

Metingen van windsnelheid en windrichting
te Vlissingen

551.553 :
551.501.9

Een vergelijking tussen de waarnemingen van de opstelling op het nieuwe gebouw en die van de opstelling op het oude vliegveld.

door

P.J. Rijkoort

Op 1 mei 1958 is het nieuwe gebouw van het hoofdstation Vlissingen in gebruik genomen. De oude opstelling van de windmeter op het voormalige vliegveld werd op dezelfde dag verwijderd. Na twee weken is deze oude opstelling weer hersteld, teneinde als nog een vergelijking tussen de waarnemingen in beide opstellingen te kunnen uitvoeren.

Al spoedig rees het vermoeden dat de windsnelheidsmetingen op het nieuwe gebouw aanzienlijk hogere waarden geven dan de oude opstelling zou hebben opgeleverd. Bij een bezoek aan het station door de directeurs van de afdelingen II en III moest geconstateerd worden dat de opstelling op het nieuwe gebouw stellig niet aan de eisen voldoet. Als meest geschikte mogelijkheid om een betere opstelling te verkrijgen, kwam de lichtmast aan het einde van de westhavendam in aanmerking.

Een vergelijking tussen de waarnemingen van de drie opstellingen: oude vliegveld, nieuwe gebouw en lichtmast zal t.z.t. het probleem, op welke wijze te Vlissingen het beste windmetingen kunnen worden verricht, moeten oplossen.

In dit verslag wordt alleen de vergelijking tussen de waarnemingen van het oude vliegveld en het nieuwe gebouw in de periode 15 mei tot 15 augustus 1958 behandeld.

1 Regressielijnen u_o op u_n resp. u_n op u_o .

De waarnemingen zijn op twee manieren gegroepeerd: Ten eerste naar windrichting volgens het nieuwe gebouw en ten tweede naar de windrichting volgens de oude opstelling. Deze groeperingen zijn niet geheel identiek. Geven we de snelheden op het nieuwe gebouw gemeten met u_n en de bijbehorende richtlijnen met r_n aan; de evenzo de overeenkomstige simultane metingen van de oude opstelling met u_o resp. r_o , dan blijkt dat niet altijd $r_n = r_o$ is; wel zeer vaak, terwijl eveneens in vrij veel gevallen het verschil tussen r_n en r_o één streek bedraagt. Grotere verschillen zijn zeldzaam (zie 4).

Per r_n -groep werden de u_n -waarden in twee groepen verdeeld en van iedere "stippen wolk" (u_n, u_o) werd het zwaartepunt bepaald. De verbindingslijn van beide zwaartepunten is de regressie lijn

$$u_o = a_n + b_n u_n.$$

Op analoge wijze werd voor de r_o -groepen de regressielijn

$$u_n = a_u + b_o u_o$$

bepaald.

In de figuren 1.1, ... , 1.16 zijn de resultaten samengevat. Aangegeven zijn de gemiddelden voor de windsnelheids waarden voor de groepen 0-0.9; 1-1.9; 2.0-2.9; enz. en beide regressielijnen. Bovendien een lijn die het verband weergeeft nadat de waarden van a_n en b_n enigszins "gladgestreken" zijn (zie volgende paragraaf).

2. "Gladgestreken" regressielijnen

Om de reeks waarnemingen op het oude vliegveld volledig te maken moeten de ontbrekende waarnemingen van 1-14 mei 1958 worden aangevuld. We willen dit doen met behulp van de waarnemingen van het nieuwe station. Nu zou het b.v. mogelijk zijn de regressielijnen $u_o = a_n + b_n u_n$ te gebruiken.

De waarden van a_n en b_n variëren als functie van de windrichting maar zullen bovendien nog een toevallige fout, n.l. de steekproef onnauwkeurigheid, bezitten.

Om de invloed van deze laatste enigermate te verzwakken zijn de waarden van a_n en b_n "gladgestreken". We hebben daartoe in fig. 2,1 en fig. 2,2 b_n resp. a_n tegen de windrichting uitgezet. De variatie van b_n kan vrij goed voorgesteld worden door een enkele sinus-kromme, de grondtoon van een harmonische analyse. Om het verloop van a_n weer te geven is de grondtoon en de eerste harmonische gebruikt. Met behulp van deze "gladstrijking" zijn dus voor iedere windrichting r_n nieuwe waarden van a_n en b_n ontstaan. De regressielijnen die op deze nieuwe waarden van a_n en b_n berusten, zijn in de figuren 2,3; 2,4; 2,5 en 2,6 getekend. Met deze regressielijnen kunnen nu uit de waarnemingen van het nieuwe station schattingen worden verkregen voor de ontbrekende waarden van het oude vliegveld.

3. De nauwkeurigheid van de schattingen

In het voorgaande is het systematische verschil tussen de waarnemingsresultaten van het oude vliegveld en het nieuwe station behandeld. Naast dit systematische verschil is er nog een toevallig verschil m.a.w. de regressielijnen geven het gemiddelde verband aan tussen u_n en u_o , maar de afzonderlijke waarnemingen zullen hieromheen spreiden. De grootte van deze spreiding zal nu worden berekend: hiermede kan worden aangegeven hoe nauwkeurig de schatting van u_o uit u_n is.

We zullen in het vervolg de waarde van u_o die bij een bepaalde u_n behoort volgens de "gladgestreken regressielijnen" aangeven met \tilde{u}_o .

Per windrichting r_n zijn nu de verschillen $v = \tilde{u}_o - u_o$ bepaald. Deze verschillen zijn verder voor iedere windrichting in drie groepen naar u_n verdeeld, namelijk a: $u_n = 0.0 \dots 3.9$ m/s.

b: $u_n = 4.0 \dots 6.9$ m/s en c: $u_n \geq 7.0$ m/s.

Voor iedere groep is het gemiddelde (\bar{v}) en de steekproef spreiding s_v berekend. In tabel 1 zijn deze waarden genoteerd met de aantallen waarnemingen (n)

Het blijkt nu dat de \bar{v} -waarden niet geheel toevallig om de nul schommelen. Toetsen we n.l. de drie rijen \bar{v} (van de groepering naar snelheid) op overeenstemming in grootte volgorde met de methode van m-rangschikkingen dan blijkt de overeenstemmingscoëfficiënt W een overschrijdingskans 0.02 te bezitten. Er is dus sprake van enig richtingseffect. Vermoedelijk is de toegepaste "gladstrijk" procedure niet de beste methode geweest. De vraag is echter wat een betere methode is. Daar komt bij dat de schatting van u_0 uit u_n waar het tenslotte om gaateen toevallige fout s_v bezit. De 5% band om de schatting is dus $2s_v$ en deze $2s_v$ is veel groter in het algemeen dan de systematische fout \bar{v} . Overigens is het zo dat de systematische fout die we eigenlijk zouden willen kennen niet \bar{v} is, maar het verschil tussen schatting en universum-waarde. Deze laatste kennen we echter niet. We hadden natuurlijk ook zonder meer de oorspronkelijke regressielijnen voor de schatting kunnen gebruiken. Hierbij zouden we natuurlijk ook een eveneens onbekende, systematische fout maken. Wat beter is, is niet te bepalen. Ook is het toch wel zinvol om de onregelmatigheden in de regressieconstanten, zoals die in fig. 2.1 en 2.2 blijken en die stellig niet allen reëel zijn, enigszins door gladstrijken weg te werken.

We merken nog op dat een richtingseffect op de s_v waarden niet duidelijk is aan te tonen. ($P = 0.05$ voor de overeenstemmingscoëfficiënt) terwijl voor de drie snelheidsgroepen tussen \bar{v} en s_v in het geheel geen significant effect met de methode van m-rangschikkingen kan gevonden worden. (P in beide gevallen > 0.10).

Tabel 1.

	$u_n = 0.0/3,9 \text{ m/s.}$			$u_n = 4.0/6,9 \text{ m/s}$			$u_n > 7.0 \text{ m/s}$		
	\bar{v}	s_v	n	\bar{v}	s_v	n	\bar{v}	s_v	n
N	+0,04	0,51	27	+0,16	0,40	43	+0,59	0,31	11
NNW	+0,20	0,53	46	+0,08	0,62	33	+0,45	0,42	11
NW	+0,08	0,41	23	-0,13	0,54	37	-0,14	0,33	5
WNW	+0,23	0,40	27	-0,12	0,59	72	-0,17	0,88	38
W	+0,24	0,77	42	+0,21	0,59	106	+0,61	0,67	208
WSW	+0,09	0,69	45	+0,12	0,55	62	+0,12	0,61	258
SW	-0,06	0,79	30	+0,01	0,48	66	+0,01	0,50	186
SSW	-0,13	0,58	26	-0,35	0,55	49	-0,40	0,48	59
S	-0,04	0,64	29	-0,26	0,62	48	-0,40	0,40	30
SSE	-0,03	0,83	21	+0,22	0,63	26	-0,09	0,47	22

Tabel 1 vervolg

	$u_n = 0.0/39 \text{ m/s}$			$u_n = 4.0/69 \text{ m/s}$			$u_n = 7.0 \text{ m/s}$		
	\bar{v}	s_v	n	\bar{v}	s_v	n	\bar{v}	s_v	n
SE	-0,11	0,59	37	+0,00	1,24	20	+0,87	0,63	6
ESE	+0,19	0,74	33	-0,14	0,96	66	+0,20	0,79	15
E	+0,37	0,47	51	+0,42	0,40	41	-0,02	0,53	8
ENE	-0,02	0,61	20	+0,18	0,45	38	-0,19	0,52	7
NE	-0,15	0,47	38	-0,25	0,61	38	--	--	--
NNE	-0,20	0,60	40	-0,27	0,47	51	--	--	--

Aangezien s_v zowel onafhankelijk van de richting als van u_n kan worden beschouwd, kunnen we alle v-waarden tesamen beschouwen en hiervan de standaard-deviatie berekenen. Deze blijkt 0,65 te zijn.

In fig. 3.1 hebben we tenslotte de cumulatieve verdeling van de v-waarden op waarschijnlijkheidspapier uitgezet, waaruit op het oog de v-waarden aan een normale verdeling blijken te voldoen.

We kunnen dus tenslotte constateren, dat de schatting van u_0 uit u_n met behulp van de regressielijnen van fig. 2,3 ... 2,6 een 95% betrouwbaarheids interval van $\pm 1,3 \text{ m/s}$ bezit.

Voorbeeld:

Is bij SE wind $u_n = 10 \text{ m/s}$ waargenomen dan zal u_0 met 95% zekerheid tussen 4,8 en 7,4 m/s liggen

4. Vergelijking van de windrichtingen r_n en r_0 .

In het begin werd reeds opgemerkt dat niet altijd $r_n = r_0$.

In de volgende tabellen is een overzicht gegeven van het verschil tusse, r_n en r_0 . Als het een streek is dan is een 2 genoteerd; bij twee streken een 4 enz.) Is r_0 t.o.v. r_n geruimd dan is het verschil positief genomen; is r_0 t.o.v. r_n gekrompen dan noteren we het verschil negatief. Buiten beschouwing blijven verschillen groter dan 10. Het materiaal is verder verdeeld in drie groepen n.l. voor $u_n \leq 3$; $4 \leq u_n \leq 6$ en $7 \leq u_n$.

Tabel 2.1

$u_n \leq 3.$

r_n	38	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	08	06	04	02	totaal
+10	-	-	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
+8	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	3
+6	-	-	-	1	1	9	2	-	1	-	-	1	-	-	1	-	4
+4	-	-	-	1	1	14	3	2	2	1	4	3	3	-	1	-	24
+2	1	-	-	-	11	14	3	2	2	1	4	7	13	4	4	10	76
0	11	19	9	16	25	13	8	12	10	7	9	15	20	16	25	15	230
-2	8	17	14	5	2	9	7	8	7	7	10	3	9	7	3	11	127
-4	7	10	-	-	1	1	3	2	4	1	3	-	2	1	2	1	38
-6	1	1	-	-	-	-	1	-	1	1	3	2	-	-	-	2	15
-8	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	-	-	-	-	-	4
-10	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2
gem.	-1,7	-1,7	-1,4	0,0	+0,8	+0,9	-0,4	-0,8	-1,6	-1,8	-1,4	+0,5	+0,3	-0,4	-0,2	-0,2	

Tabel 2.2

$4 \leq u_n \leq 6$

	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	08	06	04	02	totaal
+10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
+4	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	3	1	1	-	8
+2	6	-	2	3	3	14	7	2	7	1	1	13	7	2	2	4	74
0	24	23	7	41	77	45	39	41	33	19	9	42	21	22	30	41	514
-2	12	9	19	28	24	15	19	5	7	6	8	6	10	12	5	6	191
-4	1	2	3	-	-	-	-	1	-	-	1	4	-	1	-	-	13
-6	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-10	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
gem.	-0,4	-0,8	-1,7	-0,7	-0,3	0,0	-0,3	-0,2	-0,1	-0,4	-0,9	+0,1	+0,1	-0,3	-0,1	-0,1	

Tabel 2.3

$7 \leq u_n$

	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	08	06	04	02	totaal
+4	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
+2	3	4	-	-	4	21	28	4	3	1	-	3	-	-	-	-	71
0	7	4	2	17	121	153	119	39	27	17	2	9	6	6	1	1	528
-2	1	3	3	21	64	69	35	16	5	4	4	3	1	1	1	1	232
-4	-	-	-	-	-	1	2	-	1	-	-	-	1	-	-	-	5
-6	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
gem.	+0,4	+0,2	-1,2	-1,1	-0,6	-0,4	-0,1	-0,4	-0,2	-0,3	-1,3	0,0	-0,8	-0,3	(-1,0)	(-1,0)	

Tenslotte in tabel 3 een beperkt overzicht van de totalen van de drie groepen (procentueel, waarbij de gevallen $(r_o - r_n) > 10$ zijn meegerekend.

Tabel 3

		+4	+2	0	-2	-4
u	3	4,5	14,1	42,5	23,7	7,1
4	u_n	-	9,1	63,5	23,6	-
7	u_n	-	8,5	62,8	27,6	-

Deze tabellen laten in de eerste plaats zien dat althans bij de grotere windsnelheden ($u_n \geq 4$) de gevallen $r_o = r_n$ overwegen terwijl een verschil van meer dan één streek slechts weinig voorkomt (1 à 4% van de gevallen). Bij de kleine windsnelheden is, zoals ook te verwachten was, het verschil in windrichting soms veel groter; verschillen van meer dan een streek komen hier in 20% van de gevallen voor. Verder is er bij de verschillen een duidelijke voorkeur

voor negatieve waarden, d.w.z. de windrichting is op de oude opstelling iets gekrompen t.o.v. die op het gebouw bij de haven.

Beschouwen we echter de verdeling van het verschil $r_o - r_n$ voor de windrichtingen r_n afzonderlijk dan blijkt de voorkeur voor negatieve waarden niet voor alle richtingen even groot te zijn. Maken we namelijk de drie tabellen 2.1 - 2.3 contingentietabellen (3×16) door alleen van de verschillen $r_o - r_n$ het teken te beschouwen (dus +,0,-) en toetsen we de nulhypothese dat de verdeling over de drie tekens onafhankelijk is van de windrichting, dan vinden we een sterk significant resultaat. De nulhypothese moet verworpen worden. De afhankelijkheid van de richting zien we ook duidelijk in de laatste rij van de tabellen, waar het gemiddelde verschil is genoteerd. Deze gemiddelden zijn in fig. 4.1 nog eens voorgesteld. Heel globaal is er enige overeenkomst tussen de drie lijnen; er zijn echter ook grote afwijkingen en de overeenstemming is dan ook niet statistisch significant (toets van Friedman). De oorzaak van de verschillen $r_o - r_n$ in afhankelijkheid van de windrichting zal vermoedelijk in het onregelmatig gebouw (nabij de haven) gezocht moeten worden. Zou n.l. de orografie (land-zee) een rol spelen, dan zouden we vooral een verschil tussen de Zuidelijke tegenover de Noordelijke richtingen verwachten.

Samenvatting

Op grond van een vergelijking tussen de verschillende windsnelheidswaarnemingen te Vlissingen, die van de oude opstellingen op het voormalige vliegveld en die van de opstelling op het nieuwe gebouw aan de haven van 15 mei tot 15 augustus 1958 kan gezegd worden dat de opstelling op het gebouw aan de haven aanzienlijk grotere windsnelheden geeft en wel in het bijzonder bij zuidelijke tot oostelijkewindrichtingen (SW .. NE). Globaal genomen is bij deze richtingen de snelheid op het nieuwe gebouw 30 tot 40% hoger dan op het oude vliegveld. Bij noordelijke tot westelijke richtingen is het verschil kleiner n.l. ca. 20%. Bovendien is er naast dit systematisch verschil nog een toevallig verschil, dat onafhankelijk aan windrichting of windsnelheid, gemiddeld ca. 1,3 m/sec. bedraagt (95% marge).

Een vergelijking van de windrichtingen van beide opstellingen laat zien dat bij snelheden > boven 3 m/sec. in meer dan de helft der gevallen de richtingen gelijk zijn, in slechts enkele gevallen is het verschil meer dan één streek. Bij lage windsnelheden zijn de verschillen wat groter. Verder is in 't algemeen, voorzover $r_o = r_n$ is, de windrichting van de oude opstelling t.o.v. die in de haven opstelling iets gekrompen, dit is echter niet bij alle richtingen even sterk.

fig. 1.1

N 15 mei - 15 augustus 1958

- ——— groepering naar r_0 en u_0
- ——— " " r_n en u_n
- "gladgestreken"

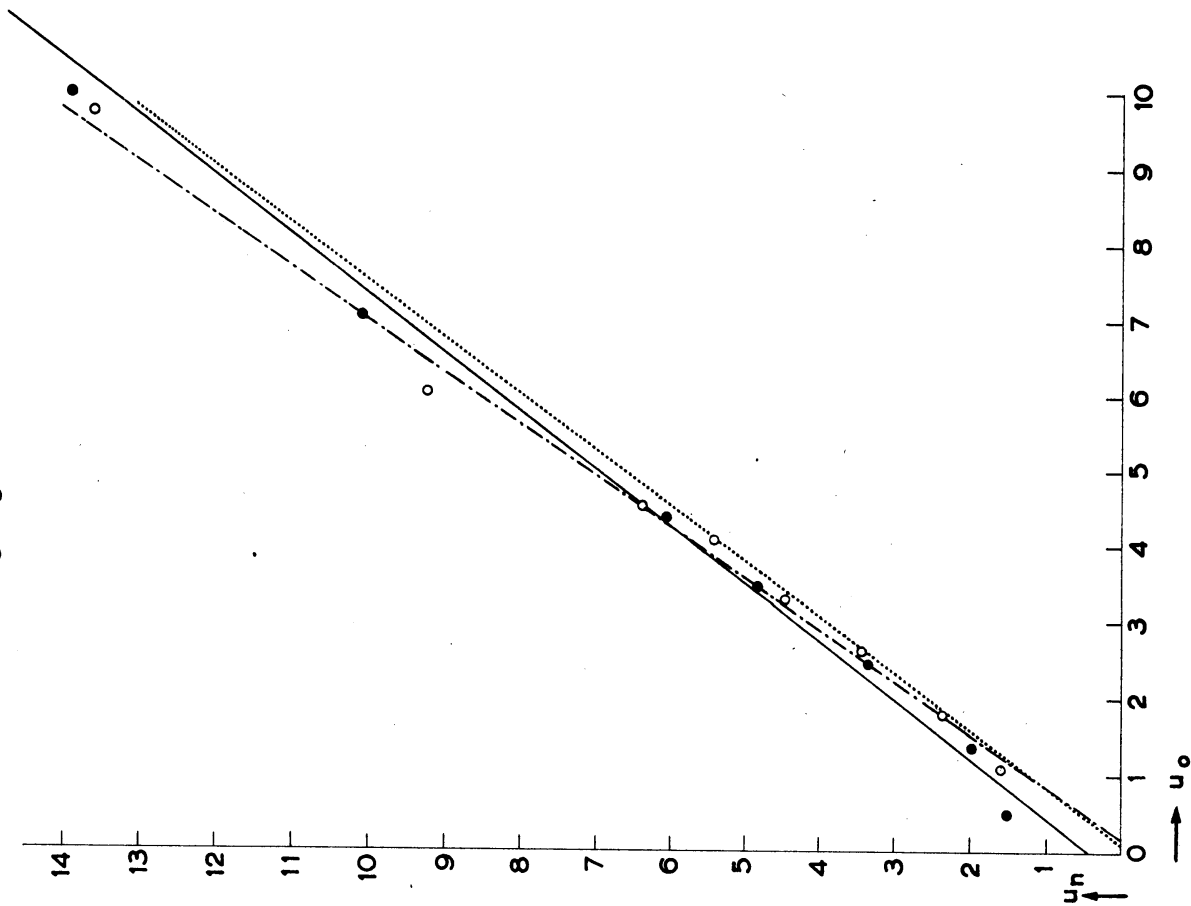


fig. 1.2

NNW

- n: opstelling op het nieuwe gebouw aan de haven (Vlissingen 003)
- o: " " " " voormalige vliegveld (Vlissingen parallel 010)

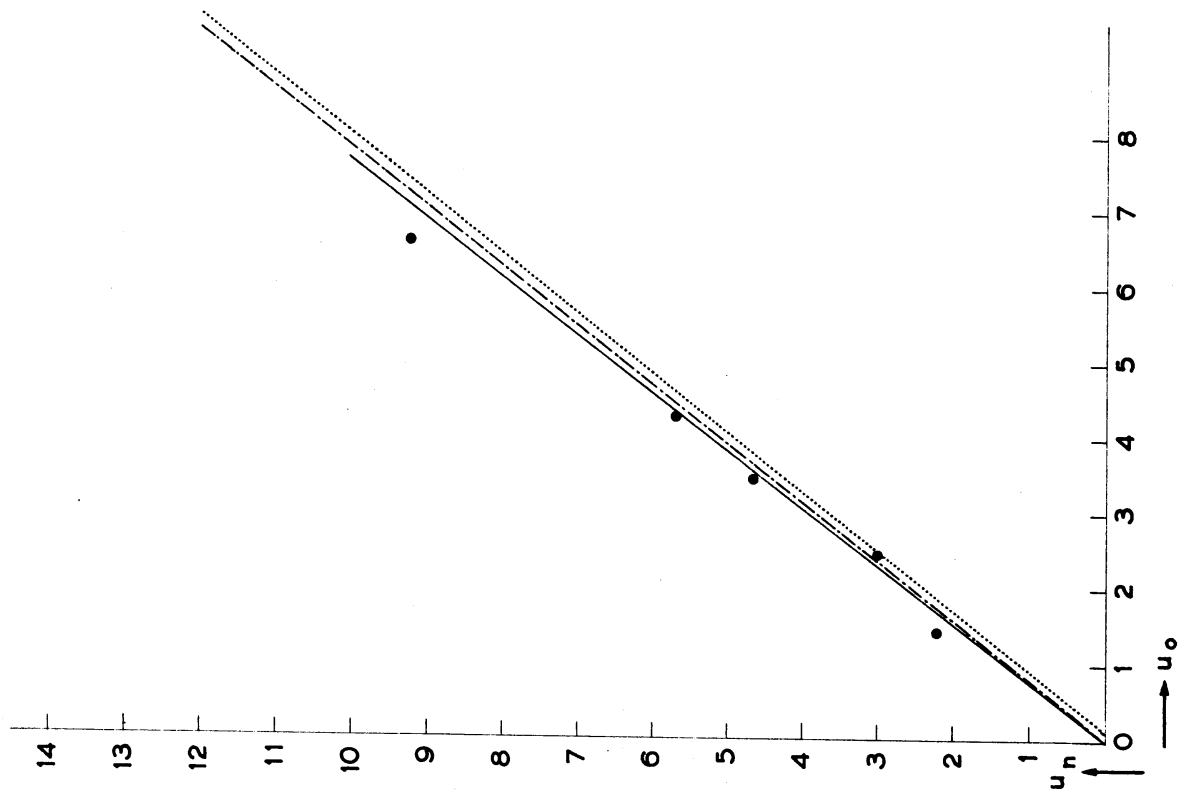


fig 1.4

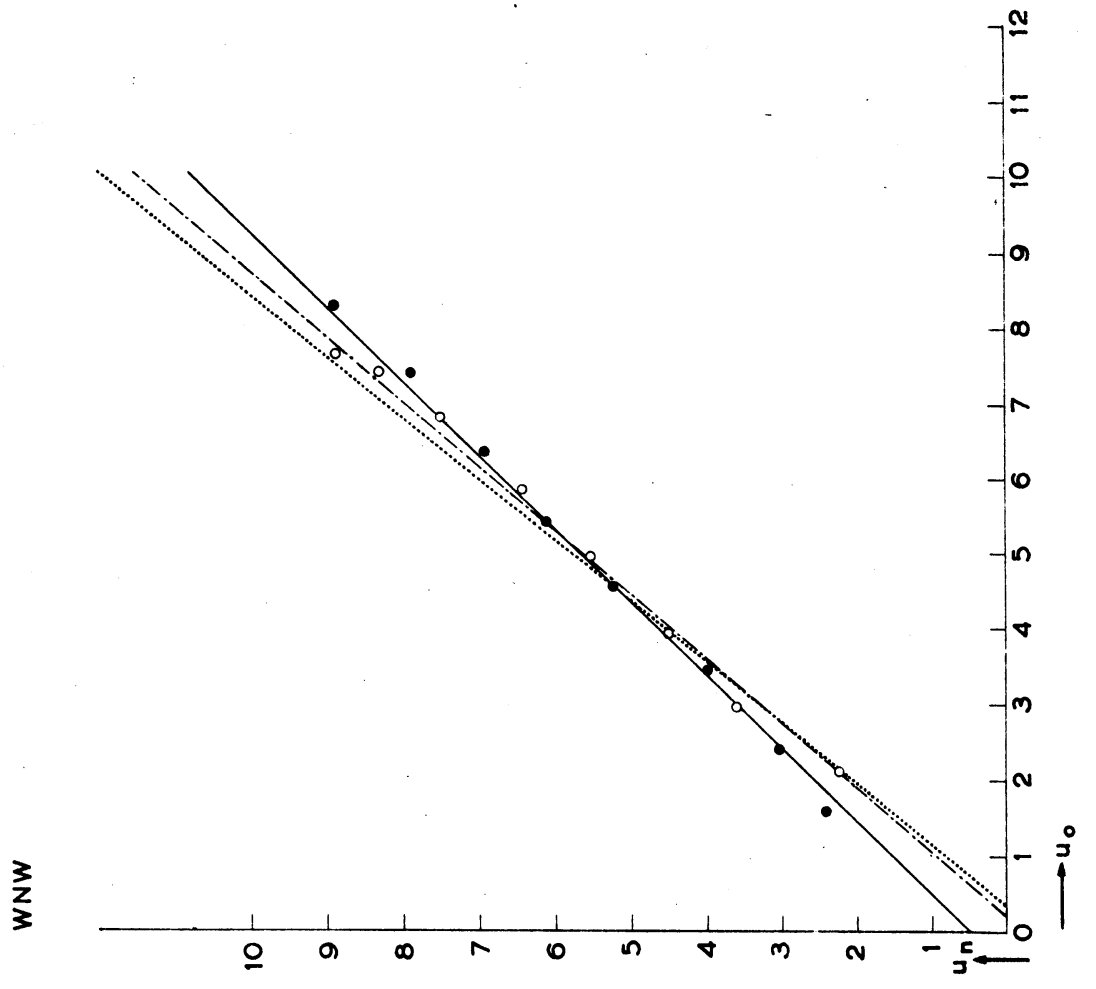


fig 1.3

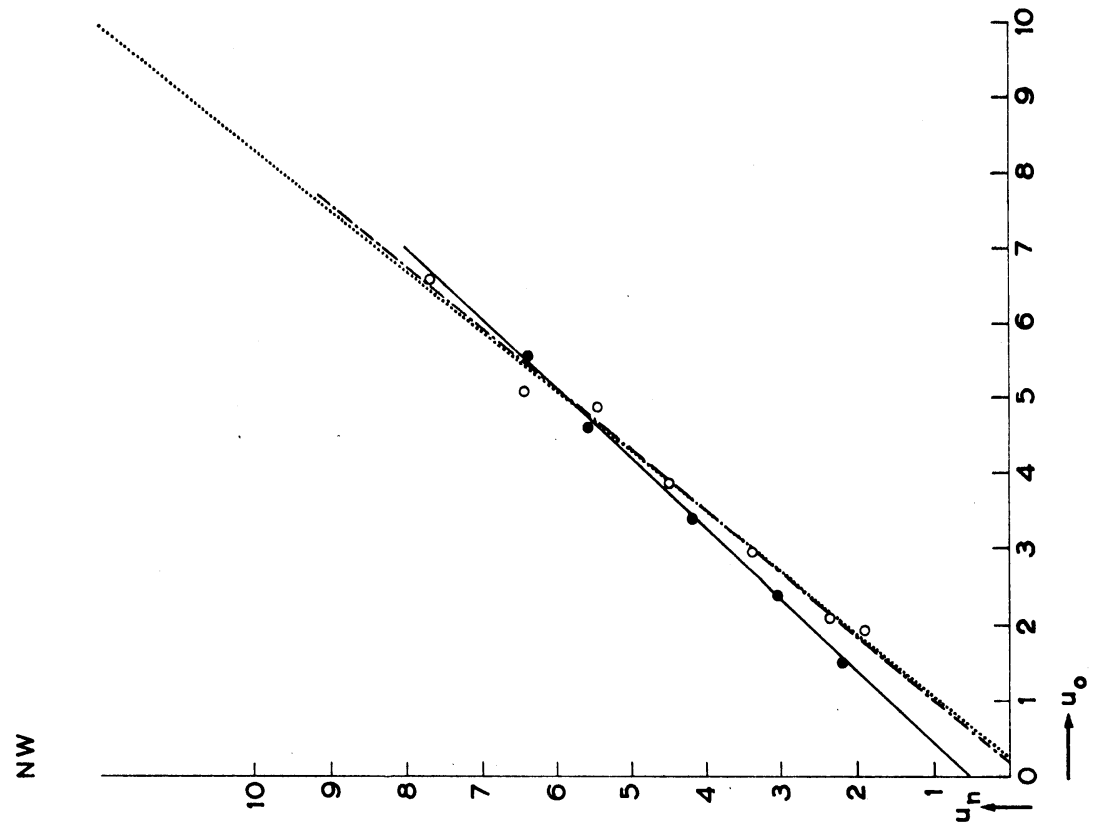


fig. 1.6

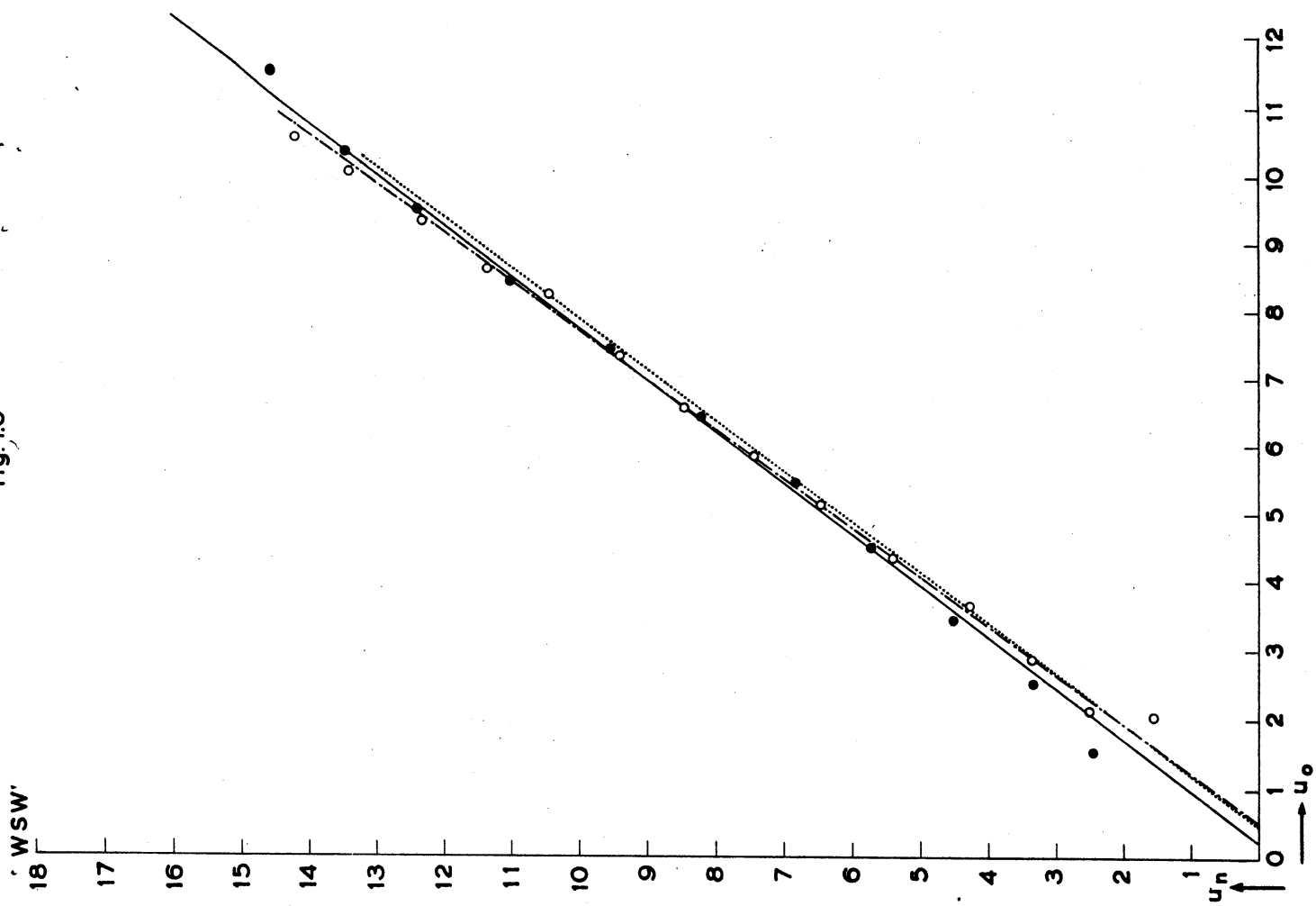


fig. 1.5

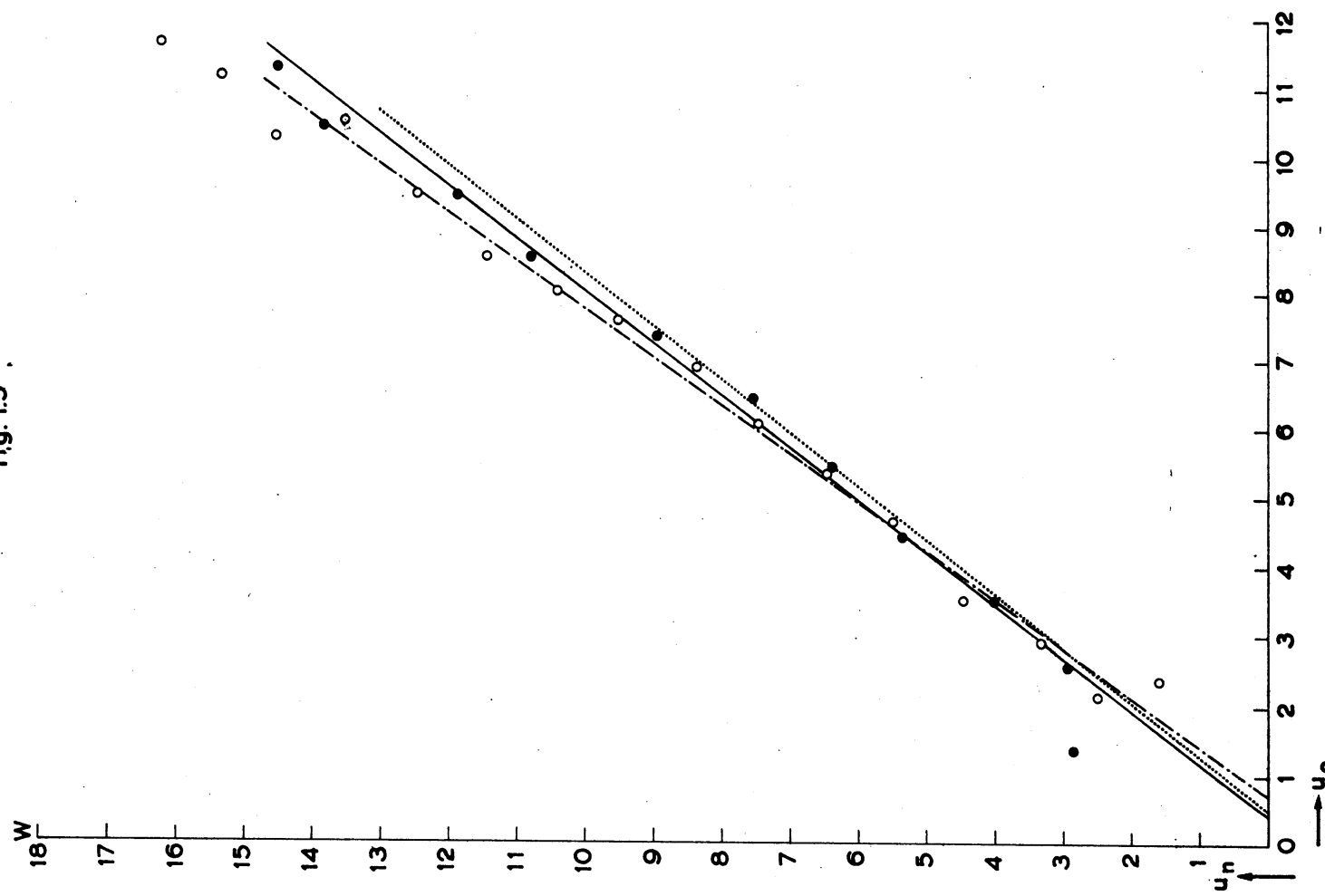


fig.1.8

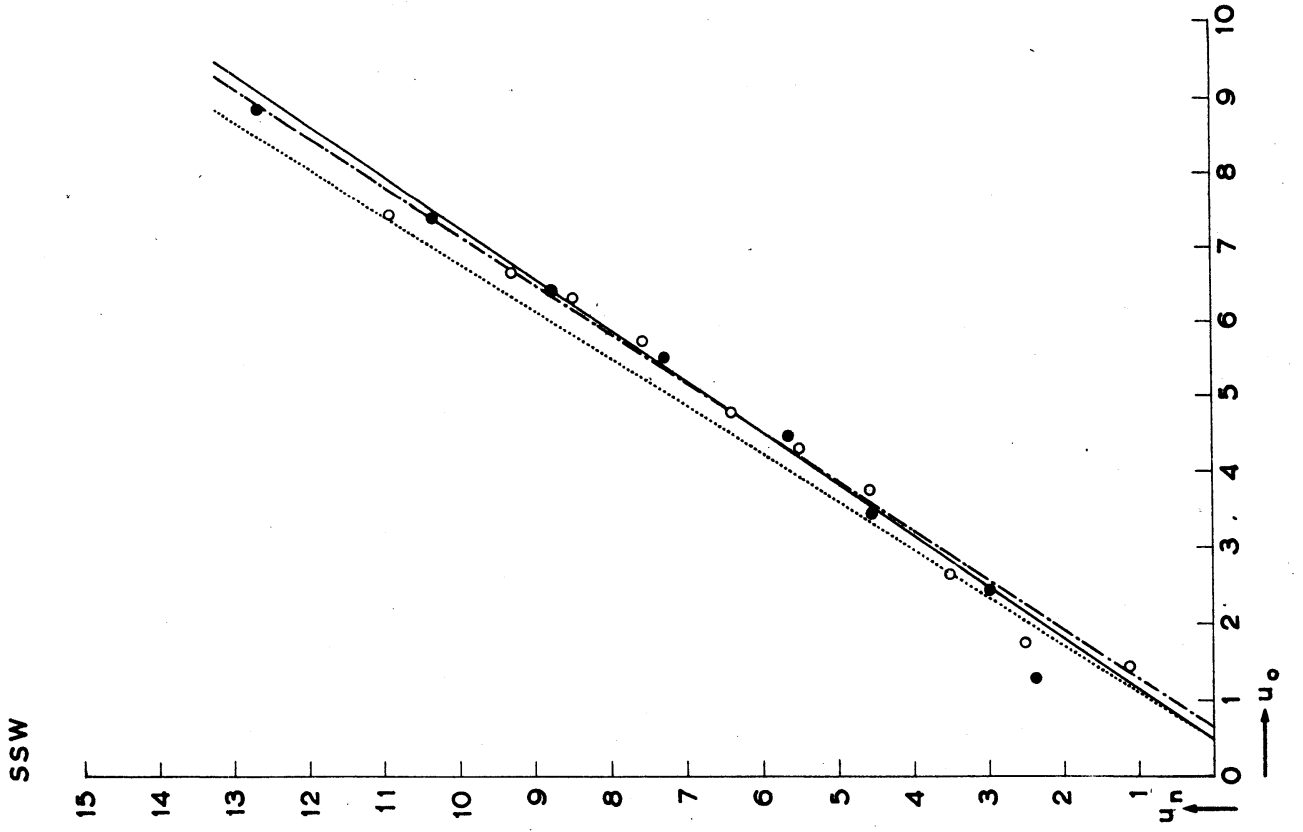


fig.1.7

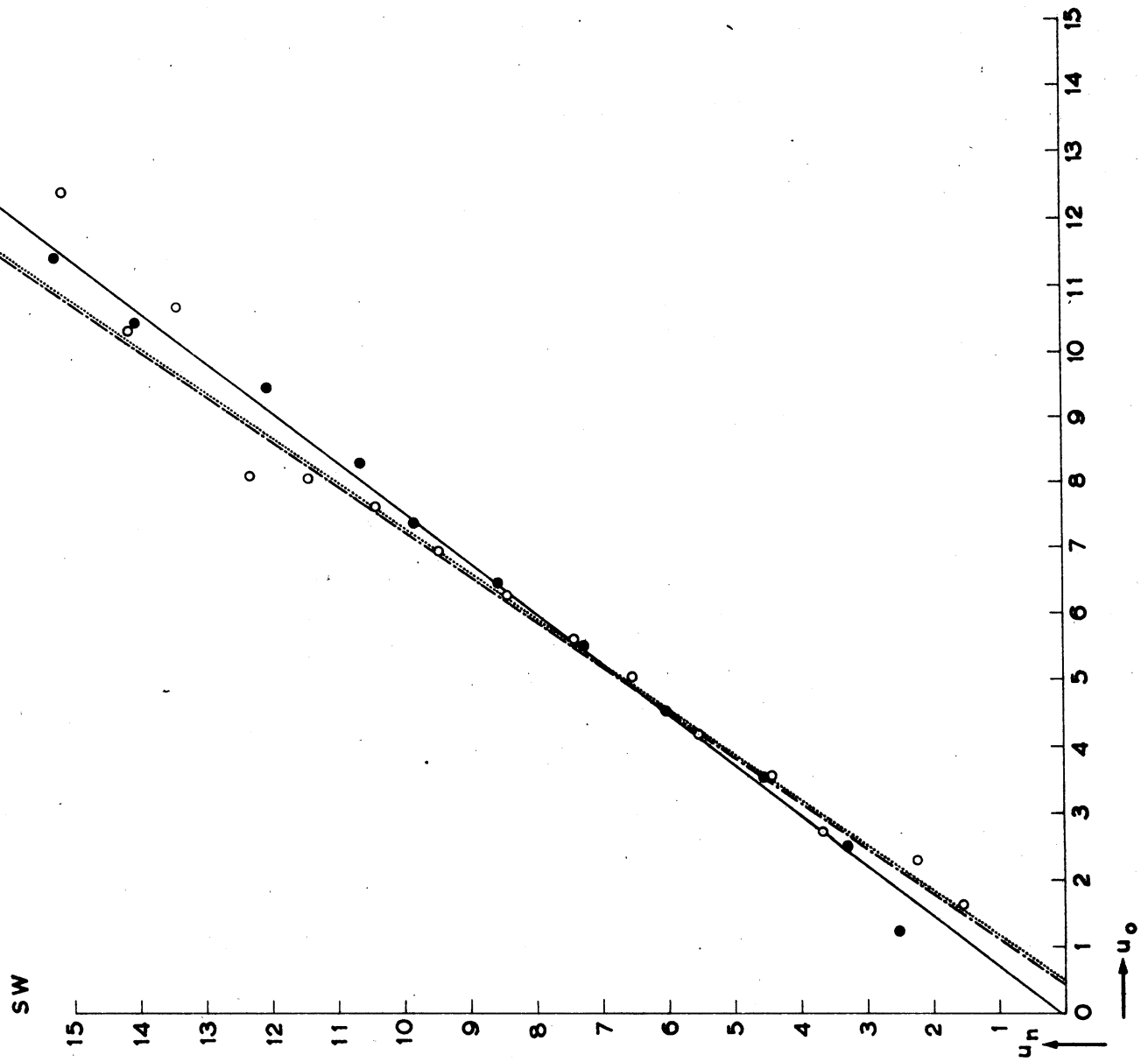


fig. 1.10

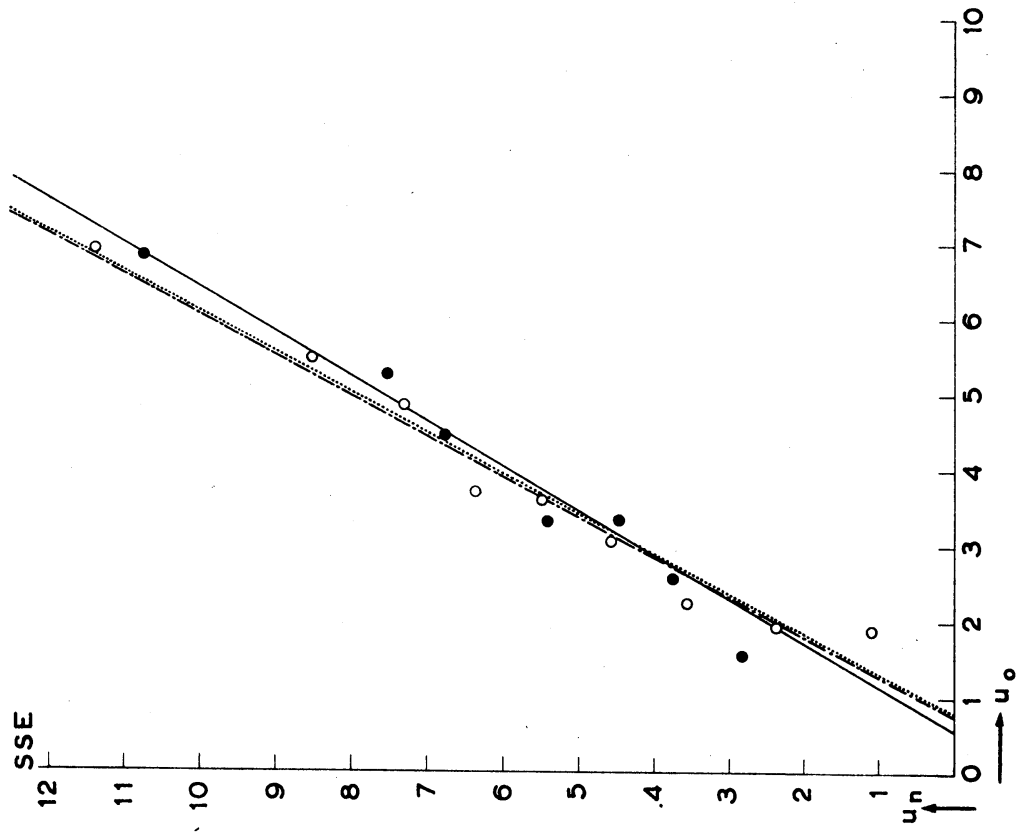


fig. 1.9

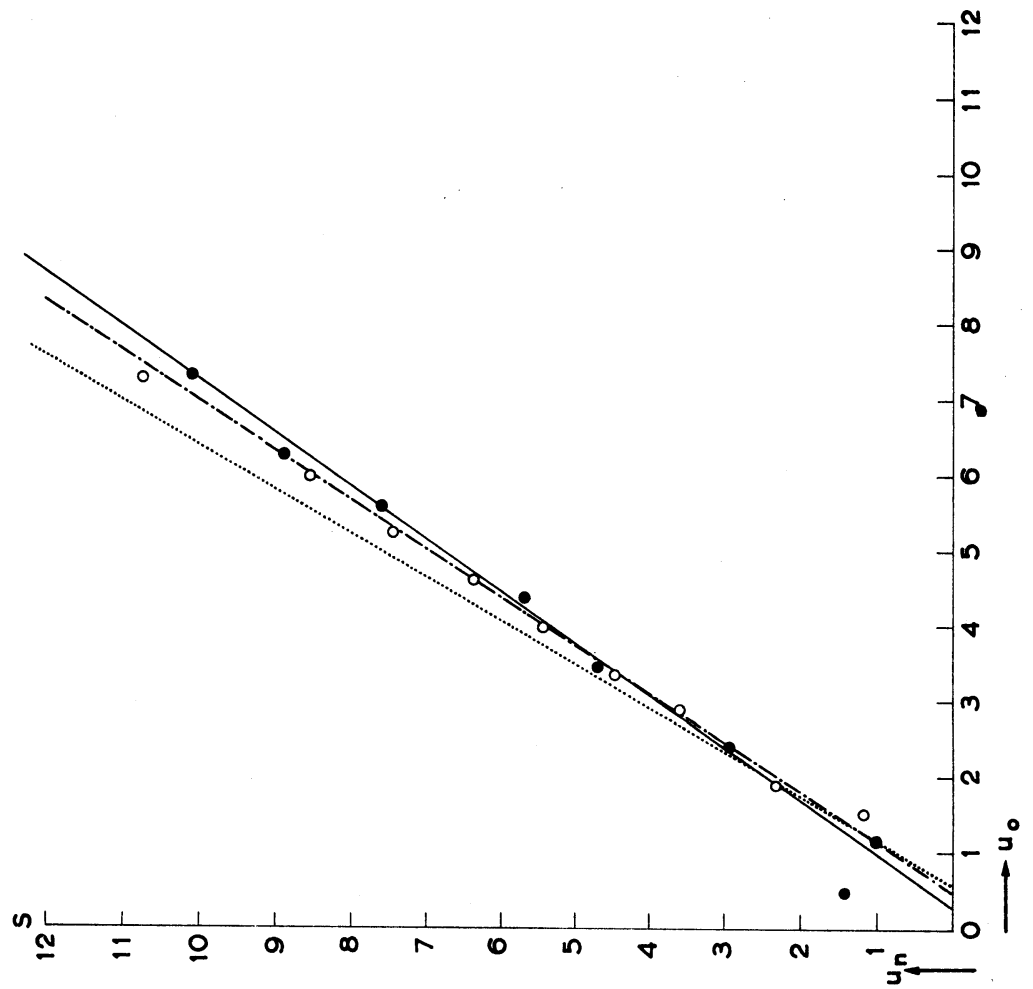


fig. 1.12

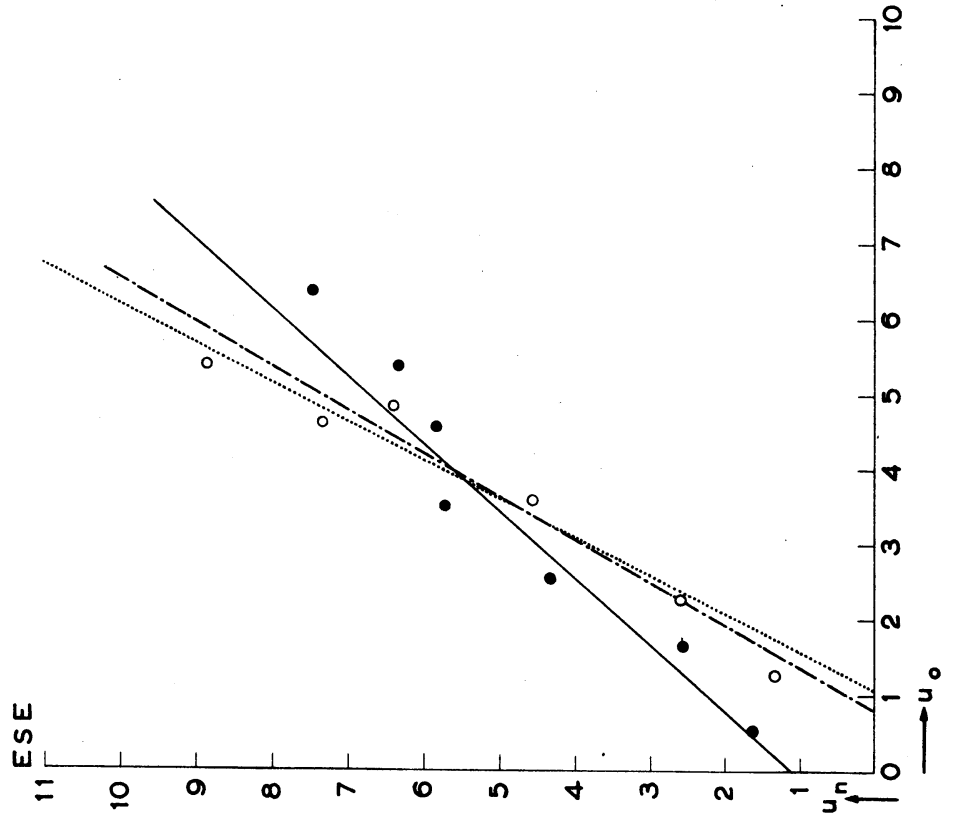


fig. 1.11

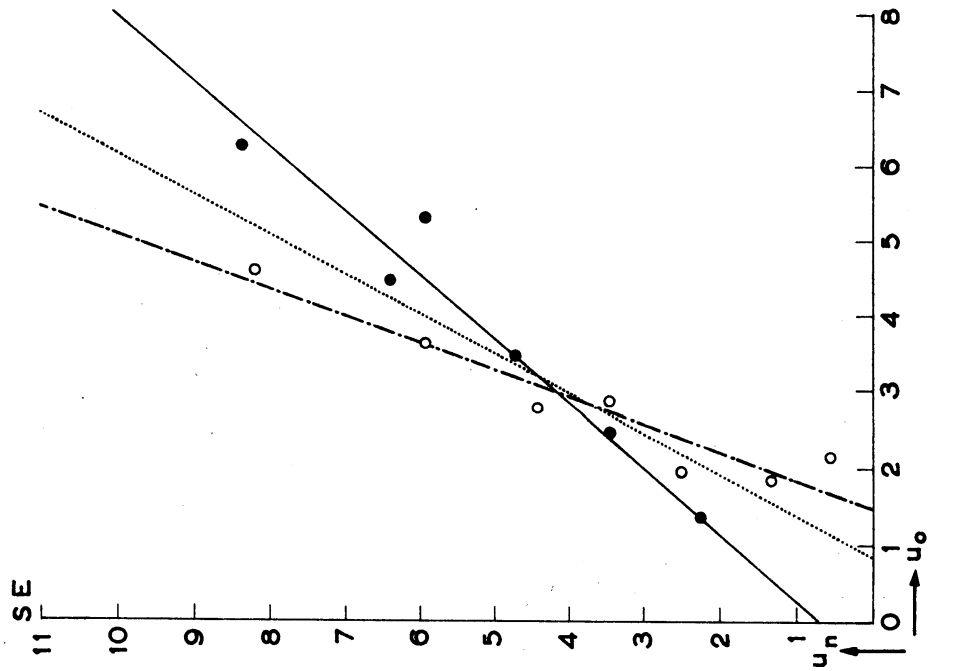


fig. 1.14

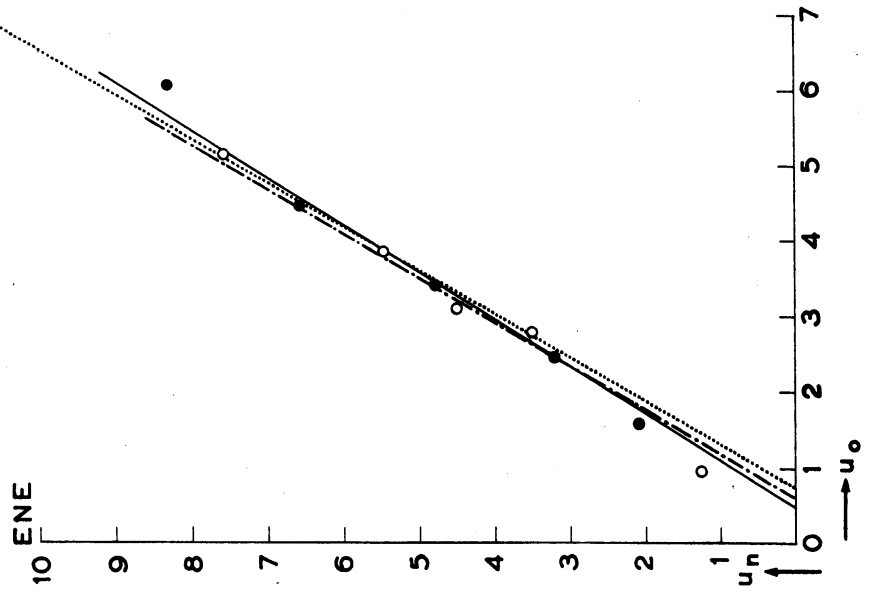


fig. 1.13

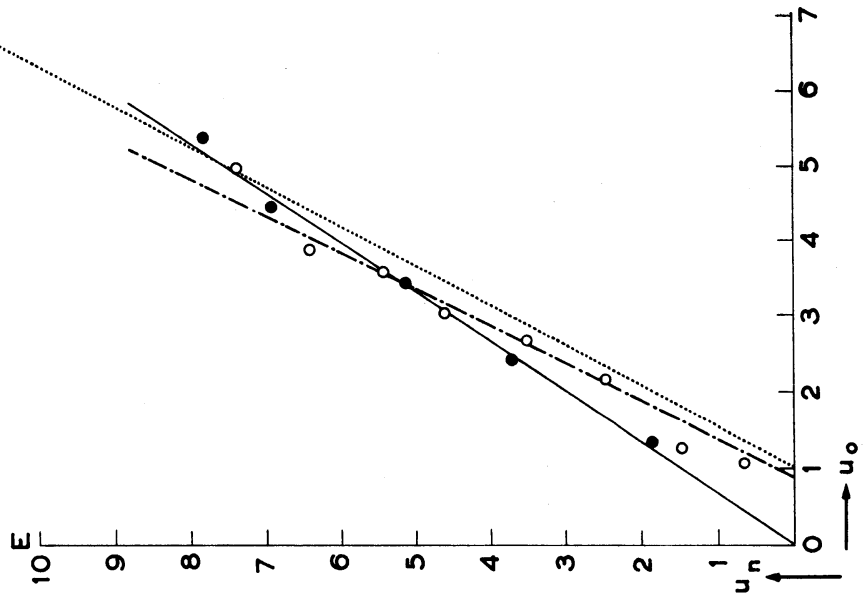


fig. 1.16

NNE

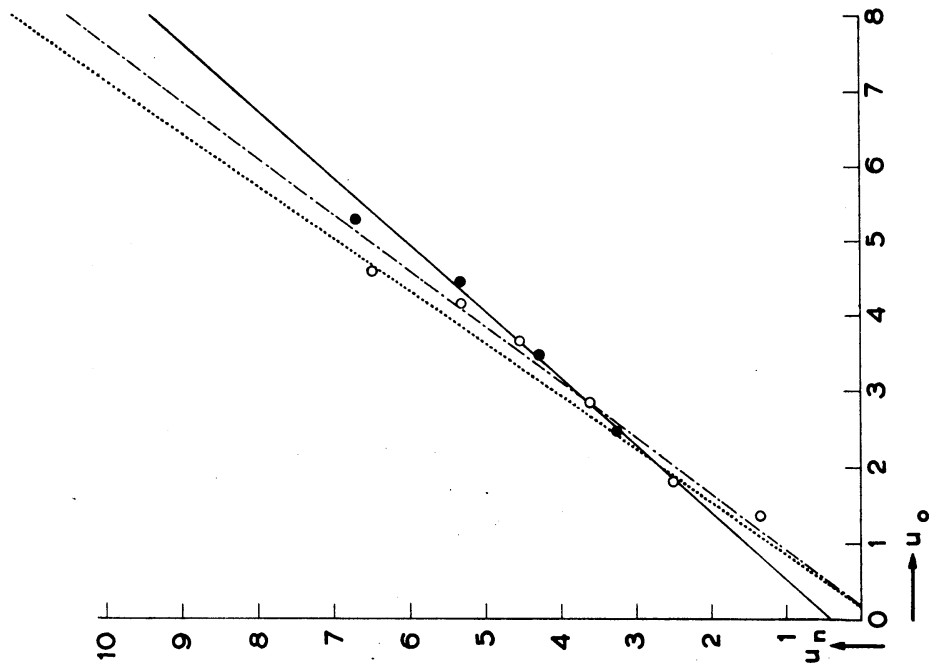


fig. 1.15

NE

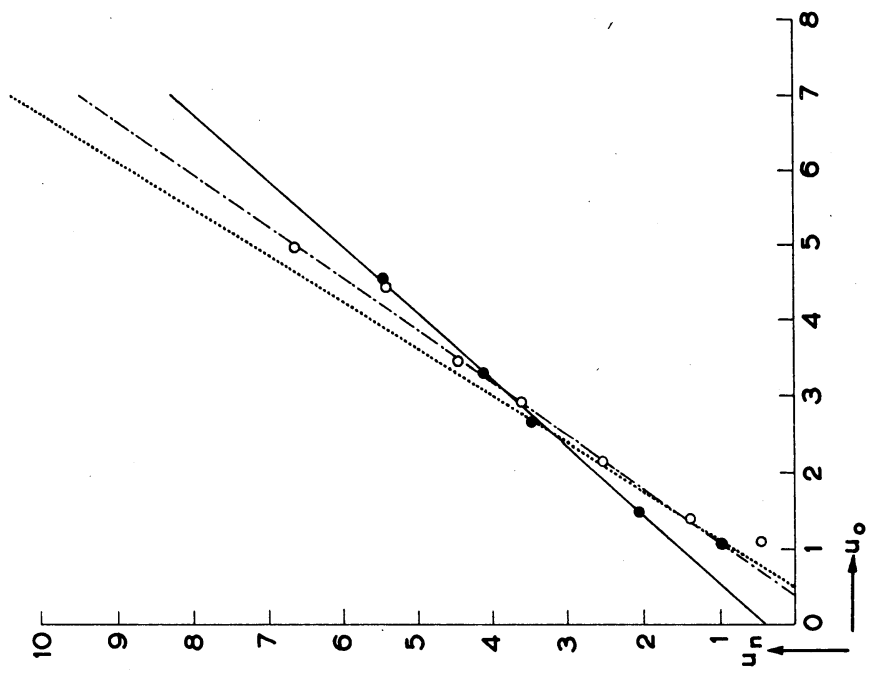


fig. 2.1

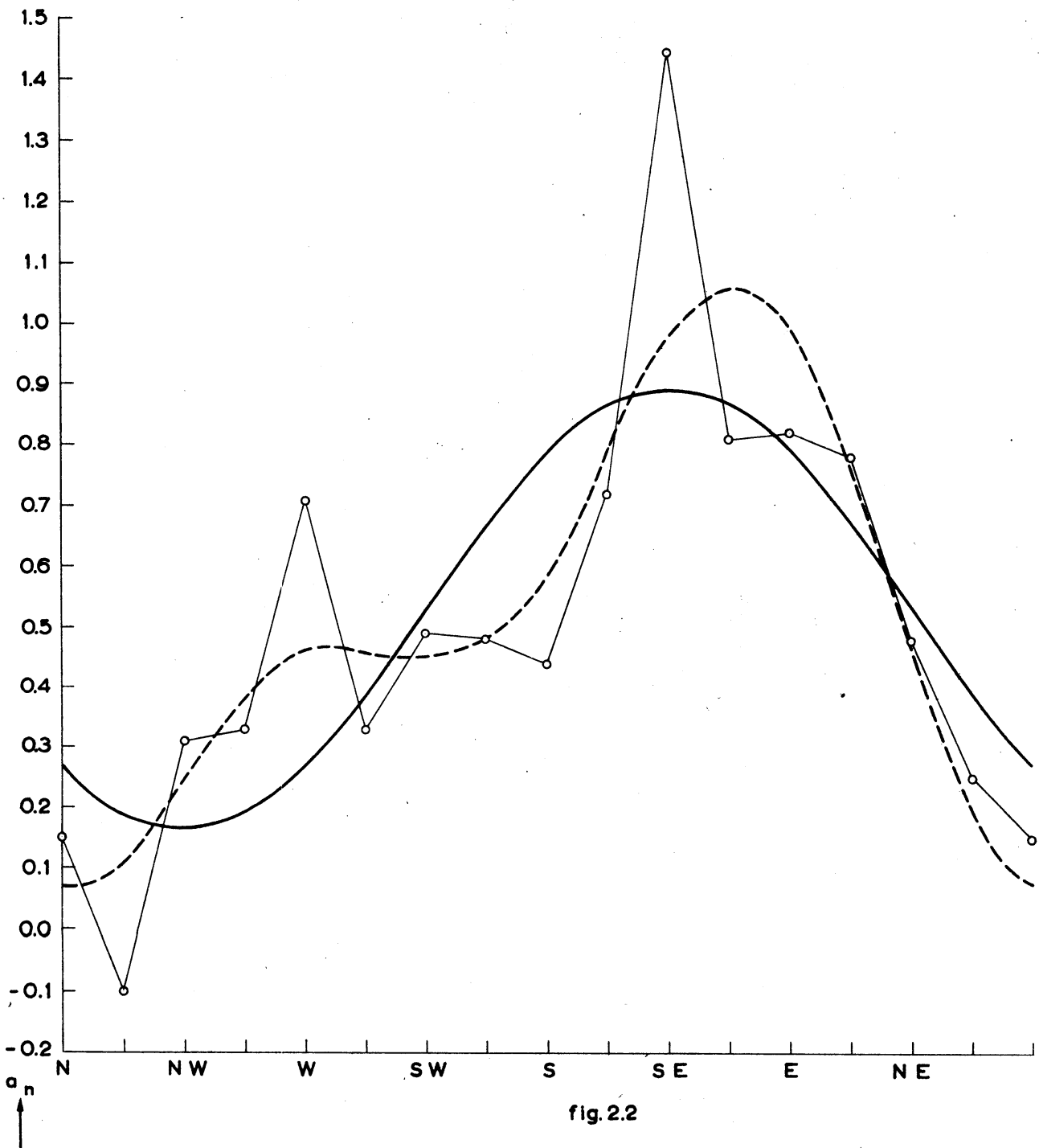
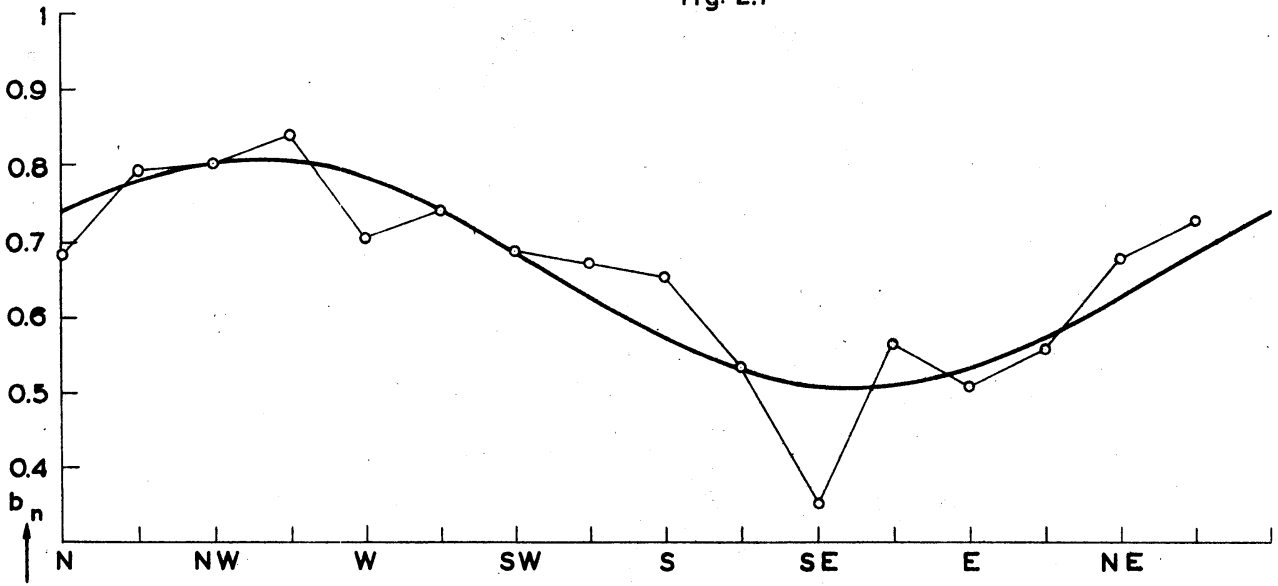
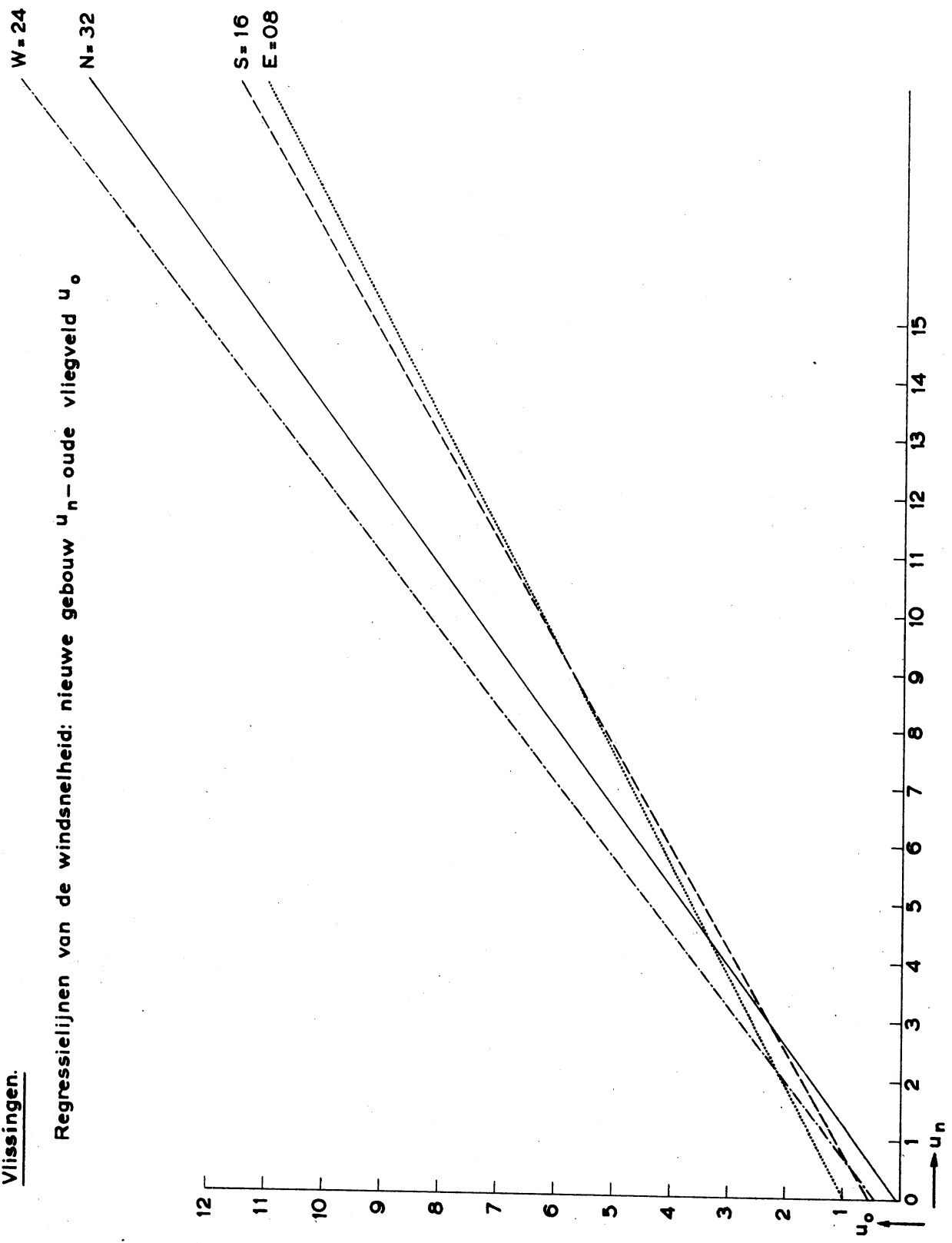


fig. 2.2

fig.2.3

Vlissingen.

Regressielijnen van de windsnelheid u_n - oude vliegveld u_0



Vlissingen.

fig. 2.4

Regressielijnen van de windsnelheid: nieuwe gebouw u_n —oude vliegveid u_o

N NW = 30
W SW = 22

E NE = 06
S SE = 14

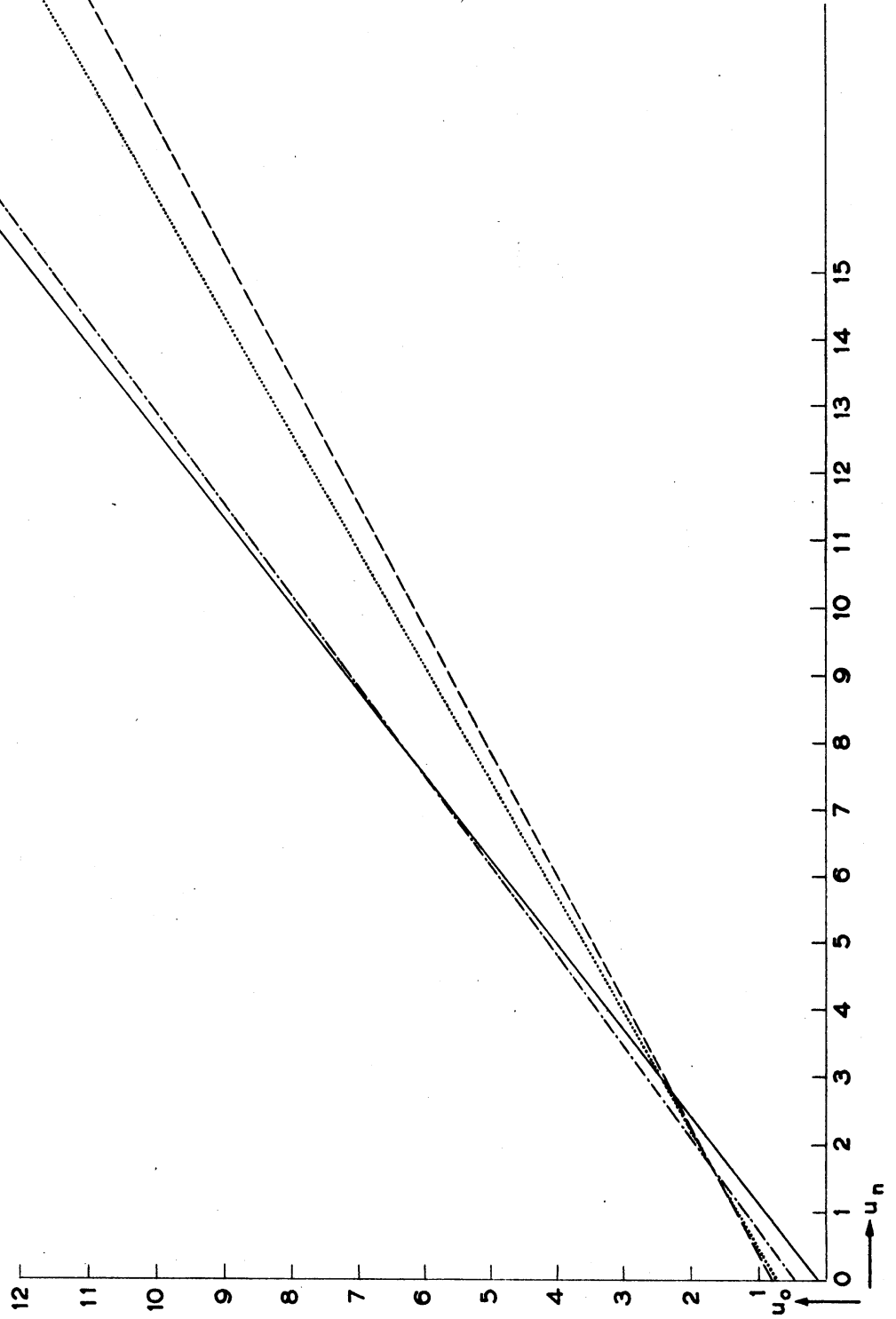
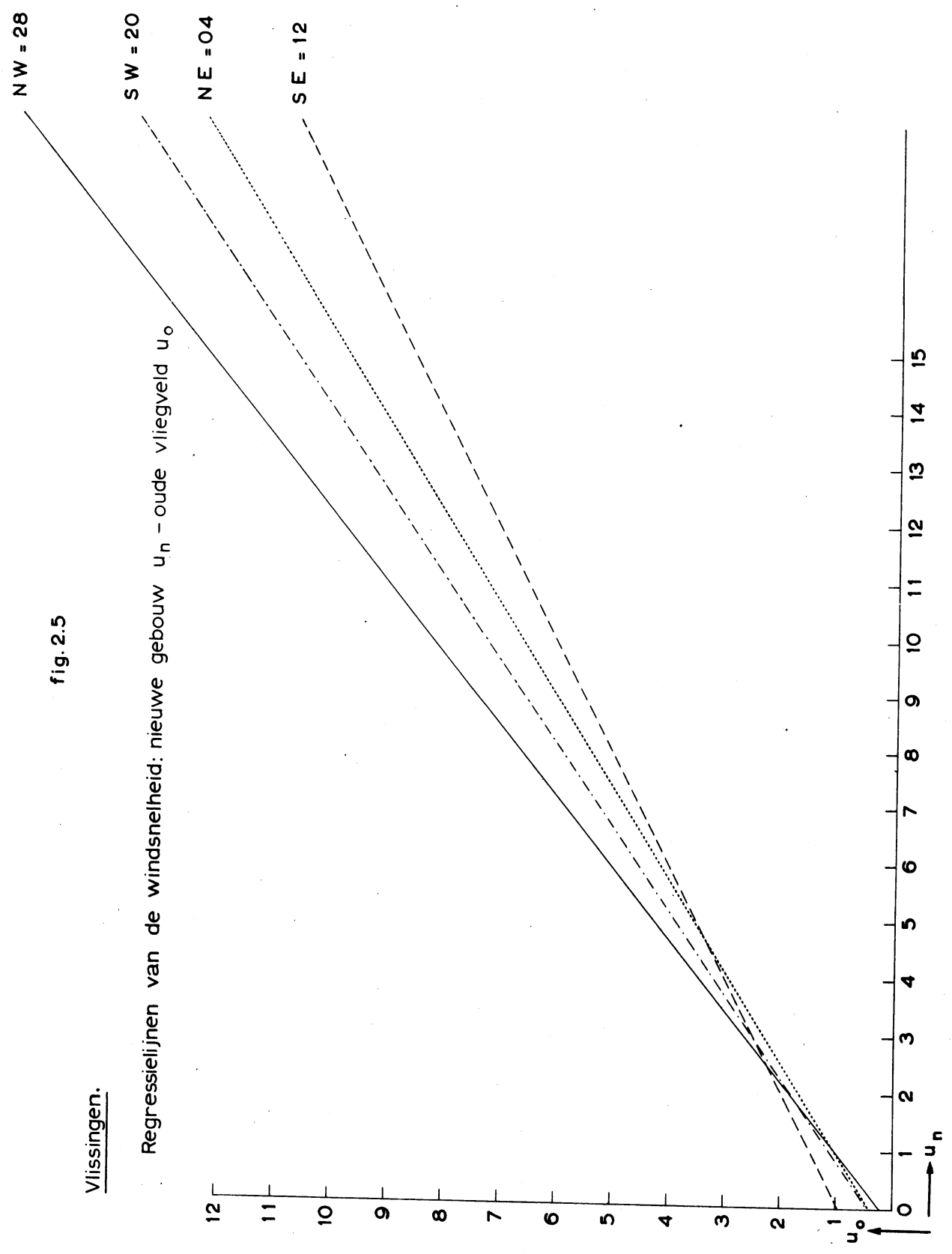


fig. 2.5

Vlissingen.

Regressielijnen van de windsnelheid: nieuwe gebouw u_n - oude vliegveld u_o



Vlissingen.

fig. 2.6

Regressielijnen van de windsnelheid u_n oude vliegveld u_o

WNW = 26

NNE = 02

SSW = 18

ESE = 10

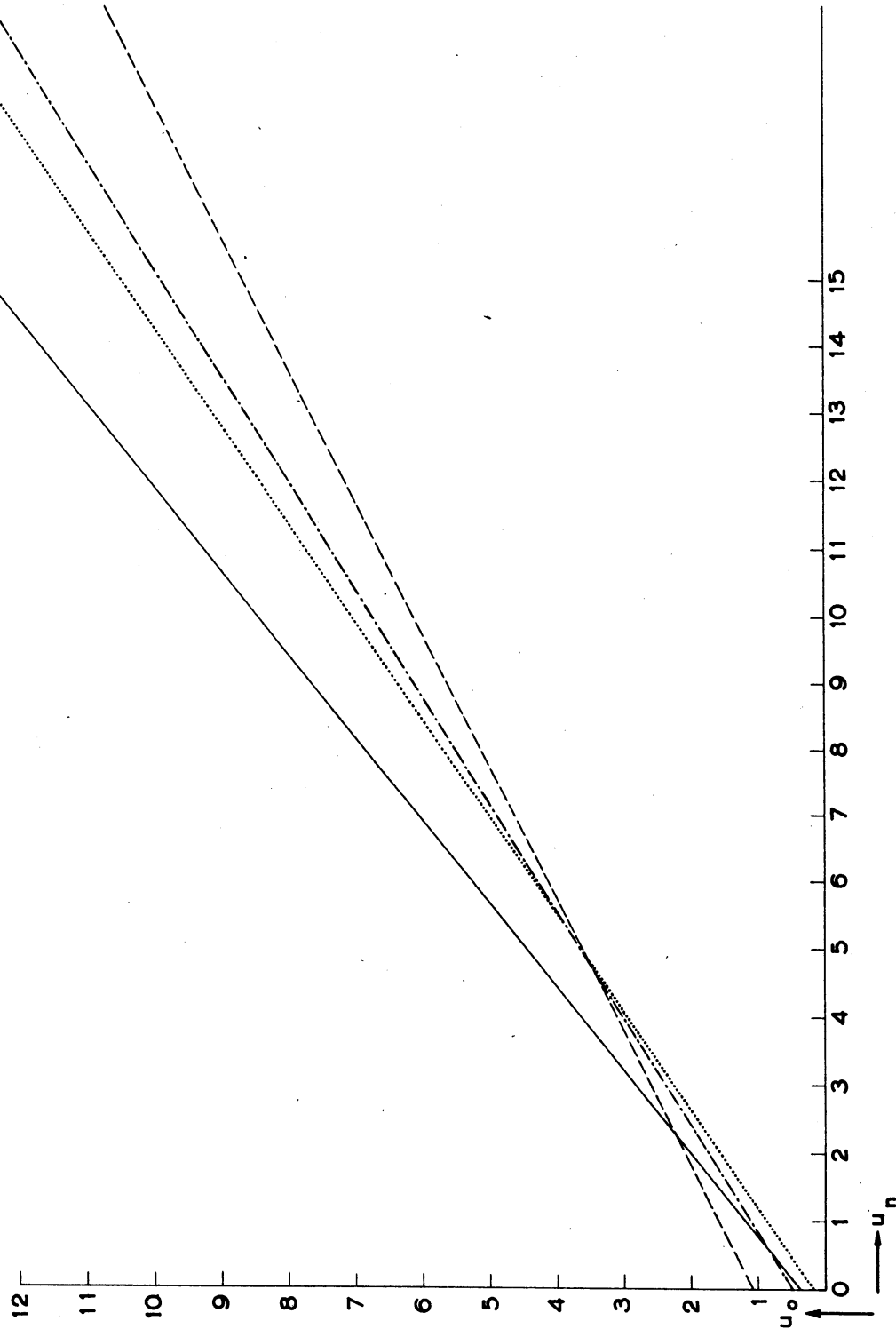


fig. 3.1

Cumulative verdeling van $v = \tilde{u}_0 - u_0$

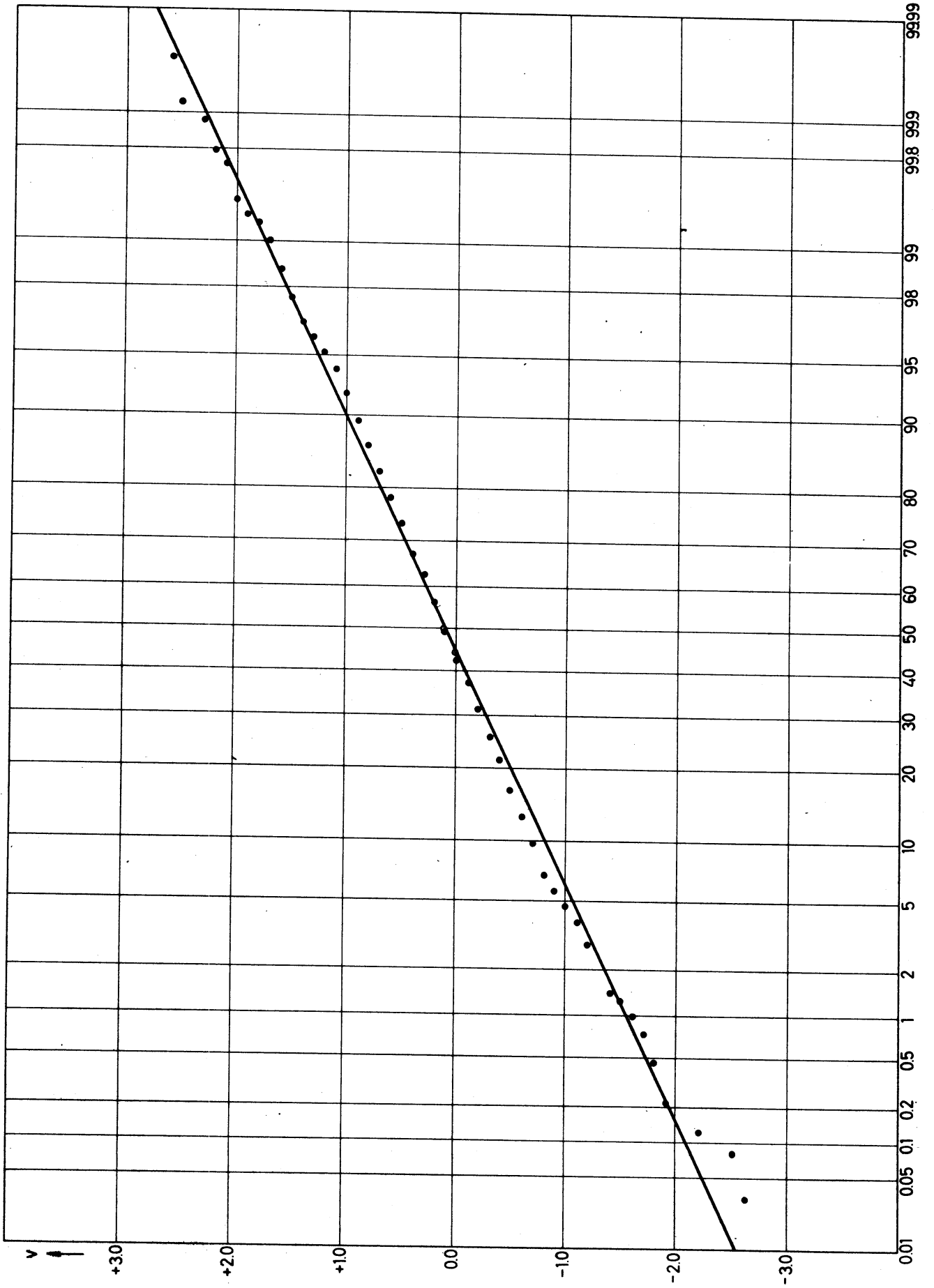


fig. 4.1

