



TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT

VLIEGTUIGBOUWKUNDE

Rapport VTH - 191

**VERGELIJKEND WINDTUNNELONDERZOEK VAN  
PROFIELEN VAN FOKWIEKEN VOOR WINDMOLENS**

door

**ir. P.L. Fauël**

DELFT - NEDERLAND

februari 1975

TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT  
VLIEGTUIGBOUWKUNDE

Rapport VTH-191

VERGELIJKEND WINDTUNNELONDERZOEK VAN PROFIELEN VAN FOKWIEKEN  
VOOR WINDMOLENS

door

P.L. Fauël \*)

Delft-Nederland

februari 1975

---

\*) Gast-onderzoeker van de vakgroep a1

## SAMENVATTING.

Een van de middelen om de werking van de Oud Hollandse windmolen te verbeteren zonder de karakteristieke fraaie vorm van deze molen geweld aan te doen is de toepassing van zgn. "fokwieken" waarbij in plaats van de klassieke voorzoom een gebogen bord, een hulpvleugelachtige "fok" is aangebracht. Dergelijke fokken zijn reeds op vele molens gemonteerd. De praktijk leert dat daardoor verbetering wordt bereikt, maar levert geen getalwaarden op grond waarvan een optimale keuze van fokvorm mogelijk zou zijn. Om in dit gemis enigermate te voorzien zijn in de lage-snelheids windtunnel van de Onderafdeling der Vliegtuigbouwkunde metingen uitgevoerd aan een serie verschillende fokwiekprofielen. De resultaten zijn gegeven in de vorm van grafieken waarin de op de effectieve windsnelheid betrokken coëfficiënt van de kracht-in-het-maalvlak is uitgezet als functie van de verhouding tussen omtrekssnelheid en effectieve windsnelheid. De conclusie is dat met fokwieken inderdaad aanzienlijke verbeteringen zijn bereikt. De resultaten geven echter geen aanleiding te verwachten dat bij handhaving van de thans gangbare eenvoudige uitvoeringsvormen door wijziging van de fokvorm nog belangrijke verbeteringen mogelijk zijn t.o.v. de gunstigste reeds thans in bedrijf zijnde vormen.

## INHOUD

	blz.
Samenvatting	I
Inhoud	I
Notaties	II
1. Inleiding	1
2. Het onderzoek	2
2.1. Algemeen	2
2.2. De proeven in de windtunnel	3
3. De onderzochte profielen	5
4. Enkele resultaten	5
4.1. Fokmodellen type A	5
4.2. "Oud Hollandse wiek"	6
4.3. Fokmodellen type B	6
5. Slotopmerking	6
Tabellen 1 t/m 2	
Figuren 1 t/m 10	

NOTATIES

A,B aanduiding van het fokprofieltype:

A: fok heeft slechts één constante kromtestraal

B: het voorste deel (c) van de fok heeft een kleinere kromtestraal dan het achterste deel.

b fokbreedte (zie tab. 1)

$b_p$  breedte van het gehele profiel (ong. 316 mm in het model)

c breedte van het voorste stuk van de fok (zie tab. 1)

$c_{kV}$  = "maalvlakcoëfficiënt" = coëfficiënt van de kracht K in het maalvlak:

$$\frac{K}{\frac{1}{2}\rho V^2 \cdot S}$$

d fokdiepte (zie tab. 1)

i "invalshoek" gemeten tussen W en het maalvlak

K de component in het maalvlak van de kracht die op het model wordt uitgeoefend (of de kracht die op het beschouwde deel van de molenwiek werkt)

L lengte van het model (gemeten in de richting van de roede) = 600 mm

R kromtestraal van de fok (bij type A)

$R_1$  kromtestraal van het voorste fokdeel (het deel met breedte c)

$R_2$  kromtestraal van het achterste fokdeel

S oppervlak van het model ( $S=L \cdot b_p$ ); of van het deel van de molenwiek waarop de kracht K werkt

s wijdte van de spleet tussen de roede en het achtereind van de fok

$U_m$  omtreksnelheid van het beschouwde punt van de wiek (of de snelheidscomponent die daarmee overeenkomt bij de windtunnelproef)

v voorsprong (zie tab. 1)

V de "effectieve natuurlijke wind ter plaatse van de molenwiek" (de grootte hiervan is kleiner dan die van de natuurlijke wind  $V_0$  die op enige afstand voor de molen heerst)

W de resultante van V en  $-U_m$  bij de werkelijke molen; ook: de ongestoorde luchtsnelheid in de windtunnel

$\theta$  instelhoek van de fok (zie tab. 1)

1 t/m 5 foknummers (zie tabel 1)

A 1 t/m A 4 modellen met fok A

O model: "Oud Hollands Wiek"

B I t/m B VI modellen met fok B

## 1. INLEIDING.

Een van de middelen om de werking van de Oud Hollandse windmolen te verbeteren zonder de karakteristieke fraaie vorm van deze molens geweld aan te doen is de toepassing van zgn. "fokwieken". Het kenmerk van een fokwiek is dat de vaste voorzoom die aan de wiek van een Hollandse molen voorkomt is vervangen door een gebogen bord dat wat zijn werking op de molenviek betreft vergelijkbaar is met een fok bij een zeilboot, of een zgn. hulpvleugel bij een vliegtuigvleugel. Een dwarsdoorsnede (profiel) van een fokwiek is onder tabel 1 geschetst.

Dergelijke fokwieken zijn reeds sedert 1946 in bedrijf; zij zijn inmiddels op meer dan een 100 tal molens toegepast. Het idee fokwiek verkreeg octrooi 56997 in 1944.

Bij de meeste fokwieken heeft de doorsnede van de fok de vorm van een enkele cirkelboog; deze worden hierna met "foktype A" aangeduid. De grootste diepte (d) bevindt zich daarbij in het midden van de breedte (b). De verhouding d/b ligt bij de uitgevoerde fokken tussen 0,08 en 0,13.

Een paar molens kregen fokken waarbij de grootste diepte van de gebogen plaat meer naar voren lag; dergelijke fokken worden hierna met "foktype B" aangeduid. De fokken worden vervaardigd uit schroten die hol en bol zijn bewerkt en aan de smalle zijkanten geploegd. Met het oog op de eenvoud wordt het fokprofiel van het type B samengesteld uit slechts twee cirkelbogen waarvan de voorste de kleinste kromtestraal heeft. Bij de eerste zo uitgevoerde fokken was d/b slechts 0,09; c/b = 0,34.

Enkele andere molens hebben langs een omweg fokken van type B gekregen:

Een molenaar, die een poldermolen met wieken voorzien van een stroomlijnvormige neus (Dekker zoals geschetst op blz. 50 van het Zuid-Hollandse Molenboek 1961) bemaalde, verwijderde uit eigen beweging het vlakke gedeelte van die neus, dat is het gedeelte dat overeenkomt met de voorzoom van de Oud Hollandse wiek. Er bleef toen een fokwiek over volgens octrooi 56997. Volgens de molenaar gedroeg die molen zich zonder die "voorzoom" zoveel beter dan voorheen dat dit vlakke gedeelte niet meer werd aangebracht.

Dezelfde operatie werd uitgevoerd bij een paar andere molens die met wieken met een dergelijke neus waren uitgerust. De overblijvende fok -dat is de achterwand van de "neus" - heeft als profiel, zoals wijlen A.J. Dekker mededeelde, een ellipsboog. Zij kunnen dus worden opgevat als fokken van het type B. Bij een nagemeten profiel was d/b 0,18 en c/b gelijk 0,37.

Ook de korenmolen "de Hoop" te Oud-Alblas heeft wieken met fokken van type B naar ontwerp van I. J. de Kramer. Daar is d/b = 0,17 en c/b = 0,37.

De praktijk heeft geleerd dat de toepassing van fokwieken de eigenschappen van windmolens merkbaar kan verbeteren. Uit de onder verschillende omstandigheden verkregen praktijkgegevens kunnen echter moeilijk getalwaarden worden afgeleid op grond waarvan een optimale fokvorm zou kunnen worden gekozen. Om in deze lacune enigermate te voorzien zijn in sept. '73 enkele vergelijkende profielmetingen uitgevoerd in de lage-snelheids windtunnel van de onderafdeling der Vliegtuigbouwkunde van de Technische Hogeschool te Delft.

## 2. HET ONDERZOEK.

### 2.1. ALGEMEEN.

Bij het werk in de windtunnel was niet een complete molen of een volledige molenwiek object van onderzoek; er werd slechts gemeten aan een verkleind model (schaal 1:7,5) van een "moot" van een windmolenwiek, d.w.z. een model van een deel van een molenwiek tussen twee naburige dwarsdoorsneden, maar dan zonder torsie (zonder "zeeg").

Een dwarsdoorsnede van een wiek loodrecht op de roede wordt een "profiel" genoemd. In fig. 1 is een schets gegeven van de stromingssituatie ter plaatse van zo'n profiel.

Als gevolg van de draaiing van het wiekenkruis zal een profiel zich in het maalvlak met een omtrekssnelheid  $U_m$  voortbewegen. Het profiel beweegt daarbij door lucht die als gevolg van de natuurlijke wind met een snelheid  $V$  t.o.v. de molen stroomt. Deze snelheid, de "effektieve windsnelheid" is niet gelijk aan de snelheid  $V_0$  van de natuurlijke wind op enige afstand voor de molen. De snelheid  $V$  waarmee het maalvlak wordt doorstroomd is als gevolg van de remmende werking van de molenwieken en - voor het molenlichaam - ook als gevolg van de storende aanwezigheid van dat lichaam, kleiner dan de windsnelheid  $V_0$  op de open vlakte. Ter bepaling van de gedachten kan worden gesteld dat  $V$  ongeveer  $2/3$  van  $V_0$  kan zijn.

De snelheden  $U_m$  en  $V$  hebben tot gevolg dat men, als men zich met het profiel zou meebewegen, de lucht zou zien toestromen met de snelheid  $W$  uit een richting die een hoek  $i$  maakt met het maalvlak (zie fig. 1).

De toestand is niet voor elk punt van een wiek gelijk:  $U_m$  is groter naarmate de afstand tussen het beschouwde profiel en de molenas groter is; bovendien is ook  $V$  niet in alle punten even groot; voorts is noch de draaisnelheid van de molen, noch de windsnelheid geheel constant in de loop van de tijd. Eigenlijk is het dus heel moeilijk aan te geven wat de invloed van een wijziging van het wiekprofiel zou zijn op de eigenschappen van de molen als geheel. Nu is het niet zo dat alle delen van de wiek evenveel doen.

De profielen dicht bij de as doen weinig omdat hun snelheid  $U_m$  klein is; de profielen bij de tippen doen ook niet veel omdat de toestromende wind om de tippen heen gemakkelijk aan de greep van de molen kan ontsnappen. Voor de opbrengst van de molen blijkt vooral de werking van de profielen op ongeveer  $3/4$  van de wiek Lengte van belang te zijn. Bij het onderzoek in de windtunnel werden daarom modellen gebruikt met profielen die overeenkomen met wiekprofielen ter hoogte van ongeveer  $3/4$  wiek Lengte, gemeten uit de as.

Bij alle onderzochte modellen was het achterste deel van het profiel (roede + zeil) steeds hetzelfde; bij het ontwerp daarvan is uitgegaan van het wiekprofiel van de molen "de Hoop" te Oud Alblas; de schoothoek van het zeil - de hoek tussen het vlak van het zeil en het maalvlak - is  $7,5$  graden.

## 2.2. DE PROEVEN IN DE WINDTUNNEL.

Zoals in par. 2.1. is uiteengezet (fig. 1) wordt een profiel van een molenwiek onder een hoek  $i$  aangestroomd door een "schijnbare wind"  $W$  die de resultante is van de snelheden  $V$  en  $-U_m$ . Daarbij wordt door de lucht op het profiel een kracht uitgeoefend waarvan thans alleen de component  $K$  in de richting van de omtreksnelheid  $U_m$  interessant is. De hoek  $i$  is afhankelijk van de verhouding tussen de effectieve windsnelheid  $V$  en de omtreksnelheid  $U_m$ .

In de windtunnel waarin een windsnelheid  $W$  kan worden opgewekt werd deze toestand nagebootst door een model van een "moot" van een molenwiek zó op te stellen dat het profiel onder een invalshoek  $i$  wordt aangeblazen. Het model dat uit staal was vervaardigd (ook het zeil is door een staalplaat nagebootst), was daarbij zo aan het weegsysteem van de tunnel bevestigd dat de op het model uitgeoefende kracht  $K$  in het maalvlak direct kon worden gemeten. Door het model (met het weegsysteem) te draaien kon aan de hoek  $i$  elke gewenste waarde worden gegeven, daarmee het effect nabootsend van verandering van de omtreksnelheid  $U_m$  en/of de effectieve windsnelheid  $V$ . Voor de opstelling kan naar fig. 2 en 3 worden verwezen. In het horizontale windtunnelkanaal dat  $1,8$  m breed en  $1,25$  m hoog is, werd het model met de roede verticaal opgesteld tussen twee vlakke horizontale eindplaten, die nodig zijn om het karakter van het meten aan een "moot", die immers geen tippen heeft, te bewaren. De onderlinge afstand tussen die platen, die gelijk is aan de lengte van het model was  $600$  mm. De bovenkant van het model was vast bevestigd aan een los cirkelvormig middendeel van de bovenste eindschijf dat met het weegsysteem van de windtunnel is verbonden.

Tussen de onderkant van het model en de onderste eindschijf was een nauwe spleet opengelaten. Op een vel papier dat in die spleet werd geschoven kon het profiel van het onderzochte model worden afgetekend.

De luchtsnelheid  $W$  in de tunnel werd bij de proeven op een zodanige waarde ingesteld dat verwacht mag worden dat de stromingstoestand om het model redelijk gelijkvormig is aan die om het afgebeelde werkelijke molenwiek-profiel in bedrijfstoestand  $\ast$ ).

In dat geval is de opgewekte kracht  $K$  evenredig met het oppervlak  $S$  van het model, met de dichtheid van de lucht en met het kwadraat van de luchtsnelheid. Het is daarom gebruikelijk en verstandig niet de gemeten waarden van  $K$  zelf op te geven, maar die van zgn. "dimensieloze coëfficiënten". Voor het in dit rapport nagestreefde doel is vooral de "maalvlakcoëfficiënt"  $c_{kV}$  van belang; deze is gedefinieerd door:

$$c_{kV} = \frac{K}{\frac{1}{2}\rho V^2 \cdot S}$$

waarbij voor het oppervlak  $S$  het product van lengte en breedte van het beschouwde deel van de wiek wordt genomen (voor het model:  $S = 0,6 \times 0,318 = 0,191 \text{ m}^2$ )

De waarde van  $c_{kV}$  kan direct als een maat voor de trekqualiteit van het beschouwde profiel bij de waarde van  $i$  waarvoor hij geldt worden beschouwd. Immers, wanneer men bij de vergelijking van profielen uitgaat van gelijke waarden van de effectieve windsnelheid  $V$ , hetgeen enigszins voor de hand ligt, dan is de "trekkracht"  $K$  van even grote maar verschillend gevormde profielen evenredig met de waarde van  $c_{kV}$ .

Om een overzicht van de profieleigenschappen te krijgen is  $c_{kV}$  in de figuren 7, 8 en 9 uitgezet op de verhouding  $U_m/V$  die op zijn beurt weer direct samenhangt met de invalshoek  $i$ ; ook waarden van  $i$  zijn in de grafieken aangegeven.

---

$\ast$ ) Om de bedoelde gelijkvormigheid van stromingen te verkrijgen is het wenselijk dat het product van (snelheid) en (modelafmeting) ongeveer gelijk is als een overeenkomstig product in de ware-grootte situatie. Aangezien de breedte van de toegepaste modellen ongeveer 7,5 maal zo klein is als de breedte van werkelijke windmolenwieken moet de snelheid in de windtunnel ongeveer 7,5 maal zo groot zijn als de overeenkomstige snelheid  $W$  in werkelijkheid. In verband met de sterkte van de modellen werd het niet wenselijk geacht de luchtsnelheid in de tunnel hoger te kiezen dan 60 m/s. Bij  $i$  kleiner dan  $30^\circ$  werd daarom bij 60 m/sec gemeten; bij de  $i$ -waarden tussen  $30^\circ$  en  $90^\circ$  werd gemeten bij een tunnelsnelheid van  $30/(\sin i)$  m/sec, hetgeen in dat gebied van invalshoeken overeenkomt met een effectieve windsnelheid  $V$  van 4 m/sec.



Indien bij een bepaalde invalshoek  $i$ , dus bij een bepaalde verhouding tussen omtreksnelheid en windsnelheid, de waarde van  $c_{kV}$  voor een zeker profiel  $P_1$  zeg 8% hoger is dan die voor een ander profiel  $P_2$ , dan is bij die hoek  $i$  ook de kracht  $K$  die per  $m^2$  op een werkelijke molenwiek met profiel  $P_1$  wordt uitgeoefend 8% groter dan de kracht die per  $m^2$  op een wiek met profiel  $P_2$  werkt, indien tenminste de sterkte van  $V$  (dus ook die van de natuurlijke wind) in beide gevallen gelijk is.

### 3. DE ONDERZOCHE PROFIELEN.

Een overzicht van alle onderzochte profielen is in tabel 1 gegeven.

In die tabel is ook aangegeven waar voor die profielen afbeeldingen en maten; een tabel met meetresultaten en grafieken  $c_{kV} - U_m/V$  zijn gegeven. Tevens zijn onder tabel 1 nog enige aanvullende opmerkingen over de onderzochte profielen verzameld.

### 4. ENKELE RESULTATEN.

#### 4.1. FOKMODELLEN TYPE A, (zie fig. 7 en voor model A3 ook fig. 9).

Bij de modellen A 1, A2 en A3 is  $c_{kV}$  bij  $U_m/V = 0,6$  weer ongeveer gelijk aan de waarde bij stilstand ( $U_m=0$ ). Bij verder toenemen van de draaisnelheid boven  $U_m/V = 0,6$  neemt  $c_{kV}$  niet steeds voortdurend toe. De fokken van type A blijken de minder mooie eigenschap te hebben dat het verloop van  $c_{kV}$  tussen  $U_m/V = 1$  en  $1,4$  een "inzinking" vertoont, althans bij de modellen A 1, A2 en A3; bij model A4 komt die "inzinking" bij hogere  $U_m/V$  voor.

Het was de bedoeling het fokprofiel 4 (in model A4) te onderzoeken met een voorsprong van 28 mm, maar dit fokmodel paste bij die stand niet aan de roede; fok 4 werd toen met een voorsprong van 34 mm aan de roede bevestigd. Zo ontstond model A4 dat, met een overdreven voorsprong, bij lage  $U_m/V$  een grote  $c_{kV}$  heeft maar over de top niet tot grote snelheid komt (vermogen is kracht maal snelheid).

Een ander uiterste is model A 1 met voorsprong van slechts 8 mm. Bij  $U_m/V = 1,4$  is  $c_{kV}$  nog slechts 0,5, hij schiet dan bij  $U_m/V = 2,1$  naar  $c_{kV} = 2,3$  en bij  $U_m/V = 3,7$  levert model A 1 de meeste energie van de vier onderzochte modellen met fokken A. Het verloop van  $c_{kV}$  van het model A 1 doet denken aan de eigenschappen van een gestroomlijnd wiekprofiel met kleine schoothoek. Als deze wordt toegepast bij een poldermolen die onder belasting moet aanlopen komt de molen moeilijk op gang en is hij bij voldoende wind eenmaal in bedrijf, dan kan er neiging ontstaan om te gaan hollen.

#### 4.2. "OUD HOLLANDSE WIEK" ; Model 0 (zie fig. 7).

Dit model ontstond door aan de modelroede op de hoek-voorkant/bordzijde een 61 mm brede vlakke plaat (voorzoom) te bevestigen onder een hoek van  $20^{\circ}$  met het maalvlak. Zoals ook onder tabel 1 is vermeld is de zeilschoot-hoek in het model kleiner dan voor een Oud Hollandse poldermolen normaal zou zijn (7,5 in plaats van minstens 10 graden). Voor een vergelijking van de trekkracht van een wiek van de onderzochte vorm 0 met een wiek met fokken van het type A kan worden verwezen naar de grafiek in fig. 7.

#### 4.3. FOKMODELLEN TYPE B ; (zie fig. 8 en voor model B I ook fig. 9).

In fig. 8 zijn de resultaten voor vier van de onderzochte fokmodellen B in grafiek gegeven. Om het beeld niet onduidelijk te maken zijn de meetpunten voor de modellen B V en B VI niet opgenomen; uit tabel 2 blijkt dat het  $c_{kV} - U_m/V$  verloop van model B VI bij  $U_m/V=1$  ook een kleine inzinking vertoont.

In fig. 9 zijn ter vergelijking de resultaten voor het model A 3 (met fok van het type A) en model B I (het model dat overeenkomt met de wiek van de molen "de Hoop" met een fok van type B) in één grafiek gegeven. Bij verschillende waarden van de invalshoek is ook de verhouding van de trekkrachten van deze twee modellen genoteerd. In het gebied van  $U_m/V$  tussen 0 en 1, dus bij het aanlopen, is de trekkracht van fok B,5 tot 15% kleiner dan die van het model met fok A, maar bij een snelheidsverhouding groter dan 1 is  $c_{kV}$  van het model met fok B (met uitzondering van het punt bij  $U_m/V=1,75$ ) belangrijk groter dan die van het model met fok A.

Vergelijking van de figuren 7, 8 en 9 leert dat model B I (dat overeenkomt met de wiek van molen "de Hoop") bij  $U_m/V$  groter dan 2 de grootste waarden van  $c_{kV}$  levert van alle onderzochte modellen.

#### 5. SLOTOPMERKING.

Tot slot moet er op worden gewezen dat het niet mogelijk is uit de gegeven resultaten zonder meer de prestaties van een bepaalde windmolen te berekenen. In de eerste plaats gelden de gegeven resultaten slechts voor "profielen"; voorts moet worden bedacht dat de grootheid V niet gelijk is aan de snelheid van de natuurlijke wind; V is slechts de snelheid waarmee de lucht het maalvlak doorstroomt, de zgn. "effectieve wind". Als gevolg van de aanwezigheid van de molen is V kleiner dan de windsnelheid op de open vlakte. Wel zijn de resultaten bruikbaar voor vergelijking van de kwaliteit van verschillende wiekprofielen bij gelijke waarden van V en  $U_m/V$ .

Uit de metingen blijkt dat, wanneer een geschikte fokvorm wordt gekozen over het gehele gebied van waarden van  $U_m/V$  een reële verbetering t.o.v. de Oud Hollandse molenwiek wordt bereikt.

Het onderzoek gaf overigens geen aanleiding tot het vermoeden dat bij handhaving van de thans gangbare eenvoudige uitvoeringsvormen van de fokwieken door wijziging van de vorm t.o.v. bijvoorbeeld model B I nog belangrijke verbeteringen kunnen worden bereikt.

Tenslotte wil de schrijver nog een woord van dank wijden aan prof.dr.ir. J.L. van Ingen en ir. E. Dobbinga voor de prettige besprekingen over stromingsproblemen en de bereidheid om de modellen in de tunnel te laten onderzoeken, aan de heer M.H.W. van Heuven voor het ontwerp van de modellen en aan de heren J.W. Kleyn en H. Keus voor het doen van de metingen.

TABEL 1

Overzicht van de gemeten modellen (schaal 1:7,5).

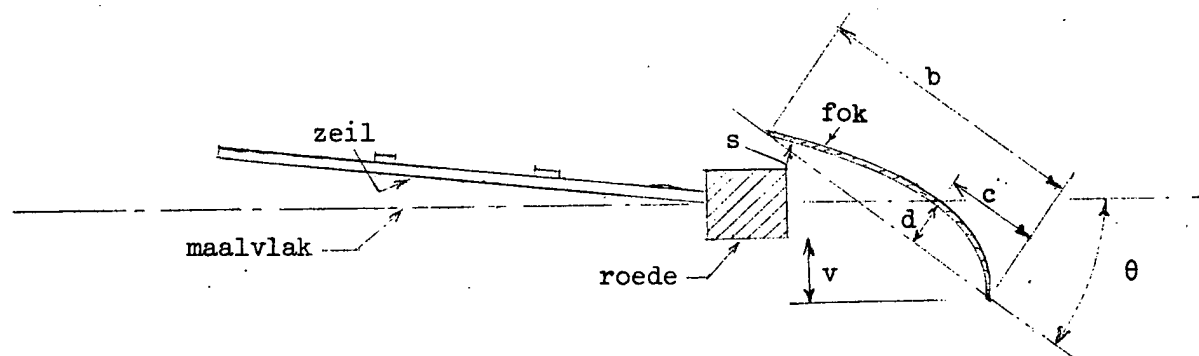
no:	type	fok						model no:	fig.	tabel	$c_{kV} - U_m / V$		
		afmetingen			v voor- sprong mm	s spleet- wijde mm	$\theta$ stand- hoek				grafiek	fig.	sym- bool:
		d/b	c/b	b mm									
1	A	0,085	0,5	94	8	10	27°	A1	4	2	7		
2	A	0,094	"	98	17	10	33,5°	A2	"	"	7		
3	A	0,107	"	103	21	10	34,5°	A3	"	"	7 9 }		
4	A	0,127	"	109	34	9	40,5°	A4 <del>xxx</del> )	"	"	7		
geen fok		"Oud Hollandse Wiek" (61)						0 <del>xx</del> )	5a	"	"	7	
5	B	0,17	0,37	98	14	10	29°	B Ix)	5c	"	9 8 }		
5	B	"	"	"	21	10	35°	B II	6	"	8		
5	B	"	"	"	28	10	39°	B III	"	"	8		
5	B	"	"	"	14	15	38°	B IV	"	"	8		
5	B	"	"	"	20	6	32°	B V	"	"	-	-	
5	B	"	"	"	9	14	28°	B VI	"	"	-	-	

\* ) Het profiel van model BI is gelijkvormig aan dat van de korenmolen "de Hoop te Oud-Alblas. Op grond van opmetingen aan deze molen werd in het model een schoothoek van het zeil van 7,5° toegepast.

Deze hoek werd voor alle andere onderzochte modellen aangehouden; het model van roede en zeil was voor alle modellen hetzelfde; de profielen verschillen alleen in vorm en stand van de fok.

xx) De zeilbreedte, de doorsnede van de roede en de voorzooombreedte komen overeen met die van een poldermolen. Bij het model is de zeilschoothoek echter evenals bij alle andere modellen gelijk aan 7,5°. De hoek is voor een Oud Hollandse poldermolen abnormaal; bij de uitgevoerde wieken is deze hoek minstens 10°. De hoek tussen de voorzoom en het maalvlak (20° in het model) lijkt wat groot; bij een poldermolen werd 18,5° gemeten.

xxx) Het was de bedoeling fokprofiel 4 bij een voorsprong van 28 mm te onderzoeken; het bleek echter niet mogelijk deze fok met de gewenste voorsprong aan de roede te monteren. Er is toen genoeg genomen met de overdreven grote voorsprong van 34 mm.



TABEL 2.

Overzicht van de gemeten waarden van  $c_{kV} = K/(\frac{1}{2}\rho V^2 S)$ .

Foktype	A	A	A	A	Oud Holl.	
Fokno:	1	2	3	4	wiek	
v-s(mm)	8-10	17-10	21-10	34-9		
Model no:	A 1	A2	A3	A4	0	
i	$U_m/V$	$c_{kV}$				
90°	0,	0,328	0,377	0,402	0,483	0,318
80	0,176	0,312	0,354	0,387	0,466	0,320
70	0,364	0,307	0,350	0,389	0,478	0,329
60	0,577	0,314	0,361	0,407	0,527	0,346
55	0,700	0,346	0,388	0,456	0,667	0,428
50	0,839	0,394	0,540	0,620	0,765	0,531
45	1	0,504	0,590	0,672	1,072	0,612
40	1,192	0,416	0,505	0,600	1,800	0,663
35	1,428	0,487	0,865	1,150	2,120	0,695
30	1,732	1,048	1,515	2,024	2,032	0,864
25	2,145	2,330	2,424	2,480	2,400	1,630
20	2,747	2,342	2,250	2,420	1,640	0,914
15°	3,732	1,715	1,535	1,535	0,268	-1,260
symbol:						

Foktype	B	B	B	B	B	B	
fokno:	5	5	5	5	5	5	
v-s(mm)	14-10	21-10	28-10	14-15	20-6	9-14	
Model no:	B I	BII	BIII	BIV	BV	BVI	
i	$U_m/V$	$c_{kV}$					
90	0	0,381	0,417	0,468	0,421	0,369	0,402
80	0,176	0,356	0,395	0,440	0,395	0,352	0,370
70	0,364	0,352	0,392	0,446	0,384	0,352	0,356
60	0,577	0,365	0,416	0,600	0,402	0,508	0,370
55	0,700	0,388		0,715	0,487	0,404	0,402
50	0,839	0,555	0,630	0,785	0,624	0,566	0,560
45	1	0,618	0,704	1,302	0,628	0,600	0,548
40	1,192	0,842	1,410	1,560	1,370	0,935	0,935
35	1,428	1,350	1,660	1,970	1,660	1,170	1,210
30	1,732	1,930	2,024	1,980	2,050	1,525	1,860
25	2,145	2,710	2,600	1,725	2,350	2,480	2,380
20	2,747	2,695	2,340	1,220	2,340	2,570	2,520
15	3,732	1,760	1,493	0,360	1,550	1,770	1,750
symbol:	0						

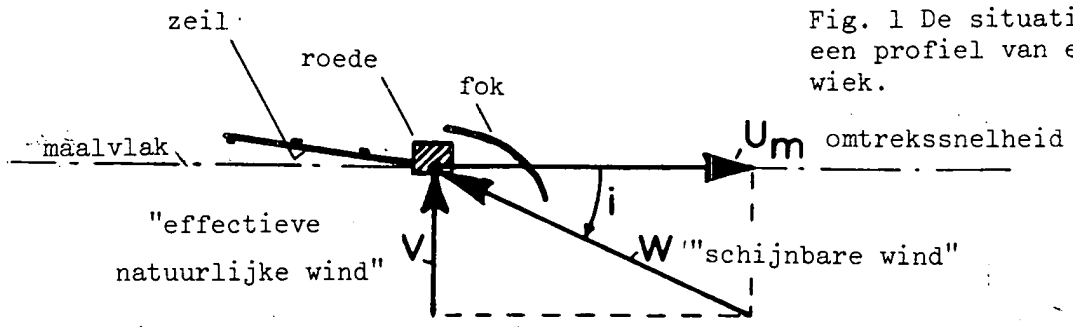


Fig. 1 De situatie t.p.v. een profiel van een molenwiek.

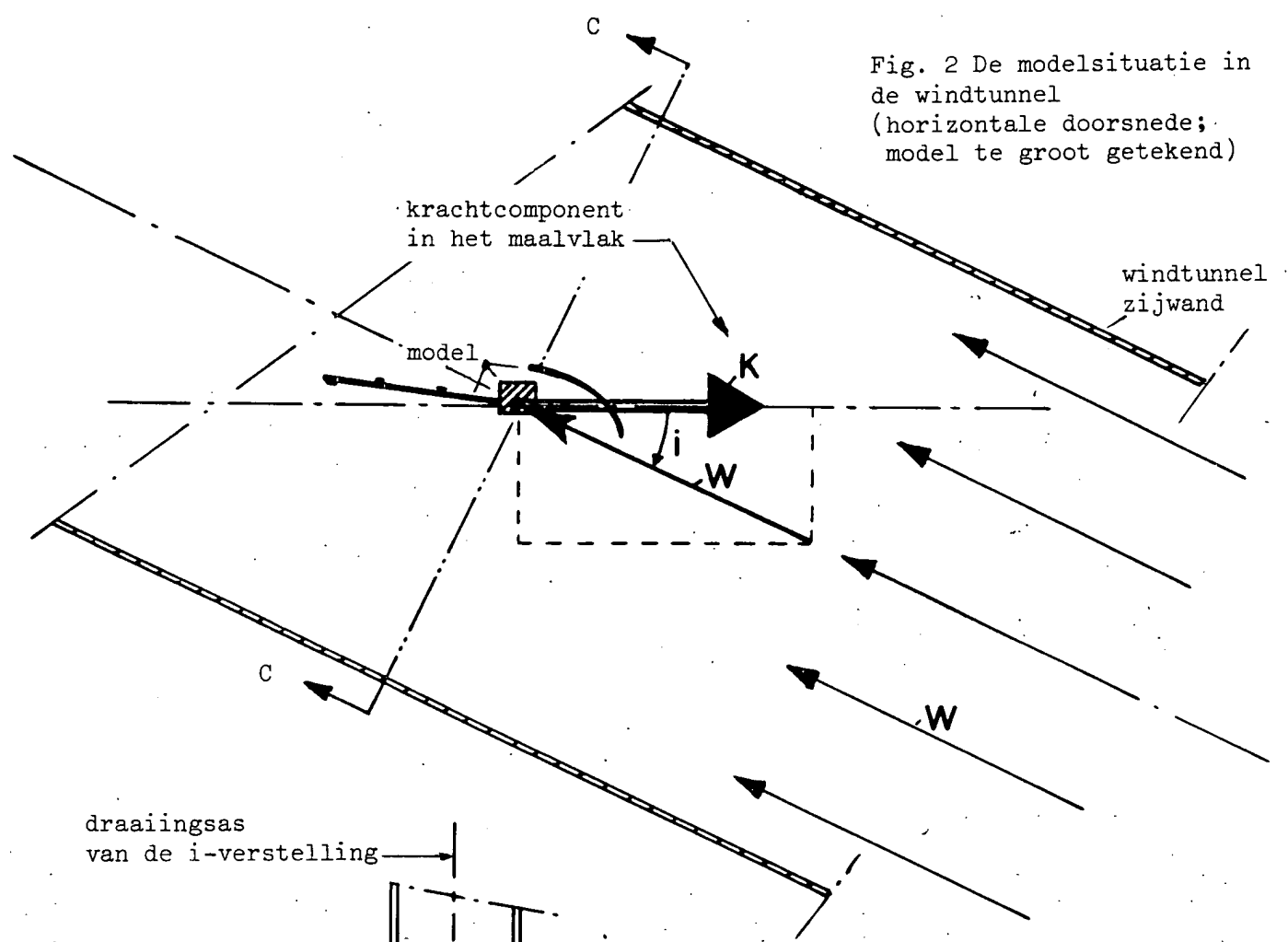


Fig. 2 De modelsituatie in de windtunnel (horizontale doorsnede; model te groot getekend)

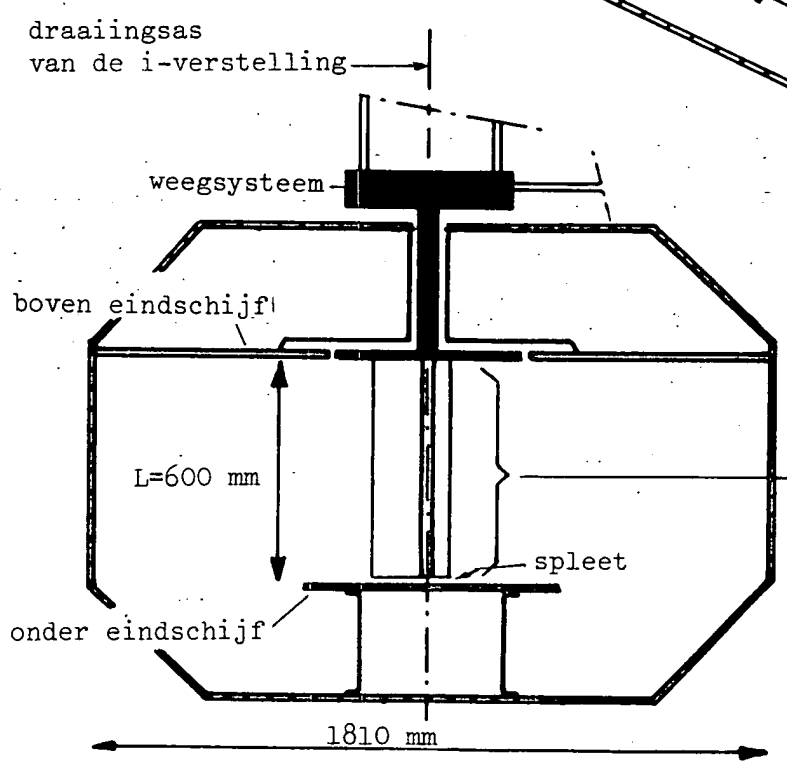


Fig. 3 Dwarsdoorsnede C-C van de windtunnel

profielmodel; (via middendeel van bovenste eindschijf vast aan krachtenweegstelsel van de tunnel)

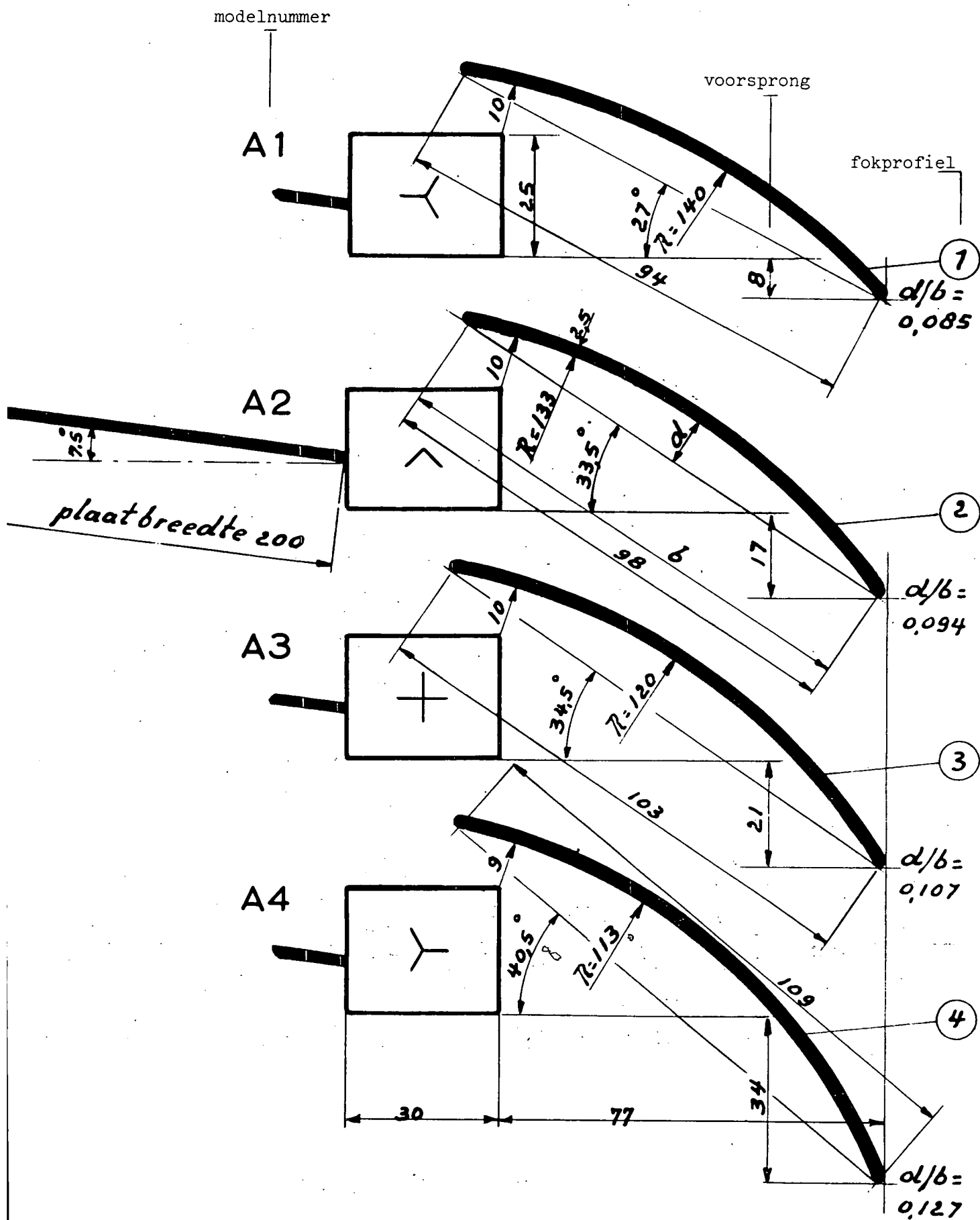


Fig. 4 Profielen van de modellen met foktype A (schaal 1:1).

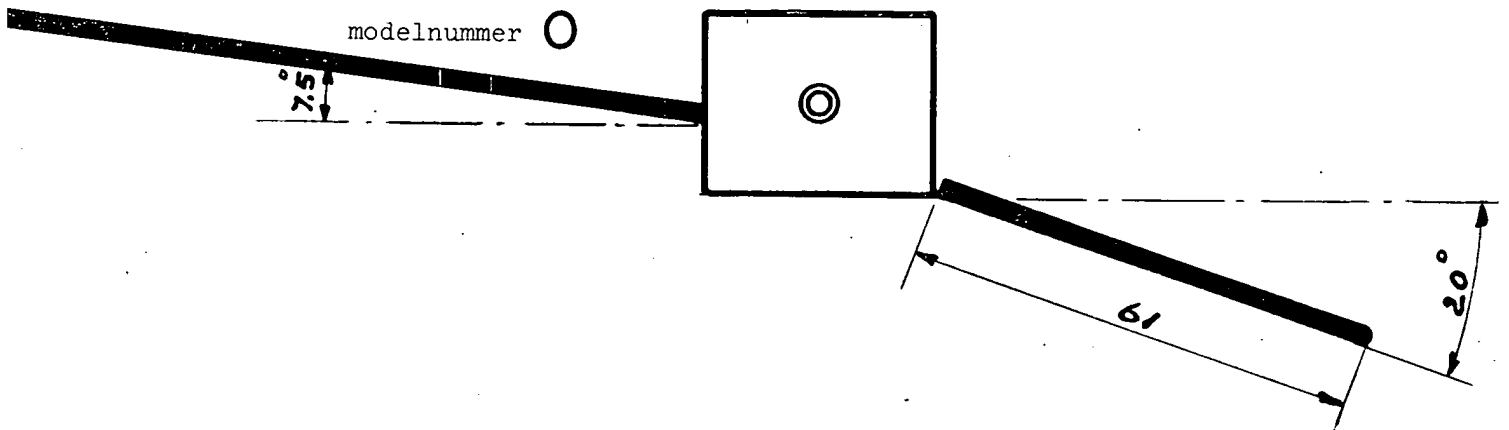


Fig. 5a Profiel van het model "Oud Hollandse wiek" (schaal 1:1).

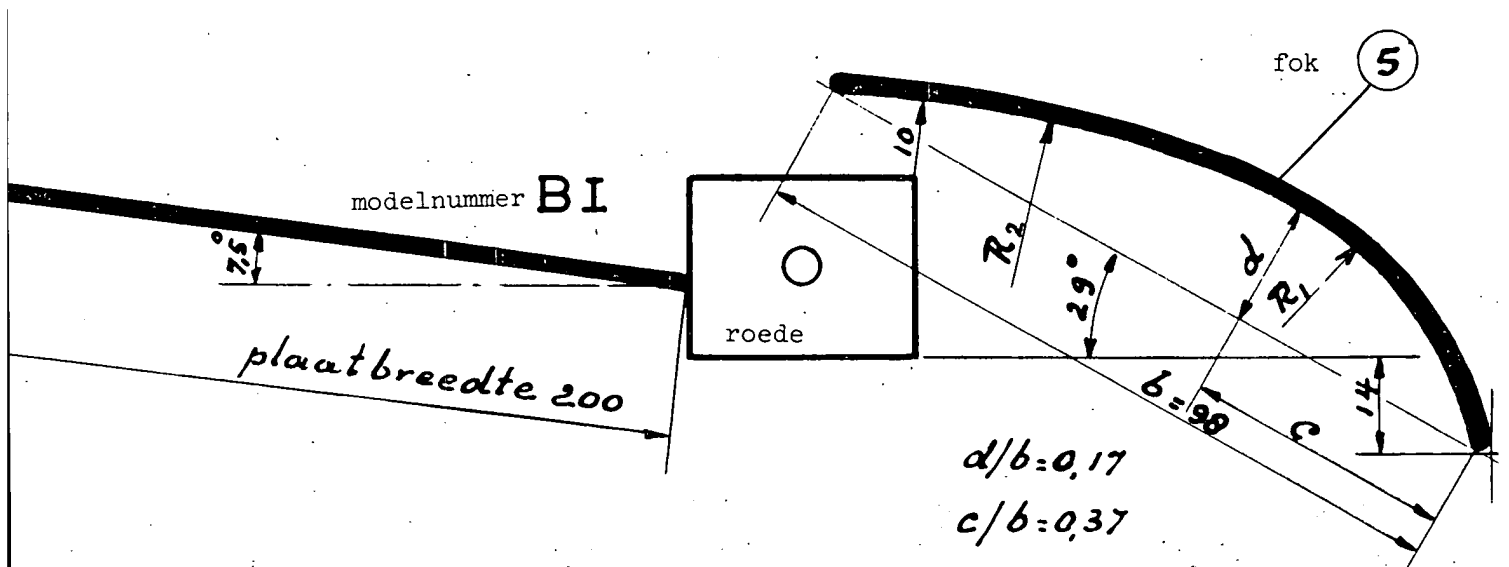


Fig. 5b Profiel van het model B I met fok van type B (schaal 1:1)  
 Dit is een model op schaal 1:7,5 van de wiekdoorsnede van de korenmolen "de Hoop" te Oud-Alblas (vlucht 22,8 m) ter hoogte van ong.  $\frac{3}{4}$  van de wieklengthe uit de as.  
 Voor een vergelijking van de eigenschappen met die van model A3, volgens fig. 4, zie fig. 9.  
 De andere profielen met een fok van type B zijn in fig. 6 geschetst.



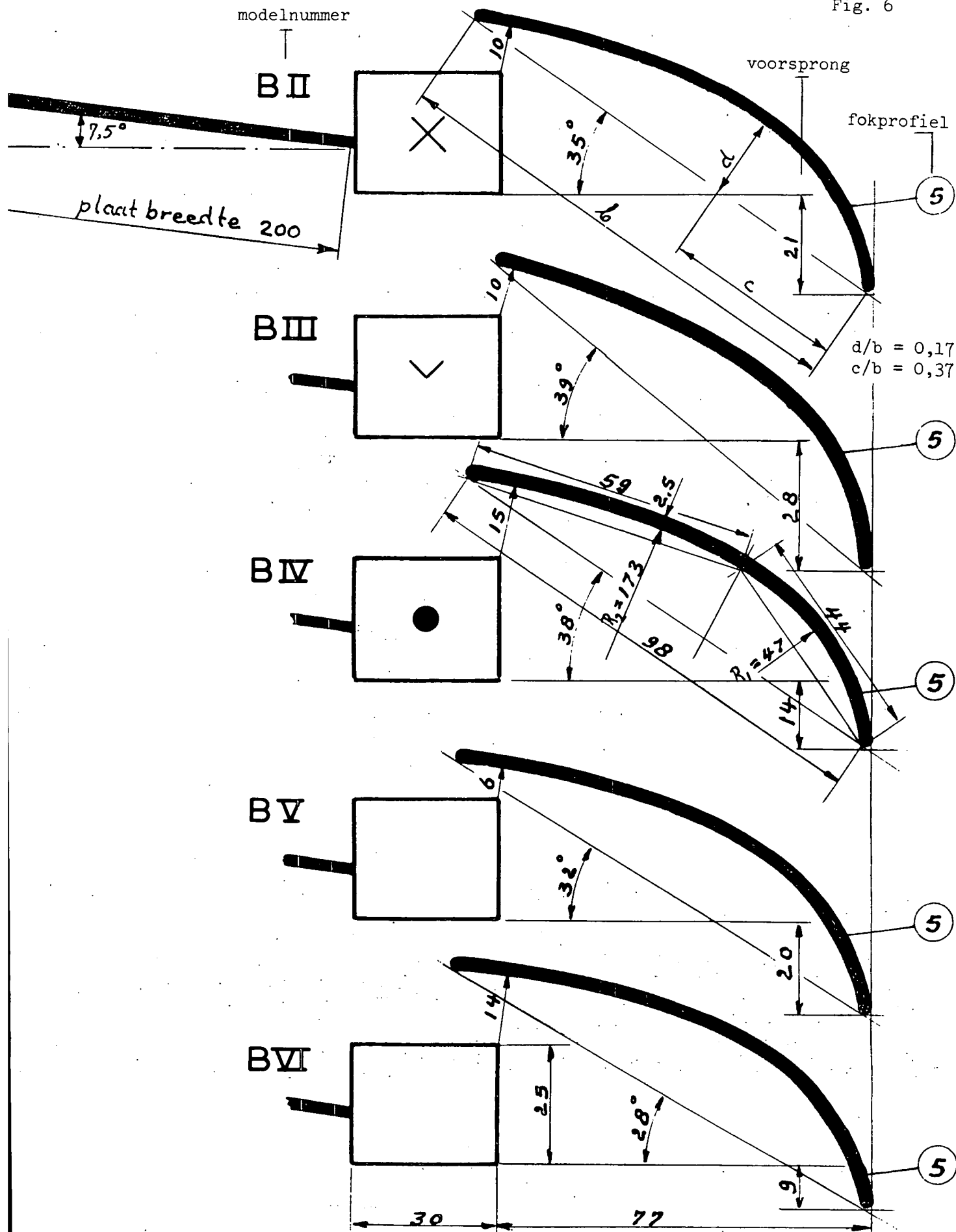


Fig. 6 Profielen van de overige modellen met foktype B; (schaal 1:1) voor profiel no B I, zie fig. 5b.

Fig. 7

spleet (mm)	10	10	10	9	"Oud Hollandse wiek"
voorsprong (mm)	8	17	21	34	
model no:	A1	A2	A3	A4	
symbool	Y	<	+	Y	⊙

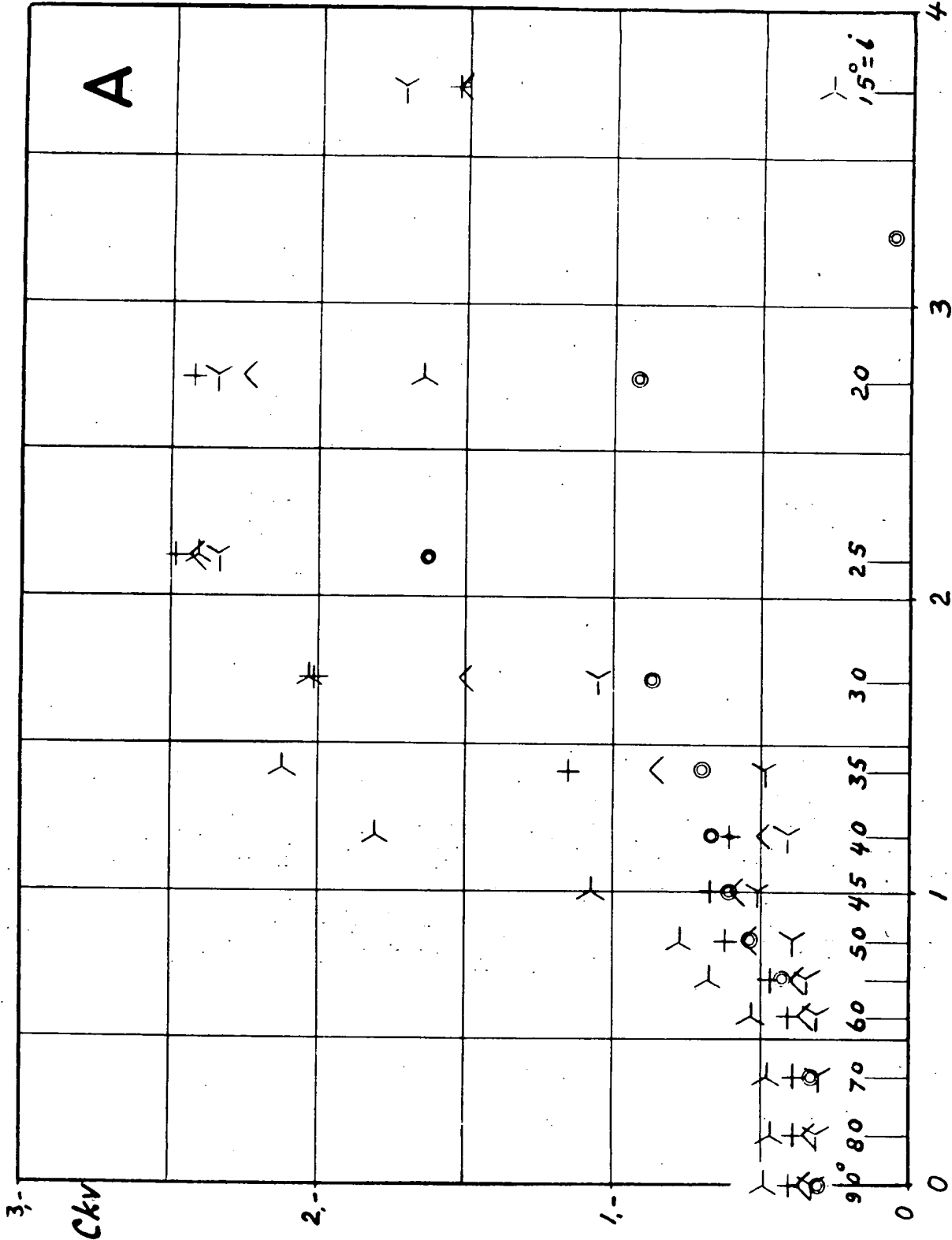


Fig. 7 Het gemeten verloop van  $c_{kv}$  met  $U/V$  voor de profielen met fok van type A en voor het model "Oud Hollandse wiek".

spleet (mm)	10	10	10	15
voorsprong (mm)	14	21	28	14
model no:	B I	B II	B III	B IV
symbool	○	×	>	●

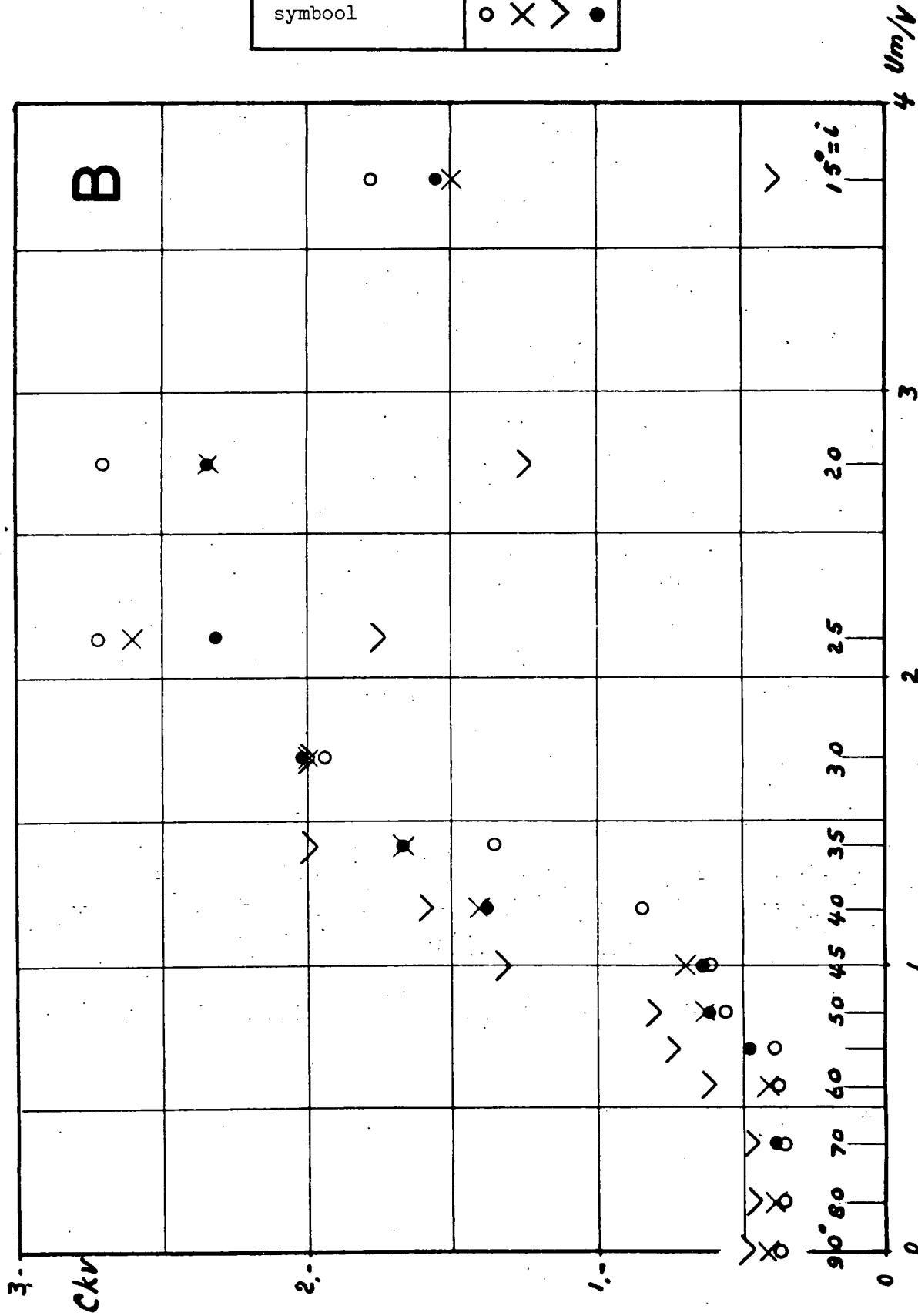


Fig. 8 Het gemeten verloop van  $C_{kv}$  met  $U_m/V$  voor vier van de profielen met fok van type B.

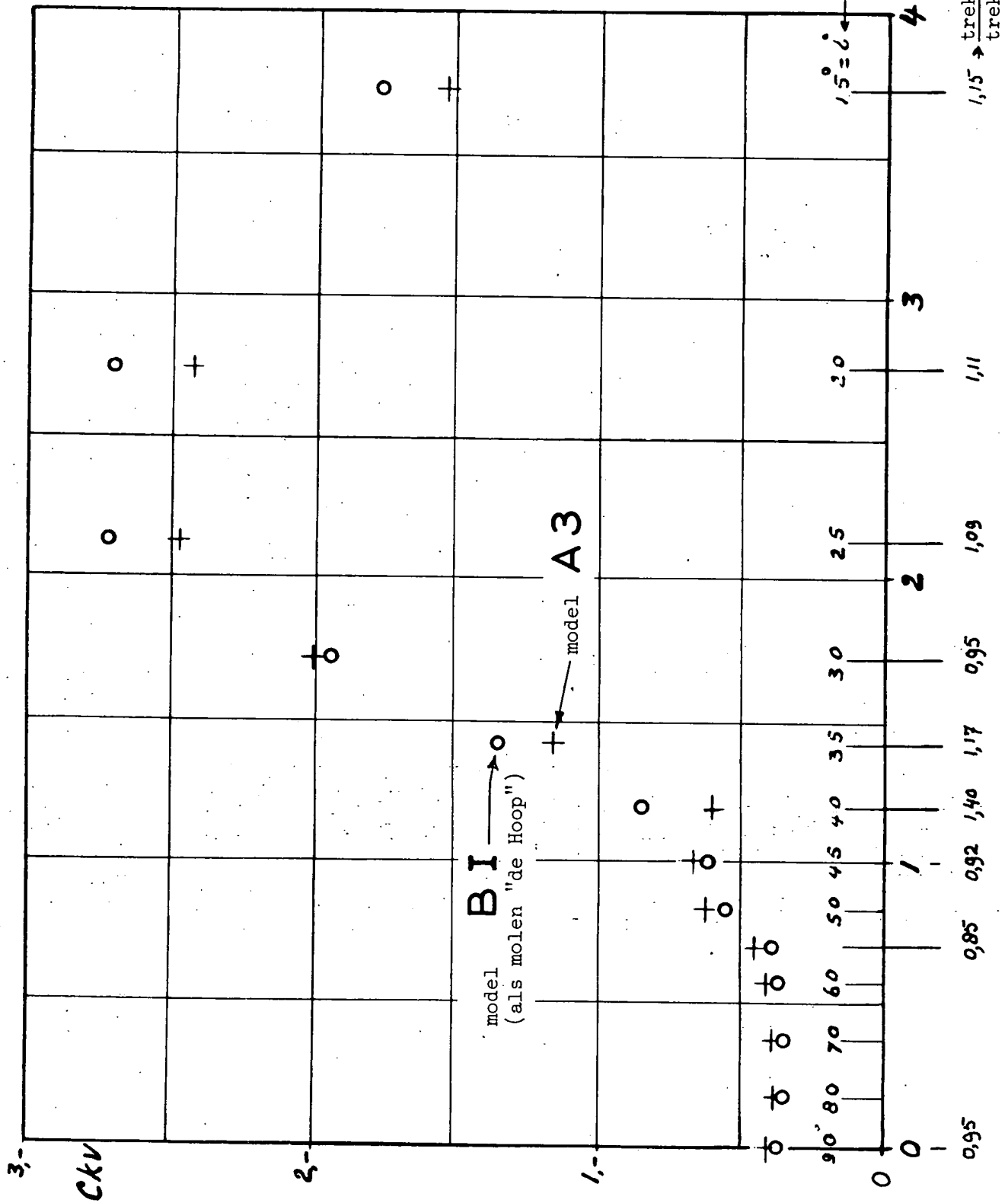


Fig. 9 Vergelijking van het gemeten verloop van  $c_{kv}$  met  $U_m/V$  voor: model B I met foktype B en model A 3 met foktype A

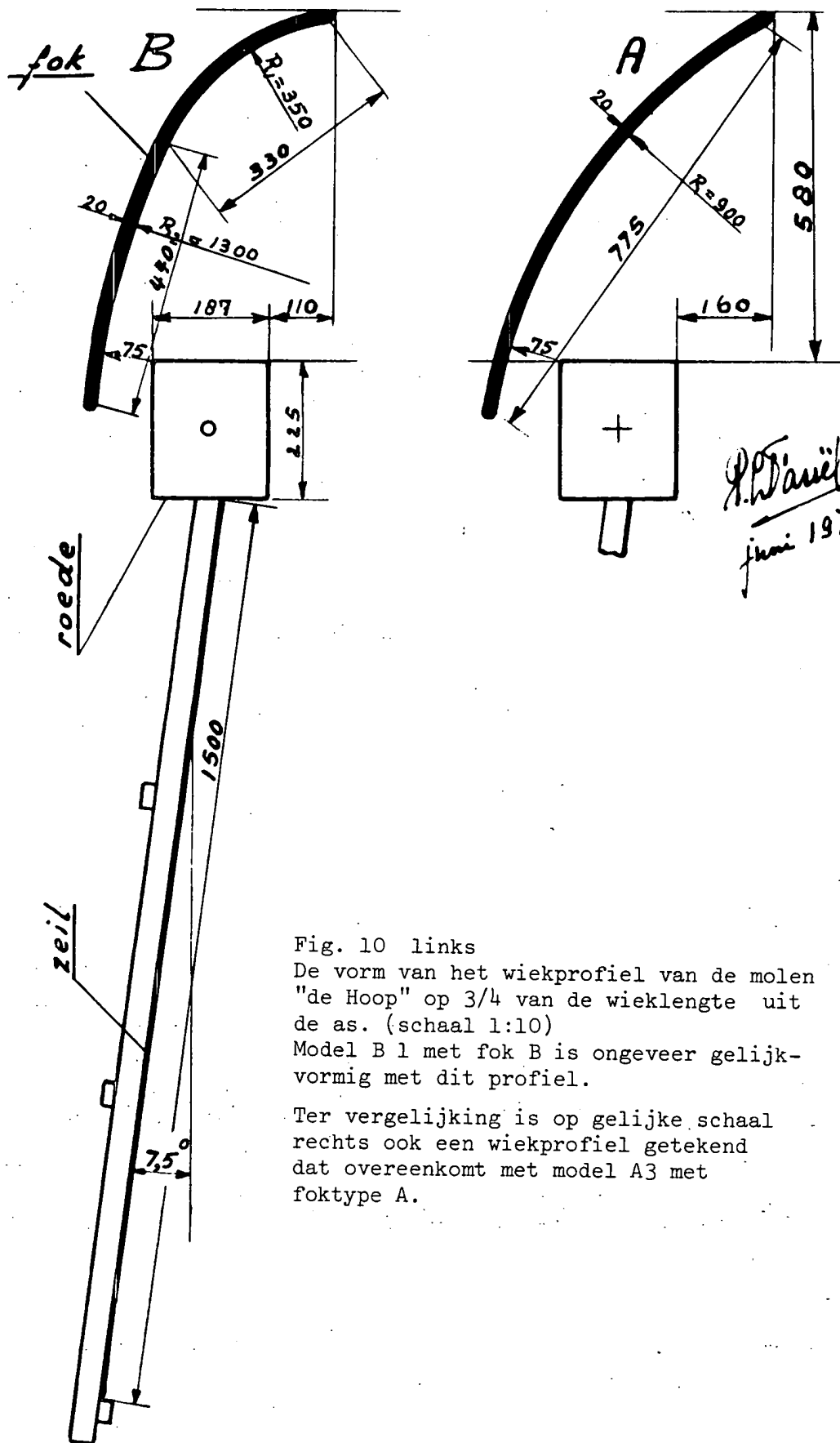


Fig. 10 links

De vorm van het wiekprofiel van de molen "de Hoop" op 3/4 van de wieklengthe uit de as. (schaal 1:10)

Model B 1 met fok B is ongeveer gelijkvormig met dit profiel.

Ter vergelijking is op gelijke schaal rechts ook een wiekprofiel getekend dat overeenkomt met model A3 met foktype A.

