in tabel 1. Het model is van hout met een stalen kern en is voorzien van instelbare roeren en instelbare dubbele spleetkleppen. Voor dit onderzoek werden de voor- en achterklep als één geheel naar beneden uitgeslagen. De klepstand $\delta_f = 40^\circ$, toegepast voor dit onderzoek, heeft betrekking op de binnen- en buitenkleppen die op bovengenoemde wijze 40° zijn uitgeslagen. Omslagstrippen zijn aangebracht op de vleugel, romp en staartvlakken teneinde ongewenste laminaire loslatingen te voorkomen.

Voor de symmetrische metingen was het model met stroomlijnvormige, gedeeltelijk afgeschermdede vleugelophangpoten en een stroomlijnvormige staartsteun opgehangen aan het weegsysteem, zie fig. 3a. Voor de asymmetrische metingen werden ronde ophangpoten toegepast (fig. 3b.).

Een doorsnede van één van de wigvormige rolroeren waarmee het opengeklapte rolroer wordt nagebootst, is in fig. 2 gegeven. Verondersteld is dat in werkelijkheid slechts het gedeelte achter de roeras beweegbaar zal worden uitgevoerd. Blokken met openingshoeken δ_w variërend van 0° tot 120° in stappen van 30° zijn beschikbaar om vijf openingsstanden van de rolroeren na te bootsen. Deze blokken werden gemonteerd op een roerbus die de scharnieras bevat en waarvan de contour overeenkomt met die van de oorspronkelijke rolroeren. Als referentie voor de metingen diende een stel "normale" rolroeren met rechte achterzijde welke een, volgens de definitie van δ_w negatieve, openingshoek van $\delta_w = -18^\circ$ insloten (zie fig. 2). Het gehele rolroer is draaibaar om de

roeras en kan in elke stand worden vastgeklemd op een segment met graadverdeling, zie fig. 4. Voor dit onderzoek werden steeds anti-symmetrische rolroer-uitslagen toegepast.

4. Metingen

De metingen zijn uitgevoerd met behulp van het zes-componenten weegsysteem van de tunnel. Symmetrische metingen zijn uitgevoerd met klepuitslagen $\delta_f = 0^\circ$ en $\delta_f = 40^\circ$. Bepaald werden C_L , C_D , C_m en C_λ als functie van α en δ_a van het model voorzien van de normale rolroeren ($\delta_w = -18^\circ$) en voorzien van wigrolroeren met openingshoeken $\delta_w = 0 - 30 - 60 - 90$ en 120 graden. Teneinde na te gaan of de aan de achterzijde gesloten uitvoering van de wigrolroeren invloed heeft op de werking van rolroeren zijn ook enkele vergelijkende metingen uitgevoerd met een provisorisch van plaat vervaardigd stel rolroeren ($\delta_w = 90^\circ$) in open en gesloten uitvoering. Fig. 5 laat dit rolroer in open uitvoering zien. Geen verschillen werden geconstateerd zodat aangenomen kan worden dat de massieve wigroeren redelijk representatief zijn voor de werkelijke uitvoering. Niet onderzocht is of de gesloten zijanten van de rolroeren nog invloed op de resultaten kunnen hebben.

Metingen in slippende vluchten zijn uitgevoerd bij $\alpha = 0^\circ$ en met klepuitslag $\delta_f = 40^\circ$. Bepaald werden C_Y , C_λ en C_n in het stabiliteitsassenstelsel als functie van β met de rolroeren in de middenstand, zowel met het model voorzien van de normale rolroeren als voorzien van de wigrolroeren met openingshoeken $\delta_w = 0 - 30 - 60$ en 90 graden.

De metingen zijn uitgevoerd bij een dynamische druk van 400 kgf/m^2 overeenkomend met $Re_c = 0,7 \times 10^6$. De stabilo-instelhoek was nul graden. Het hoogteroer en het richtingsroer stonden in de middenstand. De meetresultaten zijn op de gebruikelijke wijze gecorrigeerd voor de aanwezigheid van de ophangdelen en voor tunnelwandinvloeden.

5. Resultaten

In fig. 6 zijn C_L , C_D en C_m van het model met de normale rolroeren en de klepuitslagen $\delta_f = 0^\circ$ en 40° als functie van α weergegeven.

In lit. 1 wordt reeds opgemerkt dat de hoge waarden van C_D moeten worden toegeschreven aan de klepuithouders en de klep- en roerspletten, welke bij dit lage getal van Reynolds ($Re_c = 0,7 \times 10^6$) de stroming ernstig verstoren. Metingen bij hetzelfde getal van Reynolds aan een identiek model zonder verstelbare kleppen en roeren geven in dit opzicht een aanzienlijk gunstiger resultaat.

De weerstandsverhoging ten gevolge van het openklappen van de rolroeren is voor beide klepstanden weergegeven in fig. 7. In deze figuur is het normale roer, dat als referentie dient, aangegeven door $\delta_w = -18^\circ$ (zie par. 3). De krommen hebben betrekking op het model onder een rompinvalshoek van ca. $1,5^\circ$, overeenkomend met resp. $C_L = 0,5$ ($\delta_f = 0^\circ$) en $C_L = 1,6$ ($\delta_f = 40^\circ$). De resultaten zijn echter met goede benadering geldig voor het gehele gemeten invalshoekgebied ($-6^\circ < \alpha < +7^\circ$).

Uit de resultaten blijkt dat de weerstandtoename ten gevolge van het openklappen van de rolroeren aanvankelijk betrekkelijk gering is, maar bij grotere openingshoeken sterk stijgt. Bij een praktisch realiseerbare openingshoek van 60° bedraagt de gemeten ΔC_D ca. $0,050$ ($\delta_f = 40^\circ$).

De veranderingen bij constante invalshoek in de draagkracht en het moment om de dwarsas als gevolg van het openklappen van de rolroeren zijn gegeven in de figuren 8 en 9. Ook voor deze grootheden geldt dat de aangegeven tendens geldig is voor het gehele gemeten invalshoek-gebied. Uit deze figuren blijkt dat de veranderingen zodanig klein zijn dat deze de toepassing van splitsrolroeren niet in de weg zullen staan.

In de figuren 10 en 11 is resp. voor $\delta_f = 0^\circ$ en $\delta_f = 40^\circ$ de rolmomentencoëfficiënt $C_{l\delta_a}$ van het model als functie van δ_a uitgezet voor het normale roer en de vijf wigrolroeren. De aangegeven krommen zijn bij benadering geldig voor het invalshoekgebied tot $\alpha = 5^\circ$ ($C_L = 0,8$ resp. $1,8$). Bij grotere invalshoeken wordt de rolroereffectiviteit absoluut genomen kleiner, ook voor de normale rolroeren. De figuren 11 en 13 geven de grootte van $C_{l\delta_a}$ als functie van δ_w , respectievelijk voor $\delta_f = 0^\circ$ en $\delta_f = 40^\circ$. Opmerkelijk is dat de roereffectiviteit aanvankelijk vrij aanzienlijk toeneemt en pas bij openingshoeken boven de 60° beneden de waarde van het normale roer daalt.

De resultaten van de asymmetrische metingen bij $\alpha = 0^\circ$ en $\delta_f = 40^\circ$ zijn in de figuren 14, 15 en 16 weergegeven. Hieruit blijkt dat het openklappen van de rolroeren een verwaarloosbare invloed heeft op de veranderingen van C_Y en C_n met β . Een vermindering van $C_{l\beta}$ is te constateren voor openingshoeken van 60° en groter.

6. Conclusie

De resultaten van dit oriënterende onderzoek wijzen uit dat het openklappen van de rolroeren, met het doel deze als luchtrem te gebruiken, geen onaanvaardbare veranderingen in de aerodynamische eigenschappen van het vliegtuig tot gevolg heeft. De veranderingen in de draagkracht en het moment om de dwarsas

en de stabiliteitsafgeleiden naar de sliphoeck blijven zeer klein.

De rolroereffectiviteit neemt tijdens het openklappen aanvankelijk toe en is bij een openingshoek van 60° , waarbij $\Delta C_D = 0,045 \text{ à } 0,050$, nog groter of gelijk aan de effectiviteit van het niet opengeklapte roer.

7. Literatuur

1. H. Binkhorst. Windtunnelonderzoek naar de toepassing van een gedeeld richtingsroer als luchtrem voor de Fokker F27 "Friendship" VTH memorandum M-177, oktober 1971.

Tabel 1Gegevens van de vleugel en rolroeren van het F27-model.

Spanwijdte	$b = 1.450 \text{ m}$
Vleugeloppervlak	$S = 0.175 \text{ m}^2$
Gemiddelde aerodynamische koorde	$\bar{c} = 0.1282 \text{ m}$
Vleugelslankheid	$A = 12$
Instelhoek van de vleugel t.o.v. de rompas	$i_w = 3.46^\circ$
Vleugelprofiel aan de wortel	NACA 64 ₂ -421 (gewijzigd)
Vleugelprofiel aan de tip	NACA 64 ₂ -415 (")
V-vorm van de 0.4-koorde lijn:	
binnenvleugel	0°
buitenvleugel	2.5°
Wronk van de vleugel: binnenvleugel	0°
buitenvleugel	-2°
Pijlvorm van de $\frac{1}{2}$ -koorde lijn	1.15°
Ligging momentenpunt t.o.v. voorste punt g.a.k.	$x = 34,6\%; z = 3.6\% \bar{c}$
Spanwijdte in één rolroer	$b_a = 0,2138 \text{ m}$
Rolroerkoorde achter de scharnieras	$c_a = 0,25 c_w$
Oppervlak één rolroer (achter de scharnieras)	$S_a = 0,00449 \text{ m}^2$
G.a.k. van het rolroer(" " " ")	$\bar{c}_a = 0,0216 \text{ m}$
Balansneus rolroer	$0,4 c_a$

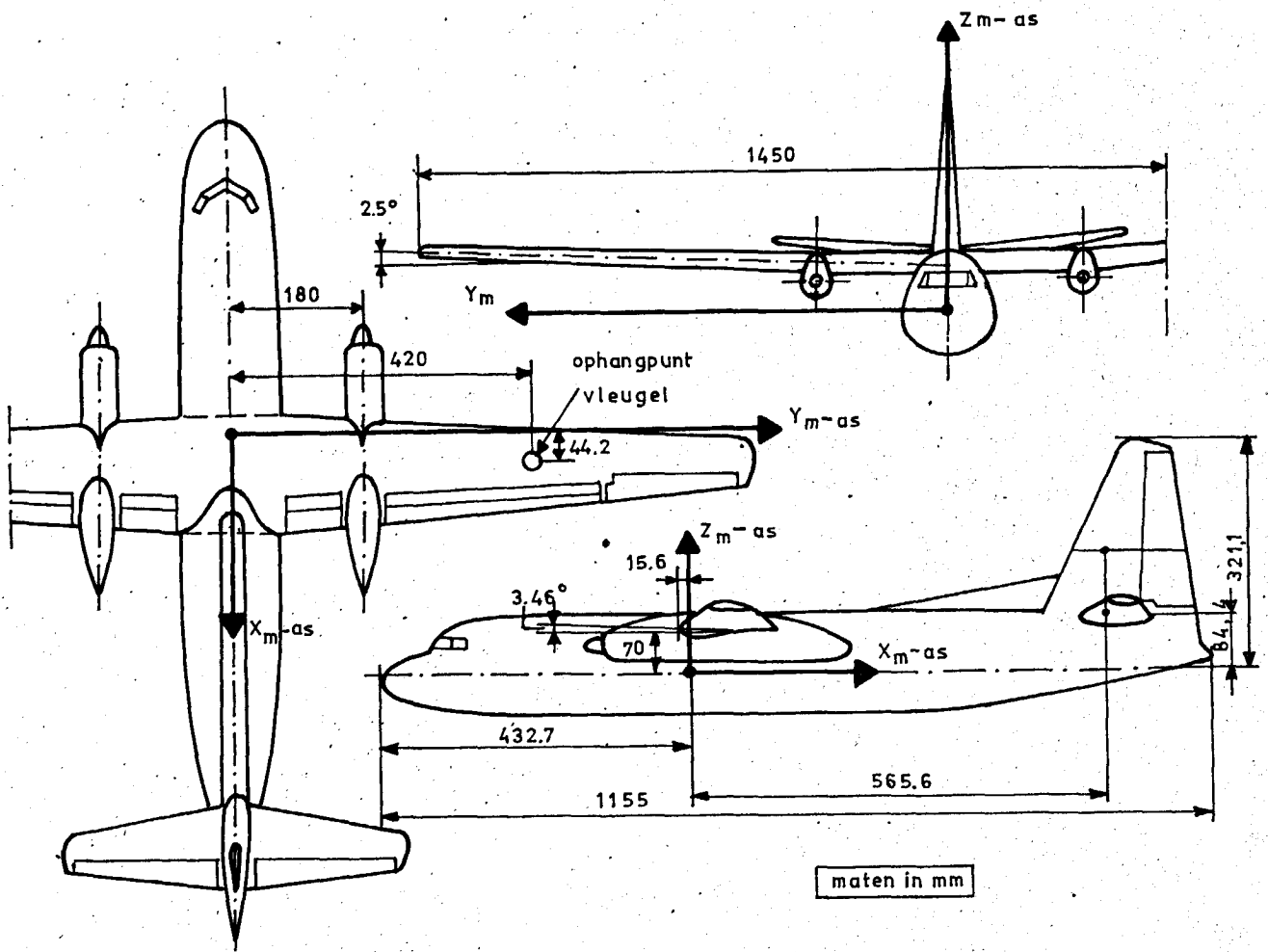


FIG.1: MAATSCHETS VAN HET 1:20 MODEL VAN DE FOKKER F27 FRIENDSHIP.

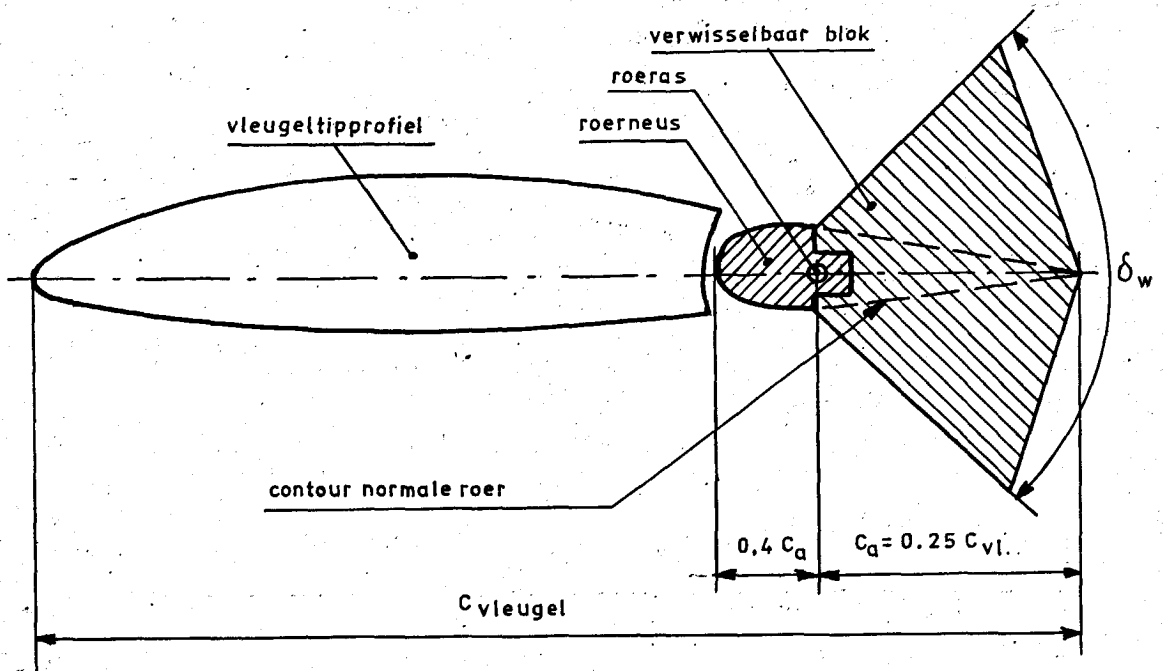


FIG.2: DOORSNEDE VLEUGEL MET WIGROLROER..

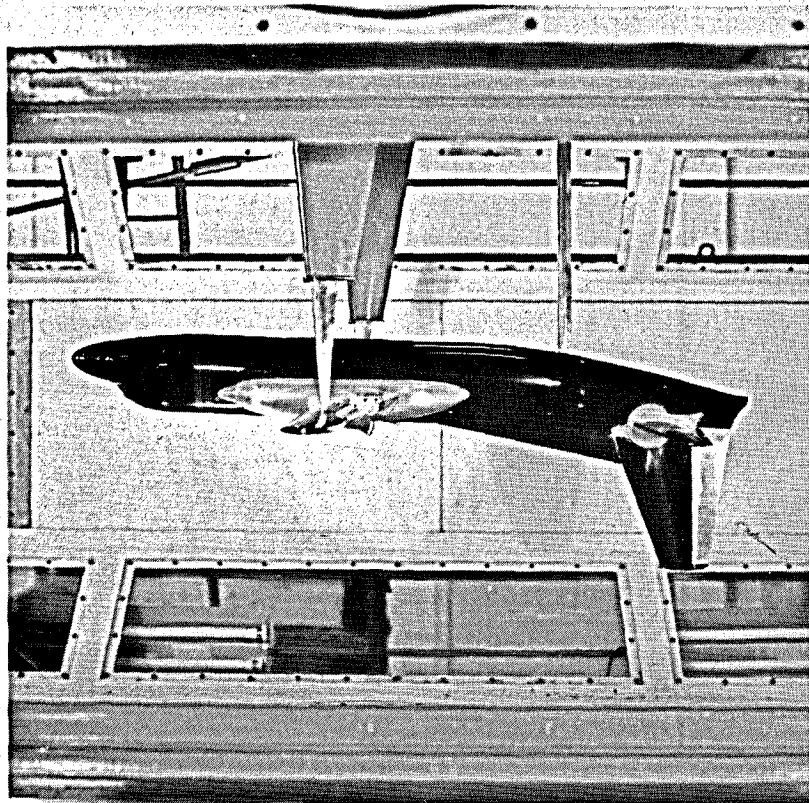


Fig. 3 a: De opstelling van het model (stroomlijn ophangpoten)

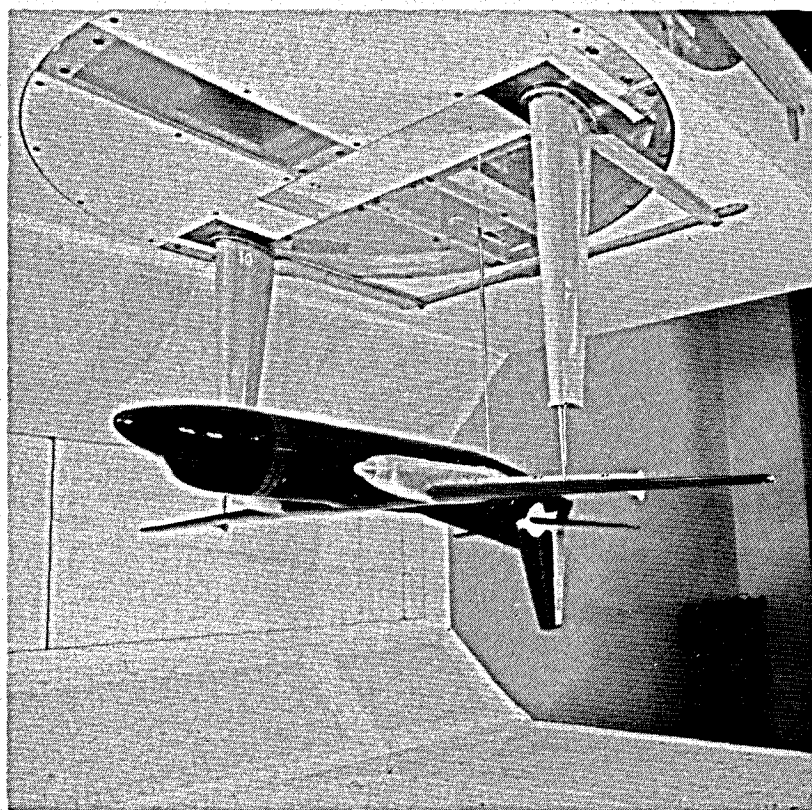


Fig. 3 b : De opstelling van het model (ronde ophangpoten)

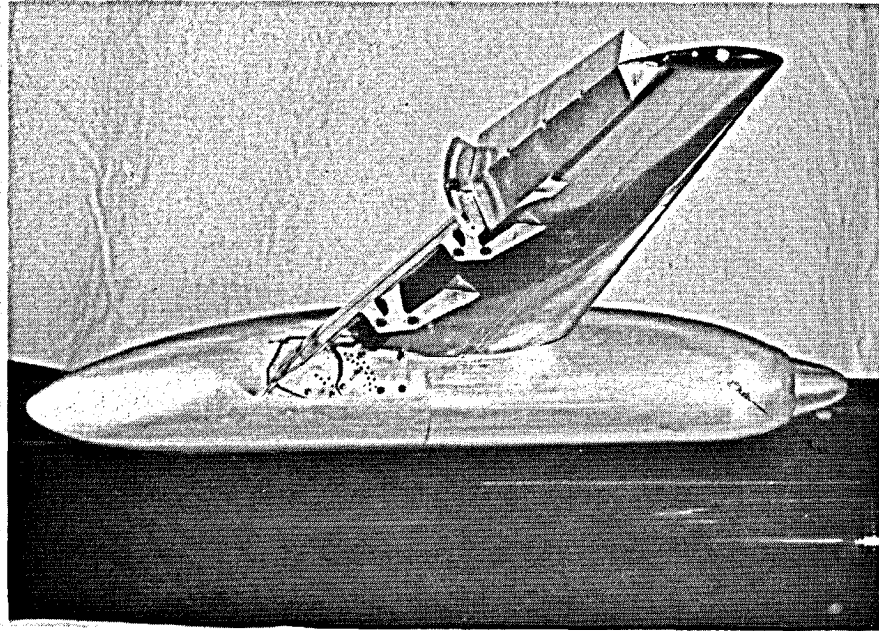


Fig. 4 : De uitvoering van de wigrolroeren en de bevestiging op de vleugel .

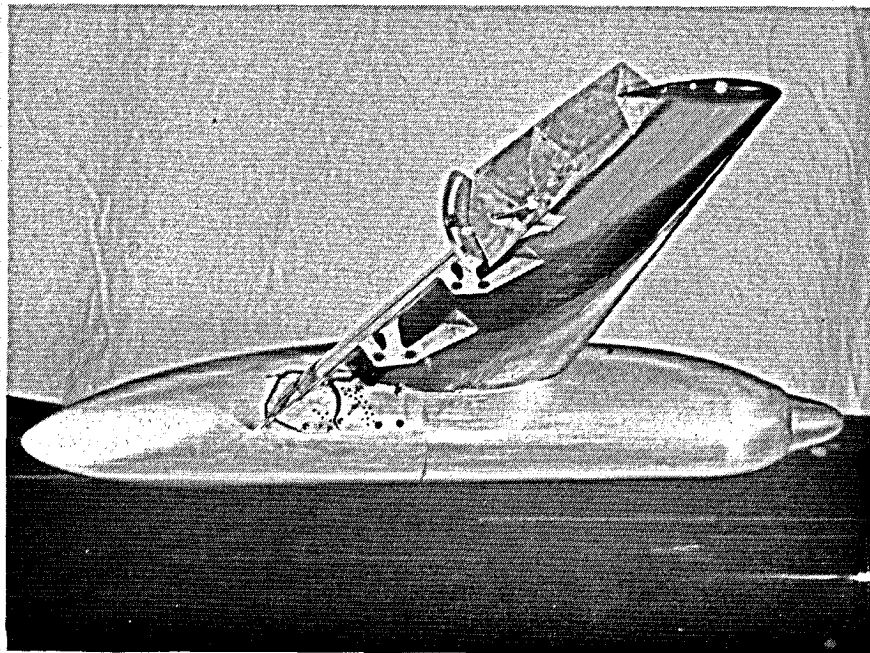


Fig. 5 : Het plaatwerkrolroer in de open uitvoering .

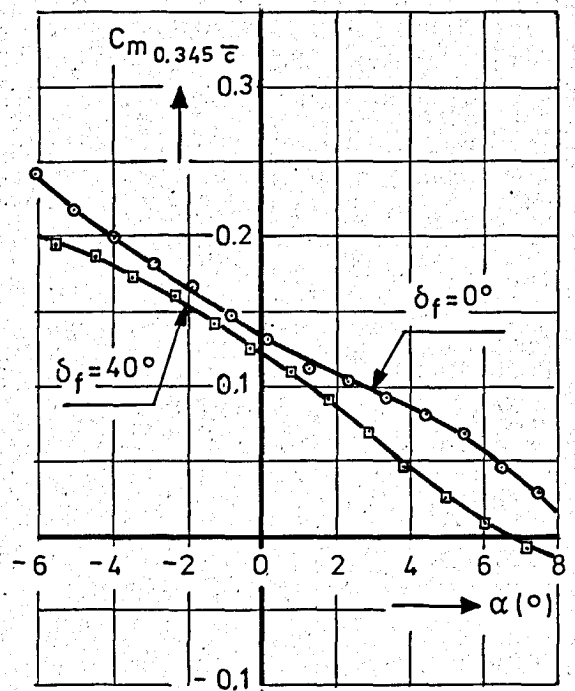
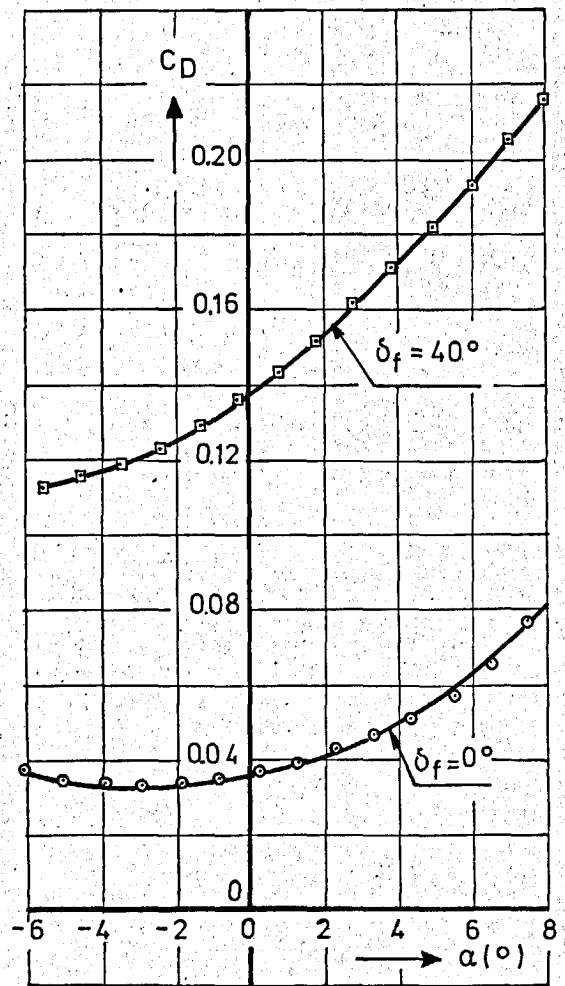
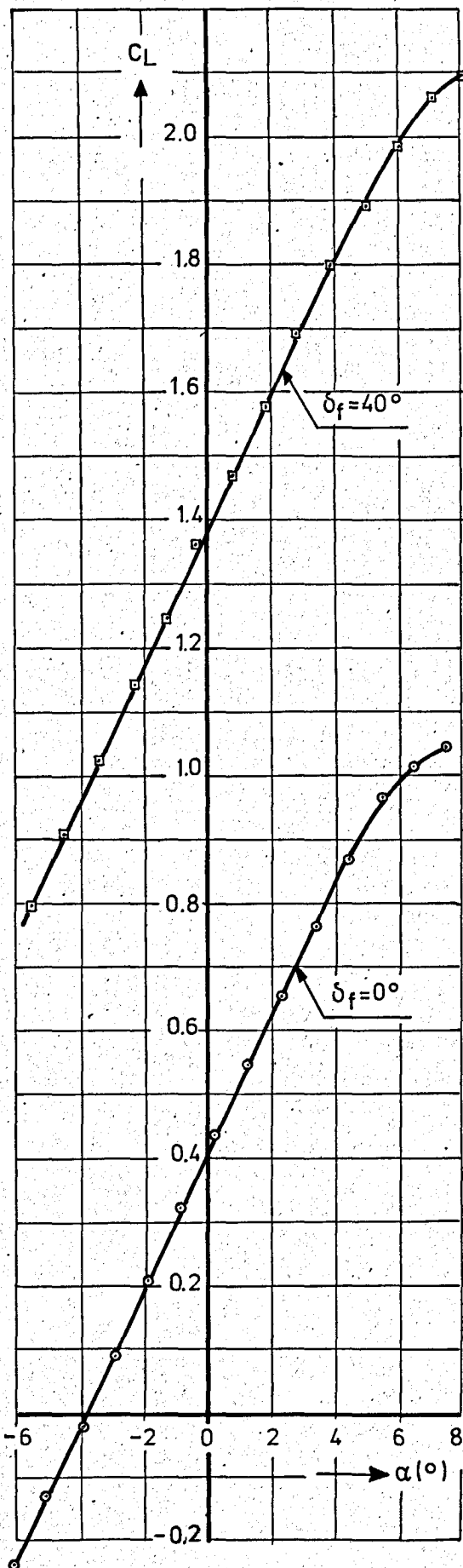


Fig.6: C_L , C_D en C_m als functie van α voor het model met normale rolroeren; klepstanden $\delta_c = 0^\circ$ en 40° . ($\delta_a = 0^\circ$; $Re_{\bar{c}} = 0.7 \times 10^6$)

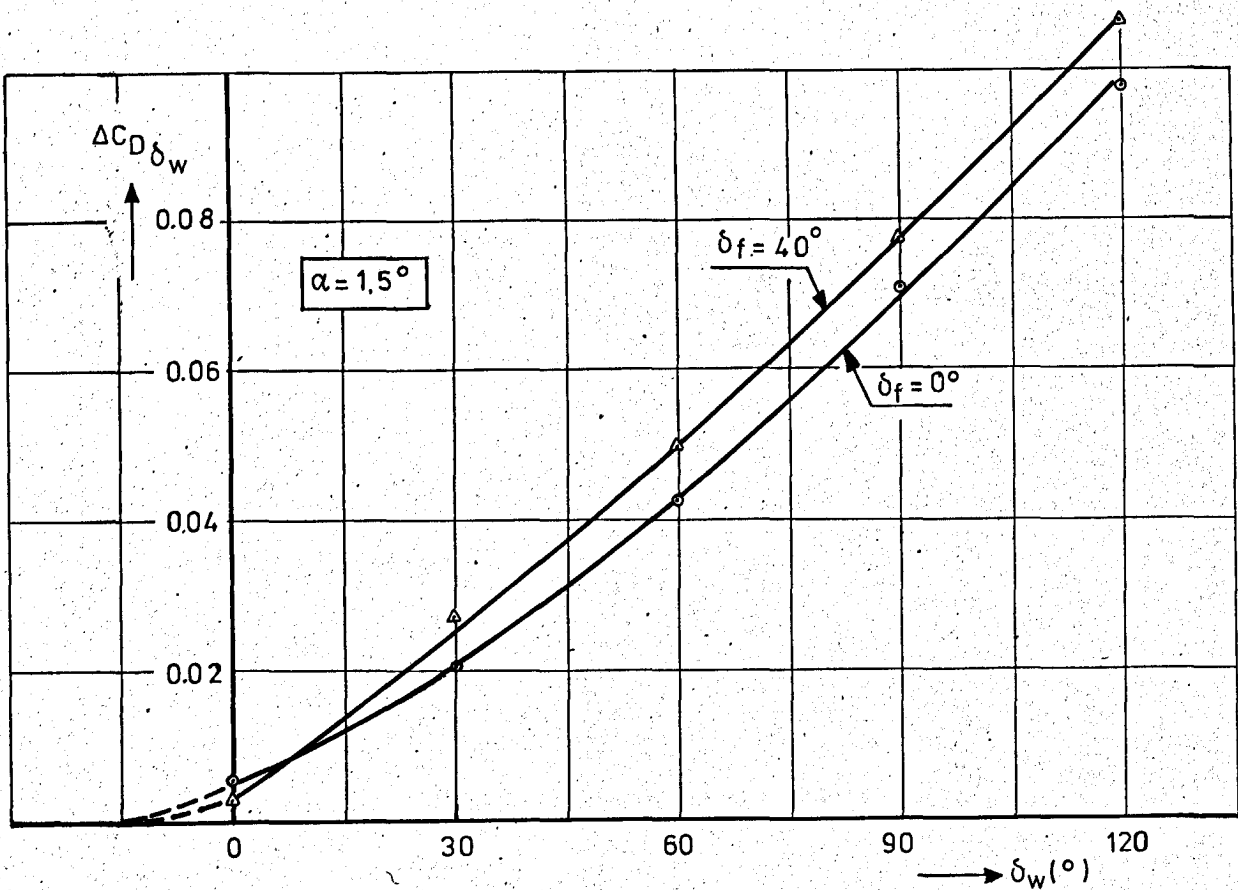


Fig. 7 : De verandering van C_D t.g.v. δ_w ($\delta_a = 0^\circ$)

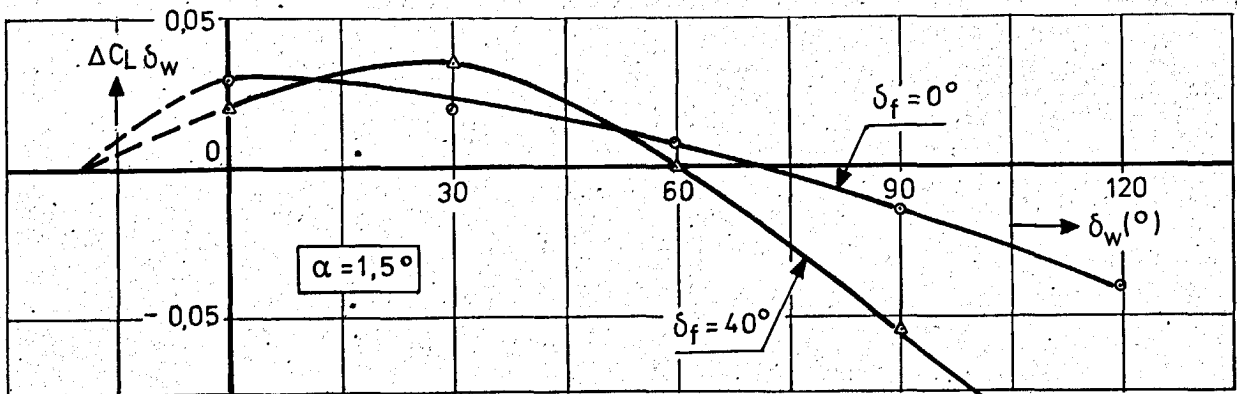


Fig. 8 : De verandering van C_L t.g.v. δ_w ($\delta_a = 0^\circ$)

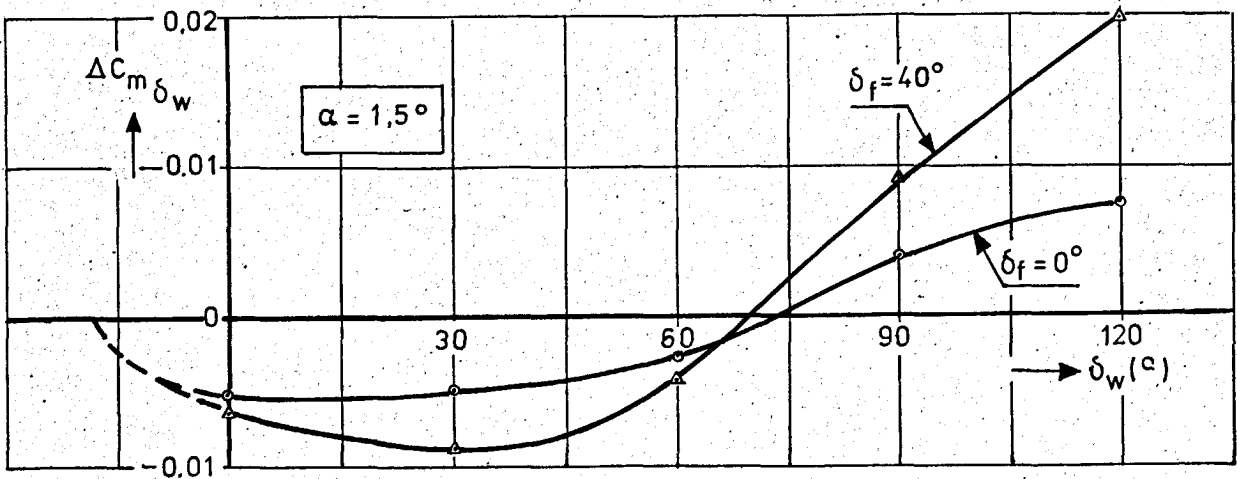


Fig. 9 : De verandering van C_m t.g.v. δ_w ($\delta_a = 0^\circ$; momenten punt op $0,345 \bar{c}$)

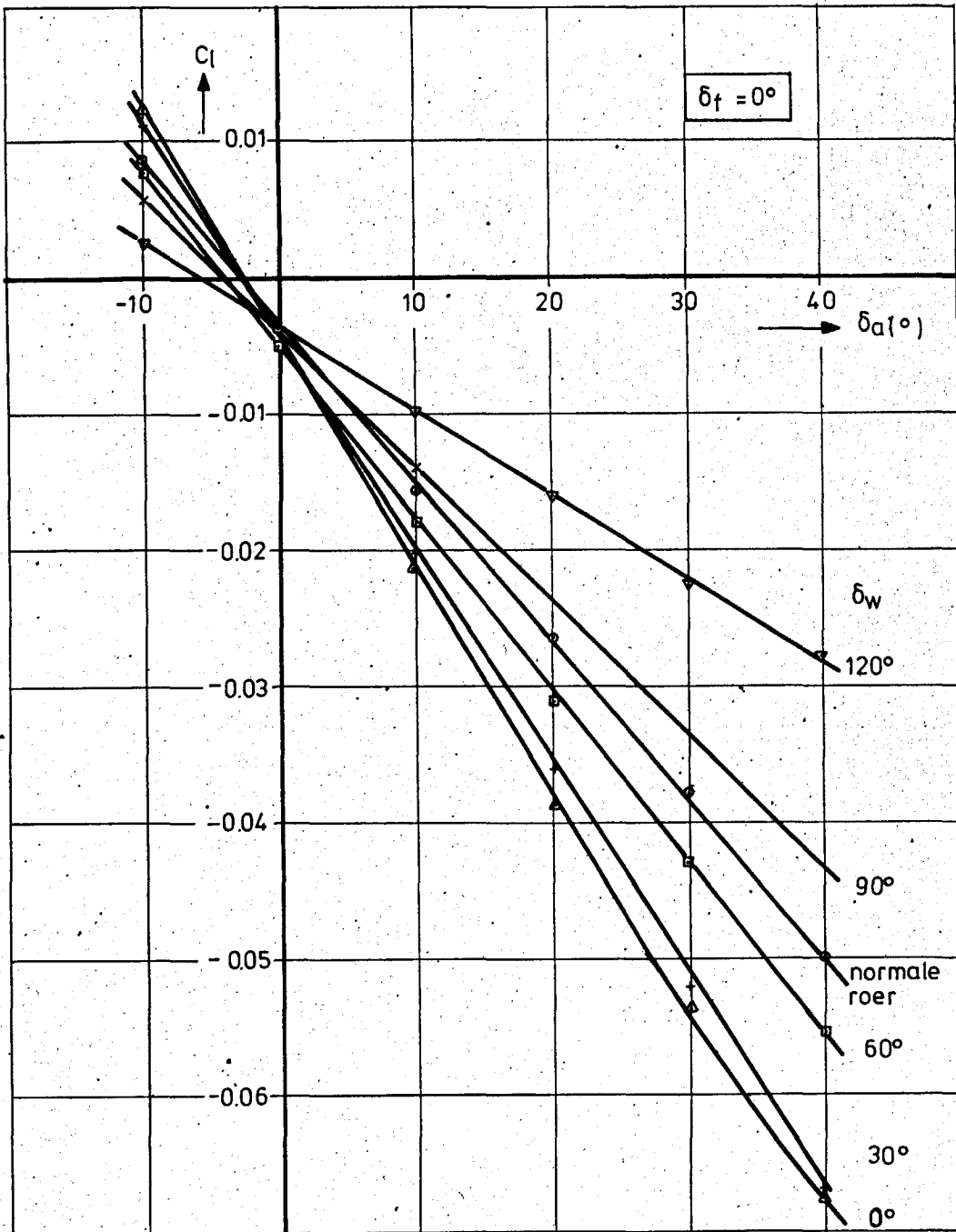


Fig. 10: C_l als functie van δ_a voor constante waarde van δ_w .

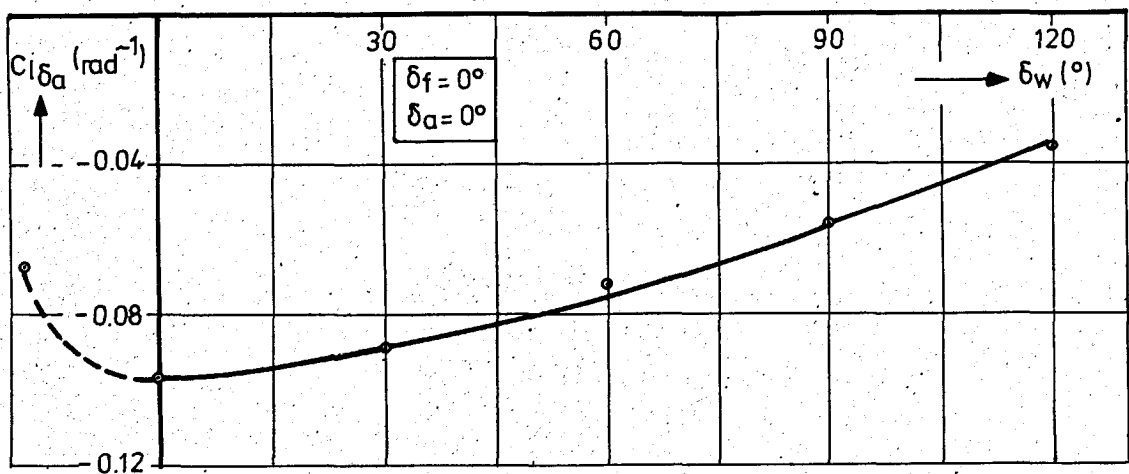


Fig. 11: De invloed van de openingshoek op de rolroer effectiviteit.

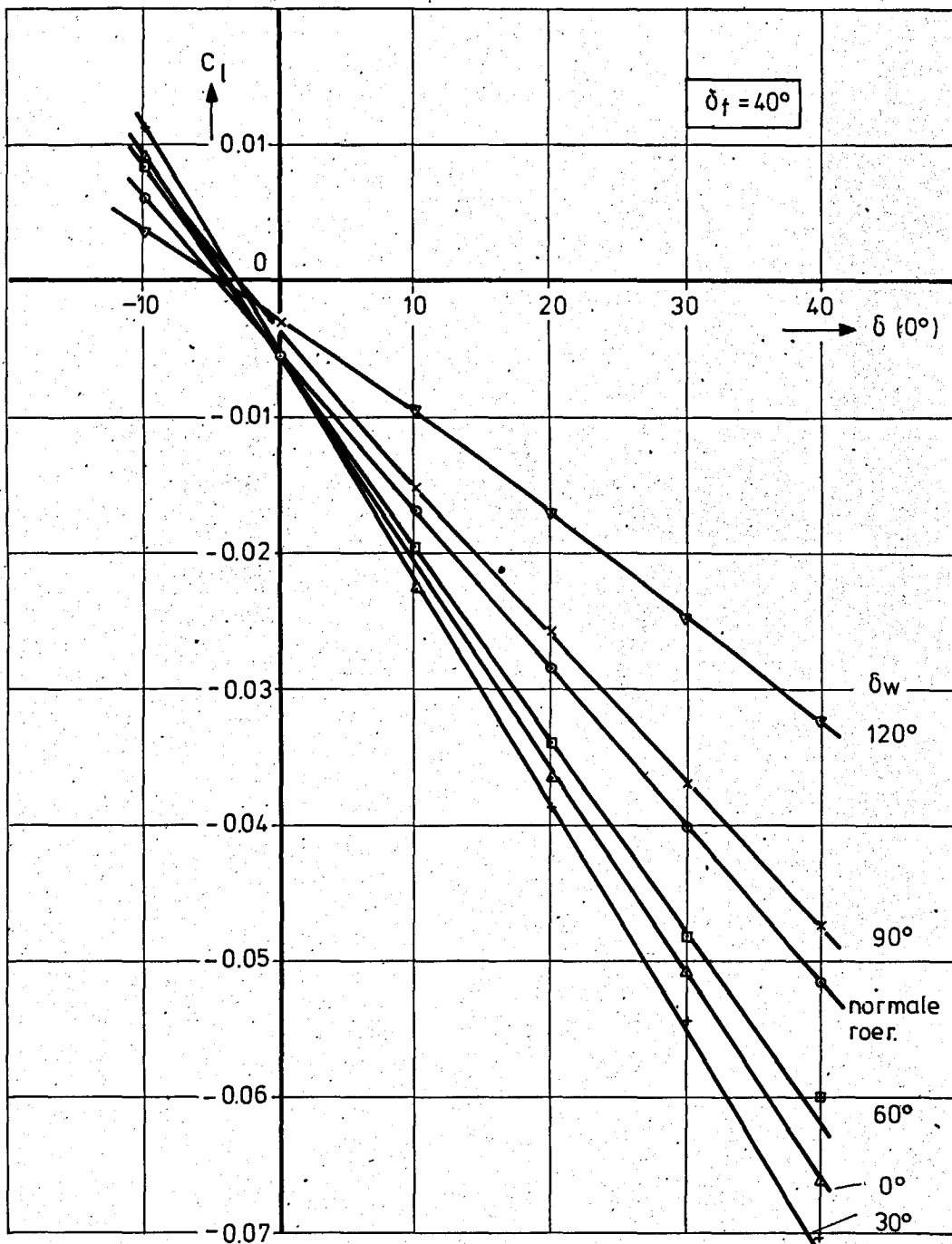


Fig.12: C_l als functie van δ_a voor constante waarden van δ_w .

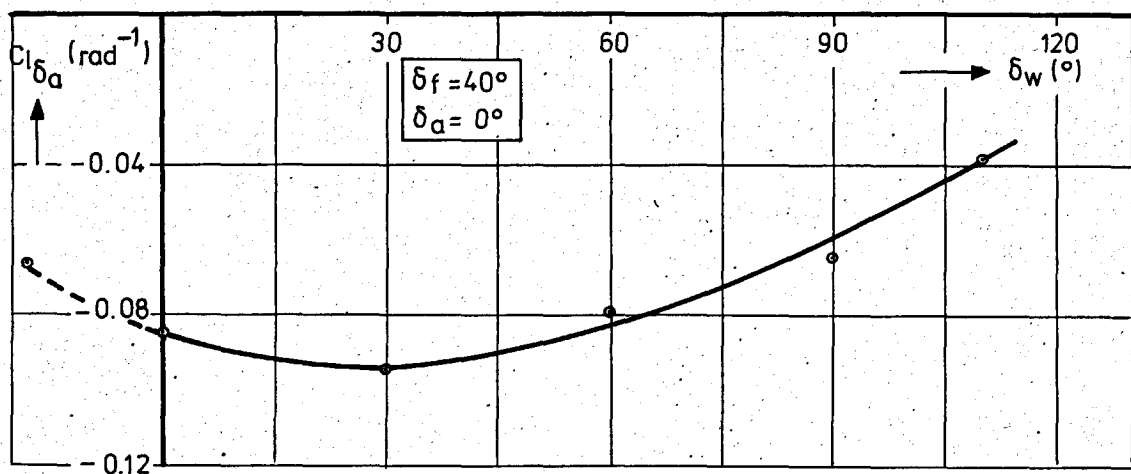


Fig.13: De invloed van de openingshoek op de rolroereffectiviteit.

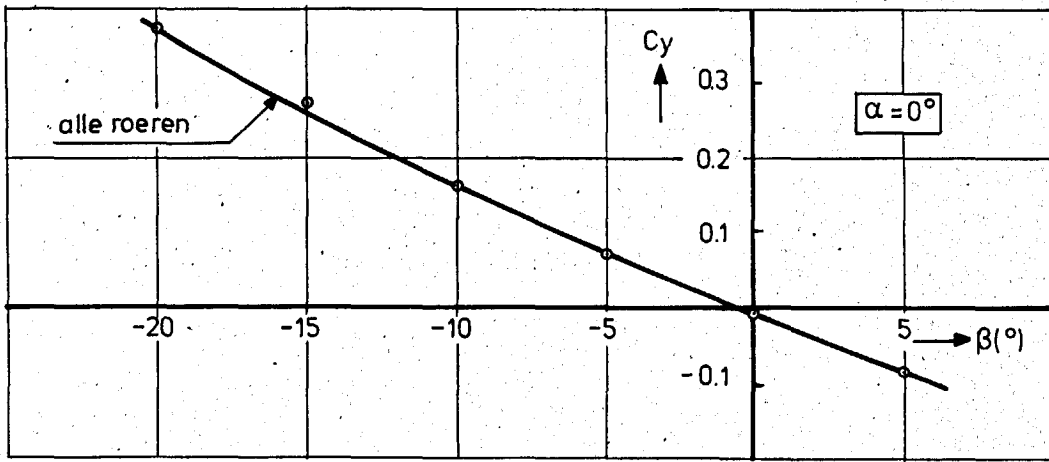


Fig. 14: C_y als functie van β voor verschillende openingshoeken van de rolroeren ($\delta_f = 0^\circ$, $\delta_a = 0^\circ$).

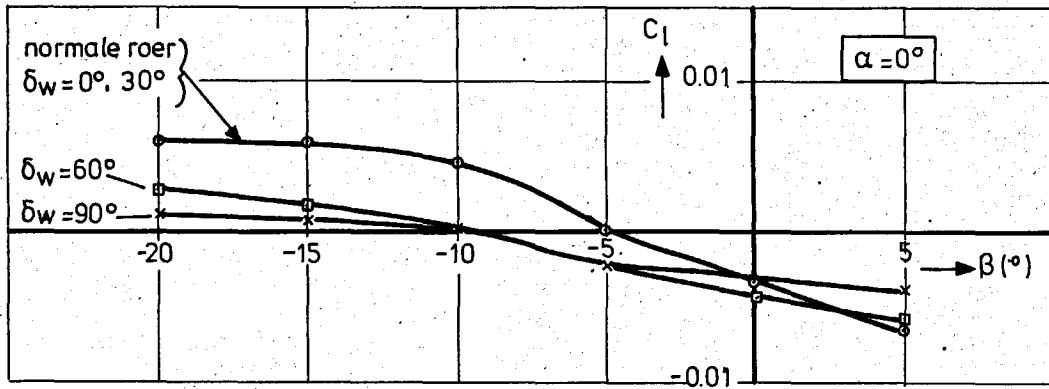


Fig. 15: C_l als functie van β voor verschillende openingshoeken van de rolroeren ($\delta_f = 0^\circ$, $\delta_a = 0^\circ$).

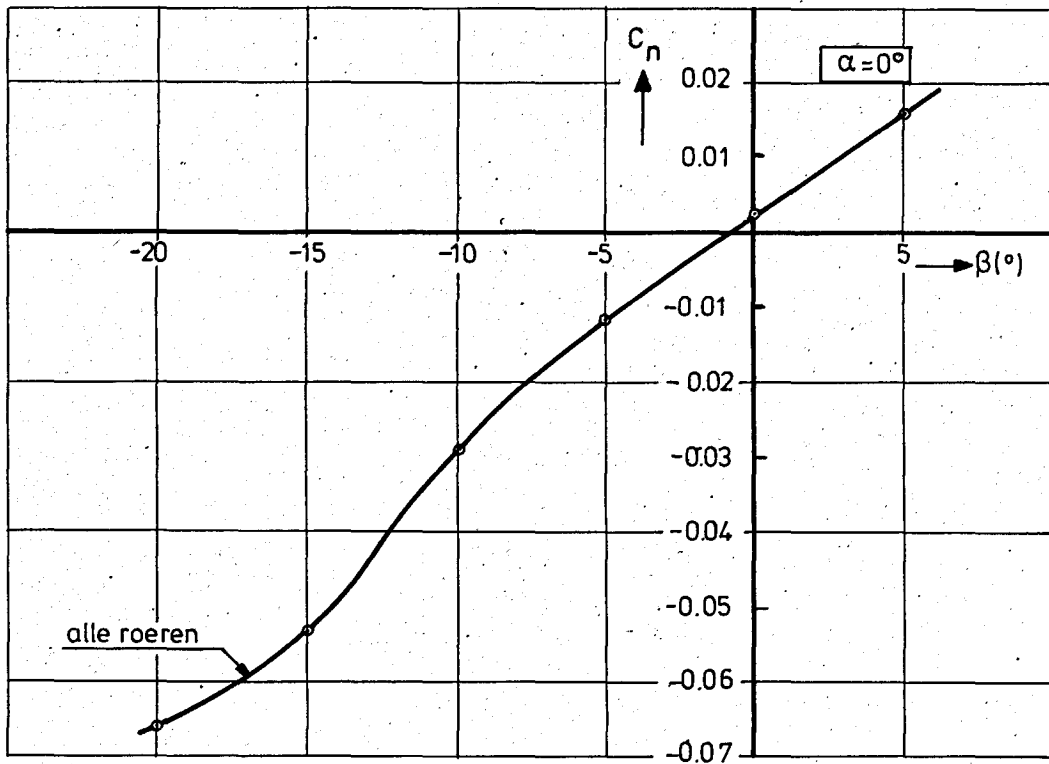


Fig. 16: C_n als functie van β voor verschillende openingshoeken van de rolroeren ($\delta_f = 0^\circ$, $\delta_a = 0^\circ$).