

18 sep. 1961

Verslagen V-90

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Onderzoek naar de veranderingen in de stofneerslag
op Luikse Bollen in het mijngebied van Zuid-Limburg,
met de tijd en met de windduur.

door

O.A.J. Eisses

De Bilt, juli 1961

Kon. Ned. Meteor. Inst.
De Bilt

Onderzoek naar de veranderingen in de stofneerslag
op Luikse Bollen in het mijngebied van Zuid-Limburg,
met de tijd en met de windduur.

door

O.A.J. Eisses

551.510.42

Inleiding

De verontreiniging van de atmosfeer door vaste stofdeeltjes rondom de mijnen in het midden van Zuid-Limburg wordt gecontroleerd door metingen aan een eenvoudig standaard instrument, de zogenaamde LUIKSE BOL.

Dit is een aluminium bol (diameter 12 cm) die, ingevet met vaseline en in de buitenlucht opgesteld, vaste-stofdeeltjes kan opvangen. Tweemaal per maand wordt de vaseline er afgewassen en het gewicht bepaald van het, in de afgelopen periode in de vaseline vastgehouden, stof.

Uit het rapport 1179 C.P. van het Centraal Proefstation van de Staatsmijnen in Limburg zijn nu kwartaalsommen van dit gewicht voor een 30-tal meetstations rondom de Staatsmijnen Emma, Hendrik, Wilhelmina en de Staatsmijn Maurits bekend, waarbij een algemeen afnemen met de tijd werd geconstateerd van de stofneerslag.

Dit is nader onderzocht, terwijl het verband met de windduur, het belangrijkste meteorologische element voor de verspreiding van stof in de atmosfeer, is nagegaan.

Het afnemen met de tijd van de stofneerslag.

In eerste benadering kan men een lineair veranderen met de tijd van de stofneerslag aannemen, daar over de werkelijke veranderingen in de tijd van de stofbronnen en hun productie niets bekend is. Ook zijn fluctuaties met een periode korter dan een kwartaal niet te achterhalen doordat alleen de kwartaalsommen gegeven zijn.

Uit het rapport 1179 C.P., Memo 251 C.P./58, Fig. 1 6, zijn de relative stofneerslagen, X, uitgemeten en samengevat in tabel I.

Een lineaire-regressieanalyse met de tijd t (t_1 = begintijd, t_2 = eindtijd van de meetperioden) geeft de beste schatting, X (t), van de stofneerslag per kwartaal:

$$A(t) = a_1 + B(t - t_1) \quad \text{of}$$

$$= a_1 (1 + C(t - t_1))$$

waarbij a_1 behoort bij het tijdstip t_1 en B de regressie coëfficiënt is.

Een omrekening geeft de verandering met de tijd, C, van de stofneerslag, b.v. in promille.

Deze berekende statistische waarden, te zamen met het gemiddelde, m_x en de standaarddeviatie s_x van de waarnemingen, de correlatiecoëfficiënt tussen stofneerslag en tijd, r_x , en de standaarddeviatie van het residu (d.w.z. van $X - X(t)$) zijn alle opgenomen voor 29 meetstations in tabel II. Er blijken, op 3 stations na, overal negatieve correlatie coëfficiënten op te treden: afnemen van het stofgehalte met de tijd. Een r_x , die significant van $r=0$ afwijkt treedt 15 keer op bij een betrouwbaarheidsdrempel van 0,05, en 8 hiervan zelfs bij een drempel van 1%. Een schatting van de beste waarde, voor alle stations is te zamen verkregen, na transformatie van r tot z:

$$z = \frac{1}{2} \ln (1+r)/(1-r)$$

voor elk station met n vrijheidsgraden geeft dan een gewogen waarde van $r = -0,44$.

Er blijkt dus voor alle stations te zamen een matig afnemen met de tijd van de stofneerslag te zijn opgetreden in de waarnemingsperiode 1952-3de ... 1958-4de kwartaal.

De daling per kwartaal voor de 29 stations is gemiddeld $C = 14 \%$, en maximaal 34% voor het station 19.

Uit de tabel I vindt men een duidelijke jaarlijkse gang, die te elimineren is door een voortschrijdend gemiddelde te nemen over 4 opvolgende kwartaalwaarden, zgn. overlappend. De waarden staan in tabel III, de grafieken Fig. 1a 1d geven er een beeld van. Bovendien is voor een nultgetelde windduurstatistiek van het vliegveld Zuid-Limburg het zelfde gedaan. In tabel 4 staan vermeld de uren, dat de wind uit een bepaalde sector van 30° , d, heeft gewaaid, voor de verschillende kwartalen van de meet periode 1952 58, in tabel 5 weer de overlappende waarden van 4 opvolgende kwartalen, ook in uren. De Fig. 2a en 2b brengen dit in beeld.

Uit deze laatste figuren kan men de langjaarlijkse gang van de windduur voor sommige windrichtingen, vooral in de zuidwestelijke hoek, goed waarnemen. De krommen gelijken dan vaak op die van de stofneerslag. Een mogelijk verband is daarom onderzocht.

Verband met de opgetreden windduur.

De mogelijke stofbronnen A ... H in het mijngebied zijn:

a) staatsmijnen Emma, Hendrik en Wilhelmina:

- A. staatsmijn Emma,
- B. " Wilhelmina,
- F. Briketfabriek, Treebeek,
- H. staatsmijn Hendrik.

b) staatsmijn Maurits:

- C. staatsmijn Marits,
- D. Stikstofbindingsbedrijf,
- E. Emma - Cokesmijn,
- G. Hollith Grondstoffen.

Hierdoor kan voor elk meetstation de windrichting ,d, aangewezen worden voor elke mogelijke stofbron, waarna een correlatierekening de mate van verband aangeeft. In tabel VI is het resultaat voor een 6-tal stations rondom de staatsmijnen Emma, enz. en Maurits vermeld.

De gevonden correlatiecoëfficiënten tussen de oorspronkelijke stofneerslagwaarden, en de windduur $T_d(S)$ voor de richting ,d, van een stofbron ,S, blijken weer betrekkelijk klein te zijn (bij een vaste correlatie moet de waarden van r wel 0,86 of meer zijn: immers, dan zal de standaard deviatie van het residu ($s_{res.}$) minstens $\sqrt{1-r^2}$ = $\frac{1}{2}$ maal de oorspronkelijke standaard deviatie , s_x , zijn geworden).

Dit matige verband tussen stofneerslag en de windduur, waarin het meetstation onder de rook van een stofbron lag, kan wellicht verbeterd worden door ook de algemene vermindering met de tijd in rekening te brengen: d.w.z. de negatieve correlatie met de tijd, t .

Verband met de algemene neerslagvermindering en de windduur.

Voor de langste waarnemingsreeksen (dus uitgezonderd station 30) van de tabel VI is nu de dubbele correlatierekening opgezet van de stofneerslag $X(d,t)$ in afhankelijkheid van de tijd t , en de windduur T_d , van die stofbron, die in tabel VI de hoogste correlatiecoëfficiënt heeft gegeven (b.v. voor station 19, de stofbron D uit een richting $d=10$, of $300^\circ =$ west noordwest). Het verband wordt nu aangegeven door een regressie vergelijking:

$$X(d,t) = a_1 + b(t-t_1) + cT_d$$

met b en c = regressiecoëfficiënten, terwijl de restconstante a_1 , of liever de gemiddelde waarde $a = a_1 - (t_2 - t_1) b/2$ de "onverklaarde" rest van deze schattingsformule is.

Een overzicht van het resultaat van de berekening geeft tabel VII, waarin hoofdstofbron en de daarbij behorende windrichting (in 30-tallen graden t.o.z. van noord) per station opgegeven zijn. De partiele correlatiecoëfficiënten:

$r(X,t)$, d.w.z. na eliminatie van de windduur en tussen stofneerslag en de tijd,

$r(X, T_d)$, d.w.z. na eliminatie van de tijd en tussen stofneerslag en de windduur,

blijken nog steeds niet hoog te zijn, maar wel is in vele gevallen de totale correlatie R , voor beide invloeden te zamen, veel vaster geworden, n.l. dichter bij één gekomen. Dit uit zich ook in de standaard deviatie van het residu, die ten opzichte van de oorspronkelijke s_x flink is gedaald.

Berekening met de gevonden regressievergelijkingen van de waarden $X(d,t)$, waarvan de coëfficiënten ook in de tabel VII staan vermeld, geeft de mogelijkheid om de oorspronkelijke metingen X , hiermee te vergelijken. Een stel grafieken, Fig. 3a 3e, laat zien, dat de gevonden schattingsformules voor de waarnemingsperiode redelijk wel voldoen.

Conclusie

In het algemeen is voor bijna alle stations een verbetering waar te nemen, dus een afnemen in de tijd van de stofneerslag. Een nader onderzoek b.v. met een ander dan een lineair verband (exponentieel) eist meer waarnemingen. Dit kan door half maandelijks waarden en wellicht door de verlenging van de periode tot heden. De invloed van de windduur geeft de fluctuaties betrekkelijk goed weer, zodat andere weerselementen niet nader onderzocht zijn.

juli 1961.

Luikse Bol. Mijng gebied

TABEL I

Stofneerslag per kwartaal

De nummering van de stations is volgens het rapport nr. 1179 C.P. van de Staatsmijnen in Limburg, de neerslagwaarden volgens de grafieken ervan.

Staatsmijn	Emma & Hendrik											Wilhelmina			Maurits					
	1	2	4	5	6	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Station Nr.																				
jaar-kwart.																				
1952-3	13	54	103	45	47	-	80	106	34	21	44	47	39	-	-	-	-	-	-	
4	8	35	45	50	22	-	60	61	17	5	32	35	25	-	-	-	-	-	-	
1953-1	10	74	88	70	39	-	117	85	42	18	35	42	18	17	53	134	39	67	76	
2	13	72	85	55	28	71	76	109	35	26	33	51	37	51	39	101	58	65	90	
3	11	50	63	45	27	79	159	69	46	21	43	61	34	29	57	139	75	57	109	
4	5	41	53	33	37	106	125	79	57	17	29	34	26	12	27	77	45	50	112	
1954-1	8	90	100	84	65	116	108	136	44	27	35	54	28	22	41	126	68	70	98	
2	11	125	160	78	46	74	90	127	40	33	39	41	35	46	38	111	53	66	81	
3	7	48	42	35	22	64	111	104	46	16	38	49	14	21	41	67	64	23	148	
4	8	41	62	16	30	72	94	110	42	13	36	54	16	16	37	68	66	25	76	
1955-1	11	119	115	61	40	58	61	73	25	14	33	44	19	19	32	78	54	66	55	
2	10	95	125	64	35	62	69	89	35	21	31	46	26	41	38	81	60	39	49	
3	6	63	98	40	23	30	29	56	15	9	19	26	22	21	25	66	36	33	34	
4	5	43	77	26	28	67	110	82	44	11	26	40	13	11	31	43	62	28	99	
1956-1	13	96	163	51	47	44	48	57	22	16	26	41	15	19	33	48	47	59	39	
2	7	54	58	34	24	43	41	66	25	9	26	28	14	24	23	54	46	24	84	
3	5	61	66	45	25	63	58	73	30	11	17	21	18	16	28	50	48	20	74	
4	7	48	56	30	26	43	47	56	25	8	18	29	13	12	20	38	37	26	58	
1957-1	6	67	55	48	24	61	65	55	31	13	18	43	15	13	24	40	47	27	68	
2	10	75	73	51	31	46	38	66	23	21	27	31	26	38	26	48	36	35	39	
3	7	30	72	24	16	47	54	57	23	9	18	33	9	42	18	34	46	13	58	
4	8	65	120	43	29	69	90	58	33	14	26	49	27	12	22	30	43	29	49	
1958-1	8	99	70	29	25	46	50	48	24	13	25	44	18	13	25	47	43	38	65	
2	8	81	51	34	24	38	61	62	28	24	29	38	13	59	27	44	56	26	58	
3	7	111	60	45	23	46	50	94	31	10	29	30	14	21	28	45	69	31	97	
4	7	81	119	31	25	53	45	44	21	8	21	29	33	15	13	39	36	28	53	

TABEL I, vervolg

Staatsmijn	MAURITS									
Station Nr.	25	26	27	28	29	30	33	34	35	36
jaar-kwart.										
1953-4	9	14	-	-	-	--	-	-	-	-
1954-1	23	29	-	-	-	-	-	-	-	-
2	24	60	-	-	-	-	-	-	-	-
3	11	34	11	22	26	58	-	-	-	-
4	9	17	10	11	14	52	-	-	-	-
1955-1	17	24	14	23	20	42	-	-	-	-
2	19	35	25	24	33	41	22	103	37	27
3	24	24	16	16	19	31	14	99	20	25
4	8	13	8	10	11	28	13	109	44	37
1956-1	20	23	15	19	22	41	19	39	37	42
2	11	24	14	11	23	26	22	129	39	16
3	10	22	11	12	24	31	19	68	53	25
4	8	16	9	9	29	33	11	65	38	19
1957-1	11	14	11	13	18	38	14	75	52	29
2	21	32	24	23	28	34	22	79	57	44
3	9	13	10	12	13	20	23	102	49	17
4	10	16	11	19	13	38	11	71	45	29
1958-1	8	18	12	10	12	33	13	85	35	60
2	13	22	19	16	17	33	15	125	32	27
3	15	16	11	12	18	24	14	175	38	38
4	8	14	9	8	9	28	11	65	25	25

TABEL II

Het afnemen met de tijd van de Stofneerslag

Lineaire correlatie r , van de stofneerslag per kwartaal = $X(t)$ met de tijd t , waarbij $t_1 = 1$ overeenkomt met 1952-3.

m_x = gemiddelde waarde van X over de periode

s_x = standaard deviatie ervan.

De schattingsformule wordt bij het lineaire verband:

$$X(t) = a_1 + b(t - t_1) = a_1(1 + C(t - t_1))$$

met

b = regressiecoëfficiënt,

a_1 = beginwaarde,

a_2 = eindwaarde van de schatting voor $t_2 = 26$.

C = verandering per kwartaal van de stofneerslag,

$z = \frac{1}{2} \ln(1+r) / (1-r)$, $s_{res.}$ = standaard deviatie in het residu.

station Nr.	t_1	m_x	s_x	$\frac{m_x}{s_x}$	b	a_1	a_2	C %	r	$n = t_2 - t_1 - 2$	nz	$s_{res.}$
1	1	9	2,5	3,5	-0,14	10	7	-13	-0,42	23	-10,24	2,3
2	1	70	25,7	2,7	+0,65	62	79	+11	+0,22	23	+5,21	24,4
4	1	80	34,3	2,3	-0,38	85	75	-4	-0,08	23	-1,93	34,2
5	1	45	16,5	2,7	-0,91	56	33	-16	-0,42	23	-10,40	14,9
6	1	31	10,8	2,9	-0,65	39	22	-17	-0,46	23	-11,32	9,6
8	4	61	19,2	3,2	-1,85	81	38	-23	-0,62	20	-14,33	15,1
9	1	74	32,3	2,3	-2,43	105	44	-23	-0,57	23	-14,97	26,5
10	1	78	24,5	3,2	-1,08	92	63	-12	-0,33	23	-7,98	23,1
11	1	32	10,0	3,2	-0,65	40	23	-16	-0,50	23	-12,60	8,7
13	1	16	6,9	2,3	-0,34	20	11	-17	-0,38	23	-9,06	6,4
14	1	29	7,6	3,8	-0,85	40	18	-22	-0,86	23	-28,40	3,9
15	1	40	10,0	4,0	-0,58	47	32	-12	-0,45	23	-11,02	8,9
16	1	22	8,6	2,5	-0,41	27	16	-15	-0,46	23	-11,53	7,6
17	3	25	13,9	1,8	-0,34	28	20	-12	-0,17	21	-3,66	13,7
18	3	31	10,5	3,0	-1,19	45	16	-26	-0,80	21	-22,90	6,3
19	3	67	32,7	2,0	-3,99	117	21	-34	-0,86	21	-27,40	16,5
20	3	51	11,1	4,6	-0,57	58	44	-10	-0,36	21	-7,98	10,3
21	3	39	17,9	2,2	-1,76	60	17	-30	-0,69	21	-17,70	12,9
22	3	74	28,1	2,6	-1,88	95	50	-20	-0,48	21	-10,82	24,7
25	6	14	5,8	2,4	-0,27	16	8	-16	-0,29	18	-5,33	5,6
26	6	23	11,0	2,1	-0,77	30	14	-25	-0,43	18	-8,36	9,9
27	9	13	4,9	2,7	-0,13	14	12	-9	-0,14	15	-2,10	4,8
28	9	15	5,4	2,8	-0,42	18	11	-23	-0,42	15	-6,64	4,9
29	9	19	6,8	2,8	-0,54	24	14	-22	-0,42	15	-6,73	6,2
30	9	35	9,3	3,7	-1,13	45	24	-25	-0,64	15	-11,48	7,1
31	12	16	4,5	3,6	-0,38	19	13	-20	-0,37	12	-4,71	4,2
34	12	93	33,5	2,8	+1,30	84	103	+18	+0,17	12	+2,10	33,0
35	12	40	10,2	3,9	-0,38	44	38	-1	-0,02	12	-0,28	10,2
36	12	31	11,7	2,6	+0,72	25	36	+29	+0,28	12	-3,38	11,2

* = significant van $r=0$ verschillend, betrouwbaarheidsdrempel = 0,05,

** = idem, drempel = 0,01

$Z = \sum nz / \sum n = -0,476$, $r = -0,44$

TABEL III

Stofneerslag per 4 opvolgende kwartalen (m_{4t})

Afwijking van het gemiddelde van de periode.

Staatsmijn:	Emma & Hendrik										Wilhelmina		
Station Nr.:	1	2	4	5	6	8	9	10	11	13	14	15	16
jaar-kwart.													
jaargemiddelde	33	279	337	180	125	241	303	313	132	64	113	162	85
1952-3/2	+11	-44	-16	+40	+11	-	+30	+48	- 4	+ 6	+31	+13	+34
4/3	+ 9	-48	-56	+40	- 9	-	+109	+31	+ 8	+ 6	+30	+27	+29
1953-1/4	+ 6	-42	-48	+23	+ 6	-	+174	+29	+48	+18	+27	+26	+30
2	+ 4	-26	+14	+37	+32	+131	+165	+80	+49	+27	+27	+38	+40
3	+ 2	+27	+39	+60	+50	+134	+179	+98	+55	+34	+33	+28	+38
4	- 2	+25	+18	+50	+45	+119	+131	+143	+55	+29	+28	+16	+18
1954-1/4	+ 1	+25	+27	+33	+38	+ 85	+100	+164	+60	+25	+35	+36	+ 8
2	+ 4	+54	+42	+10	+13	+ 27	+ 53	+101	+21	+12	+33	+26	+ 1
3	+ 3	+24	+ 7	- 4	+ 2	+ 15	+ 32	+ 73	+16	0	+25	+31	-10
4	+ 2	+39	+67	+ 1	+ 3	- 19	- 50	+ 15	-15	- 7	+ 6	+ 8	- 2
1955-1/4	- 1	+41	+78	+11	+ 1	- 24	- 34	- 13	-13	- 9	- 4	- 6	- 5
2	+ 1	+18	+126	+ 1	+ 8	- 38	- 51	- 29	-16	- 7	-11	- 9	- 9
3	- 2	-23	+ 59	-29	- 3	- 57	- 75	- 52	-26	-19	-16	-27	-21
4	- 3	-25	+ 27	-24	- 1	- 24	- 46	- 35	-11	-17	-18	-28	-25
1956-1/4	- 1	-20	+ 6	-20	- 3	-48	-109	- 61	-30	-20	-26	-43	-25
2	- 8	-49	-102	-23	-26	- 21	- 92	- 63	-21	-23	-34	-41	-25
3	- 5	-28	- 87	- 6	-19	- 28	- 95	- 63	-23	-11	-33	-38	-13
4	- 3	-59	- 81	-27	-28	- 44	- 99	- 79	-30	-13	-32	-26	-22
1957-1/4	- 2	-42	- 17	-14	-25	- 18	- 56	- 76	-22	- 7	-24	- 6	- 8
2	0	-10	- 2	-33	-24	- 33	- 71	- 84	-29	- 7	-37	- 5	- 5
3	- 2	- 4	- 24	-50	-31	- 41	- 48	- 88	-24	- 4	-15	+ 2	-18
4	- 2	+77	- 26	-39	-24	- 42	- 52	- 51	-16	- 3	- 4	- 1	-13
1958-1/4	- 3	+93	- 37	-41	-28	- 58	- 97	- 65	-28	- 9	- 9	-11	- 7

TABEL III, Vervolg

Staatsmi.jn	Maurits															
Station Nr.	17	18	19	20	21	22	25	26	27	28	29	30	33	34	35	36
jaar-kwart.																
jaargem.	24	30	259	206	153	293	55	93	55	60	79	136	66	356	170	125
1952-3/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4/3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1953-1/4	+12	+58	+192	+11	+86	+94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	+17	+46	+184	+40	+89	+116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	+12	+45	+194	+35	+90	+107	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	+4	+29	+122	+24	+56	+147	+12	+44	-	-	-	-	-	-	-	-
1954-1/4	+8	+39	+113	+45	+31	+110	+12	+47	-	-	-	-	-	-	-	-
2	+5	+30	+65	+31	+27	+73	+6	+42	-	-	-	-	-	-	-	-
3	0	+30	+35	+38	0	+35	+1	+17	+5	+20	+16	+57	-	-	-	-
4	0	+14	+34	+10	+10	-79	+14	+7	+10	+14	+7	+30	-	-	-	-
1955-1/4	-5	+8	+9	+6	+13	-56	+13	+3	+8	+13	+4	+6	-	-	-	-
2	-5	+9	-21	-1	+3	-72	+16	+2	+9	+9	+6	+5	+2	-6	+32	+6
3	-18	-6	-48	-15	-9	-37	+8	-9	-2	-4	-4	-10	+2	+20	-30	-5
4	-27	-3	-64	-9	-22	+3	-6	-11	-7	-8	+1	-10	+7	-9	+3	-5
1956-1/4	-26	-14	-69	-28	-24	-38	-6	-8	-6	-9	+19	-5	+5	-55	-3	-23
2	-32	-23	-77	-28	-56	-9	-15	-17	-10	-15	+15	-8	0	-19	+12	-36
3	-20	-20	-83	-38	-43	-54	-4	-9	0	-3	+20	0	0	-69	+30	-8
4	+18	-30	-99	-40	-52	-70	-6	-18	-1	-3	+9	-11	+4	-35	+26	-16
1957-1/4	+18	-28	-107	-34	-49	-79	-4	-18	+1	+7	-7	-6	+4	-29	+33	-6
2	+18	-27	-100	-38	-38	-82	-7	-14	+2	+4	-13	-11	+3	-19	+26	-25
3	+29	-26	-105	-16	-47	-63	-15	-24	-3	-3	-24	-12	-4	+27	-9	+8
4	+8	-16	90	+5	-29	-24	-9	-21	-2	-3	-19	-8	-13	+100	-20	+29
1958-1/4	+11	-25	-84	-2	-30	-20	-11	-23	-4	-14	-23	-18	-13	+94	-40	+25

TABEL IV

Windfrequentie per 30° sector op het vliegveld Zuid-Limburg, in uren per jaar

Aantal uren dat de wind, per kwartaal, uit een richting d kwam.

d	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
jaar-kwart	N	E			S			W				
1952-3	126	109	155	133	61	81	124	401	465	257	112	76
4	55	60	156	186	66	72	196	487	354	264	128	64
1953-1	230	235	174	135	52	35	126	421	324	112	67	110
2	213	160	190	158	50	57	191	309	235	181	163	171
3	53	30	90	97	37	79	241	513	524	235	131	75
4	81	89	81	122	141	107	403	549	251	98	37	52
1954-1	85	138	276	225	77	98	272	384	244	148	77	31
2	228	235	202	146	73	80	176	253	276	187	118	113
3	58	49	34	35	21	44	212	561	675	254	116	35
4	19	13	18	50	56	78	258	728	515	264	101	37
1955-1	95	80	239	387	102	52	205	328	264	169	84	77
2	159	159	189	136	87	36	80	262	377	346	155	96
3	139	152	244	181	105	49	100	256	200	274	203	156
4	69	57	74	136	73	120	305	560	409	194	73	41
1956-1	161	227	295	235	125	93	154	294	268	129	63	50
2	191	93	122	89	30	50	158	321	308	233	208	226
3	74	80	121	149	89	96	232	496	470	165	80	61
4	82	121	194	130	51	107	381	423	285	177	83	63
1957-1	31	136	120	154	53	93	468	550	272	100	51	33
2	287	288	214	126	40	69	202	193	182	129	137	176
3	44	91	131	44	28	89	318	531	487	158	66	41
4	112	116	188	174	65	109	438	538	196	71	46	41
1958-1	116	122	119	146	43	141	352	400	300	162	72	73
2	134	221	101	140	61	126	261	361	325	100	93	101
3	48	43	84	209	78	157	331	444	422	139	69	51
4	92	124	173	132	50	135	457	335	222	145	81	102

TABEL V

Windfrequenties, afwijkingen, per 4 opevolgende kwartalen, van het gemiddelde van de periode, in uren per jaar.

d	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
jaar-kwart.	N	E			S			W				
1952-3/2	+169	+ 64	+ 64	+ 22	- 41	-101	-410	- 70	+ 29	+103	+ 72	+ 98
4/3	+ 96	- 15	- 1	- 14	- 65	-103	-293	+ 42	+ 88	+ 81	+ 91	+ 97
1953-1/4	+122	+ 14	- 76	- 78	+ 10	- 68	- 86	+104	- 15	- 85	0	+ 85
2	- 23	+ 17	+ 26	+ 12	+ 35	- 5	+ 60	+ 67	- 95	- 49	+ 10	+ 6
3	- 8	- 8	+ 38	0	+ 58	+ 18	+ 45	+ 11	- 54	- 43	- 35	- 48
4	- 3	+ 11	- 18	- 62	+ 42	- 17	+ 16	+ 59	+ 97	- 24	- 50	- 92
1954-1/4	- 65	- 65	- 81	-134	- 43	- 46	-129	+238	+361	+ 42	+ 14	-107
2	- 55	-123	-118	+ 28	- 18	- 92	-196	+182	+381	+163	+ 21	- 61
3	-124	-199	-131	+ 18	- 4	-136	-292	+191	+482	+322	+ 58	- 78
4	- 43	- 96	+ 79	+164	+ 80	-131	-404	-114	+ 7	+342	+145	+ 43
1955-1/4	+ 7	- 52	+135	+250	+ 97	- 89	-357	-282	- 99	+272	+117	+ 47
2	+ 73	+ 95	+191	+ 98	+120	- 48	-408	-316	- 95	+232	+ 96	+ 20
3	+105	+ 29	+124	+ 51	+ 63	- 34	-330	-257	-164	+119	+149	+150
4	+ 40	- 43	+ 1	+ 19	+ 47	+ 13	-198	- 37	+ 6	+ 10	+ 26	+ 55
1956-1/4	+ 53	+ 21	+121	+ 13	+ 25	0	-122	-154	- 18	- 7	+ 36	+ 77
2	- 77	- 70	- 54	- 68	- 47	0	+192	+102	- 14	- 36	+ 24	+ 60
3	+ 19	+125	+ 38	- 31	- 37	+ 19	+236	- 26	-140	-140	- 47	+ 10
4	- 11	+136	+ 48	-136	- 98	+ 12	+322	+ 29	-123	-147	- 61	- 10
1957-1/4	+ 19	+131	+ 42	- 92	- 84	+ 14	+379	+144	-212	-253	- 98	- 32
2	+104	+117	+ 41	-100	- 94	+ 62	+263	- 6	-184	-191	- 77	+ 8
3	- 40	+ 50	- 72	- 86	- 73	+119	+322	+162	- 41	-220	-121	- 67
4	- 36	+ 2	-119	+ 79	- 23	+187	+335	+ 55	-106	-239	-118	- 57
1958-1/4	- 56	+ 10	+134	+ 37	- 38	+213	+354	-148	- 60	-165	- 83	+ 4
jaargem.	455	500	611	590	270	346	1047	1688	1349	711	398	323

TABEL VI

Lineaire regressie tussen stofneerslag en windduur.

a) Staatsmijn Emma, Hendrik, Wilhelmina:

STOFBRON S:	A	F	H	B	A	F	H	B							
Station-nr.:	wind uit richting				correlatie coëfficiënt (stofneerslag X, windduur T)				m_x	s_x	$\frac{m_x}{s_x}$	$X_T = a_T + b T_d (S)$		s_{residu}	
2	12	04	02	05	+0,39	+0,30	+0,43	+0,14	70	26	2,7	46	+ 0,154	T(H)	23
4	12	02	02	05	+0,37	+0,54	-	-0,08	84	33	2,6	46	+ 0,249	T(F+H)	28
5	02	03	02	05	+0,59	+0,51	-	-0,54	45	17	2,7	24	+ 0,138	T(A+H)	14
6	03	04	02	05	+0,41	+0,44	+0,50	-0,10	31	11	2,9	19	+ 0,076	T(H)	9
8	07	06	03	05	+0,33	+0,26	+0,10	+0,09	61	20	3,0	39	+ 0,052	T(A)	19
9	07	06	03	05	+0,47	+0,08	-0,25	-0,14	75	31	2,4	27	+ 0,113	T(A)	27
10	09	07	03	06	+0,24	+0,06	-0,04	-0,30	77	24	3,2	62	+ 0,091	T(A)	21

B) Staatsmijn Maurits:

STOFBRON S:	C	D	E	G	C	D	E	G							
Station-nr.:	wind uit richting				correlatie coëfficiënt (stofneerslag X, windduur T)				m_x	s_x	$\frac{m_x}{s_x}$	$X_T = a_T + b T_d (S)$		s_{residu}	
17	11	11	09	10	+0,40	-	+0,14	+0,35	25	14	1,8	16	+ 0,109	T(C+D)	13
18	08	09	08	09	+0,36	+0,29	-	-	31	10	2,9	23	+ 0,049	T(D+G)	9
19	09	10	08	09	+0,25	+0,39	+0,05	-	67	32	2,9	42	+ 0,249	T(D)	30
20	06	08	07	09	-0,10	+0,64	+0,32	+0,36	51	11	4,6	31	+ 0,060	T(D)	8
21	03	12	06	09	+0,42	+0,36	-0,19	-0,13	39	18	2,2	24	+ 0,107	T(C)	16
30	01	12	07	10	+0,07	+0,30	-0,17	+0,25	16	4	3,6	14	+ 0,021	T(D)	15

TABEL VII

Lineaire regressie tussen stofneerslag en tijd, windduur .

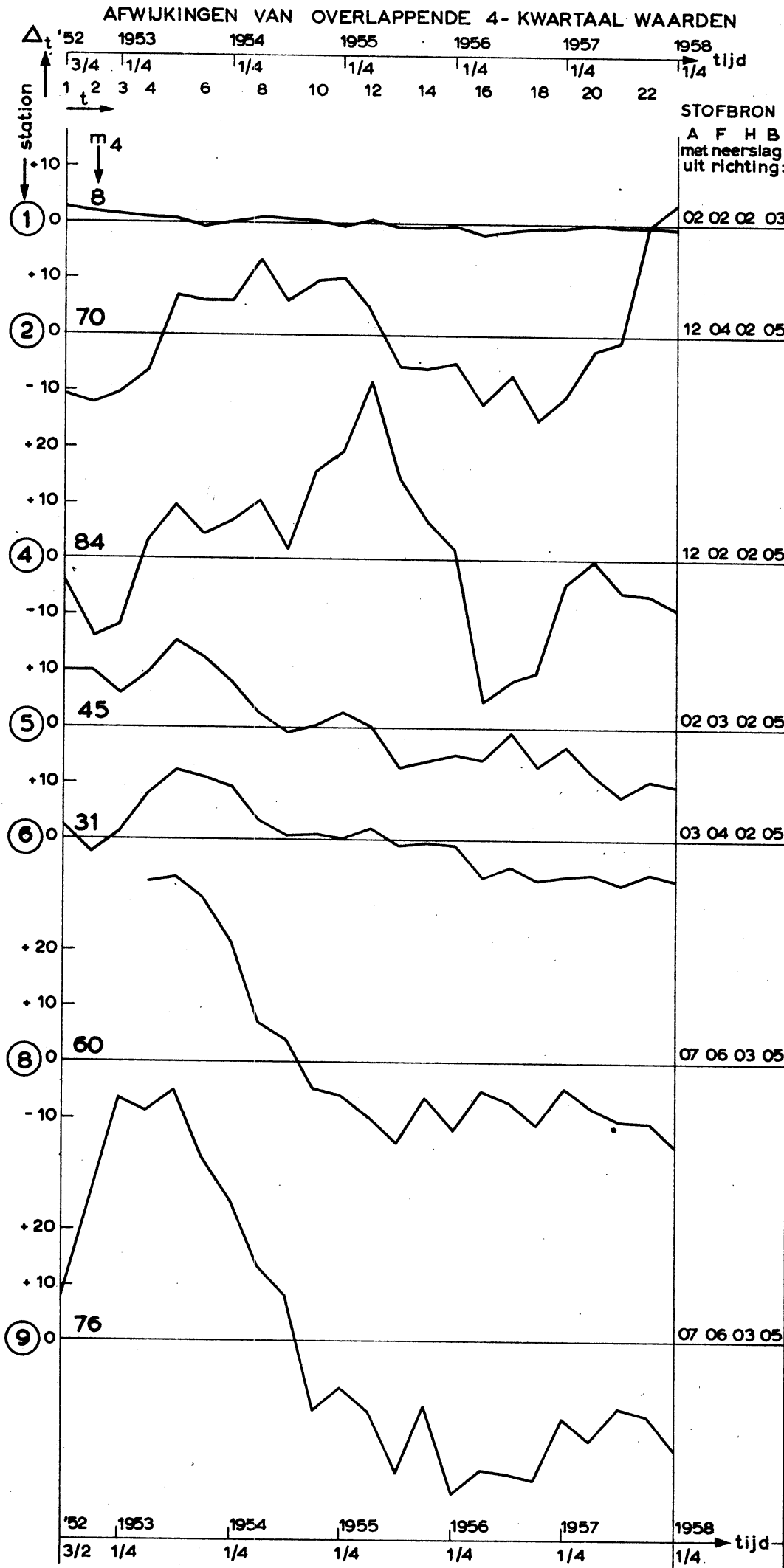
a) Staatsmijn Emma, enz.:

Station Nr.	wind-richt.	stof-bron	$r(X,t)$	$r(X,T_d)$	a	b	c	R	s_x	$s_{res.}$
2	02	H	+0,23	+0,43	46	+0,78	+0,16	+0,48	26	22
4	02	H+F	-0,08	+0,54	45	-0,35	+0,26	+0,55	33	27
5	02	A+H	-0,42	+0,58	24	-1,07	+0,14	+0,72	16	11
6	02	H	-0,48	+0,49	20	+0,65	+0,08	+0,68	11	8
8	07	A	-0,64	+0,33	39	-1,70	+0,05	+0,71	20	14
9	07	A	-0,59	+0,46	23	-2,52	+0,12	+0,75	32	21
10	09	A	-0,28	+0,14	68	-0,92	+0,05	+0,36	24	23

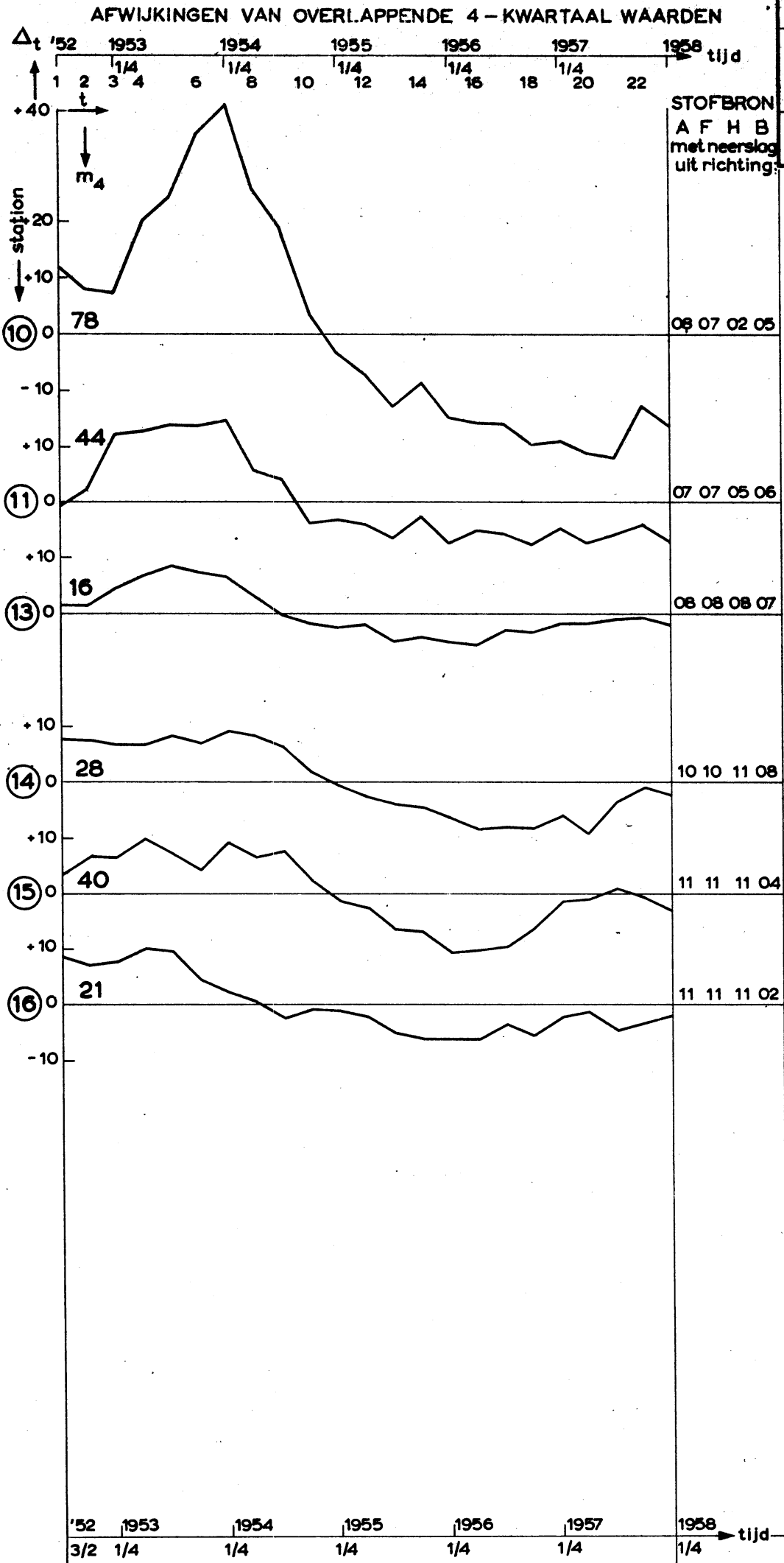
b) Staatsmijn Maurits:

Station Nr.:	wind-richt.	stof-bron	$r(X,t)$	$r(X,T_d)$	a	b	c	R	s_x	$s_{res.}$
17	11	C+D	-0,17	+0,40	16	-0,30	+0,10	+0,44	14	12
18	08	C+E	-0,84	+0,36	20	-1,16	+0,03	+0,90	10	4
19	10	D	-0,84	+0,18	54	-3,56	+0,13	+0,88	32	15
20	08	D	-0,33	+0,62	32	-0,47	+0,06	+0,72	11	7
21	03	C	-0,68	+0,40	25	-1,60	+0,10	+0,80	18	10

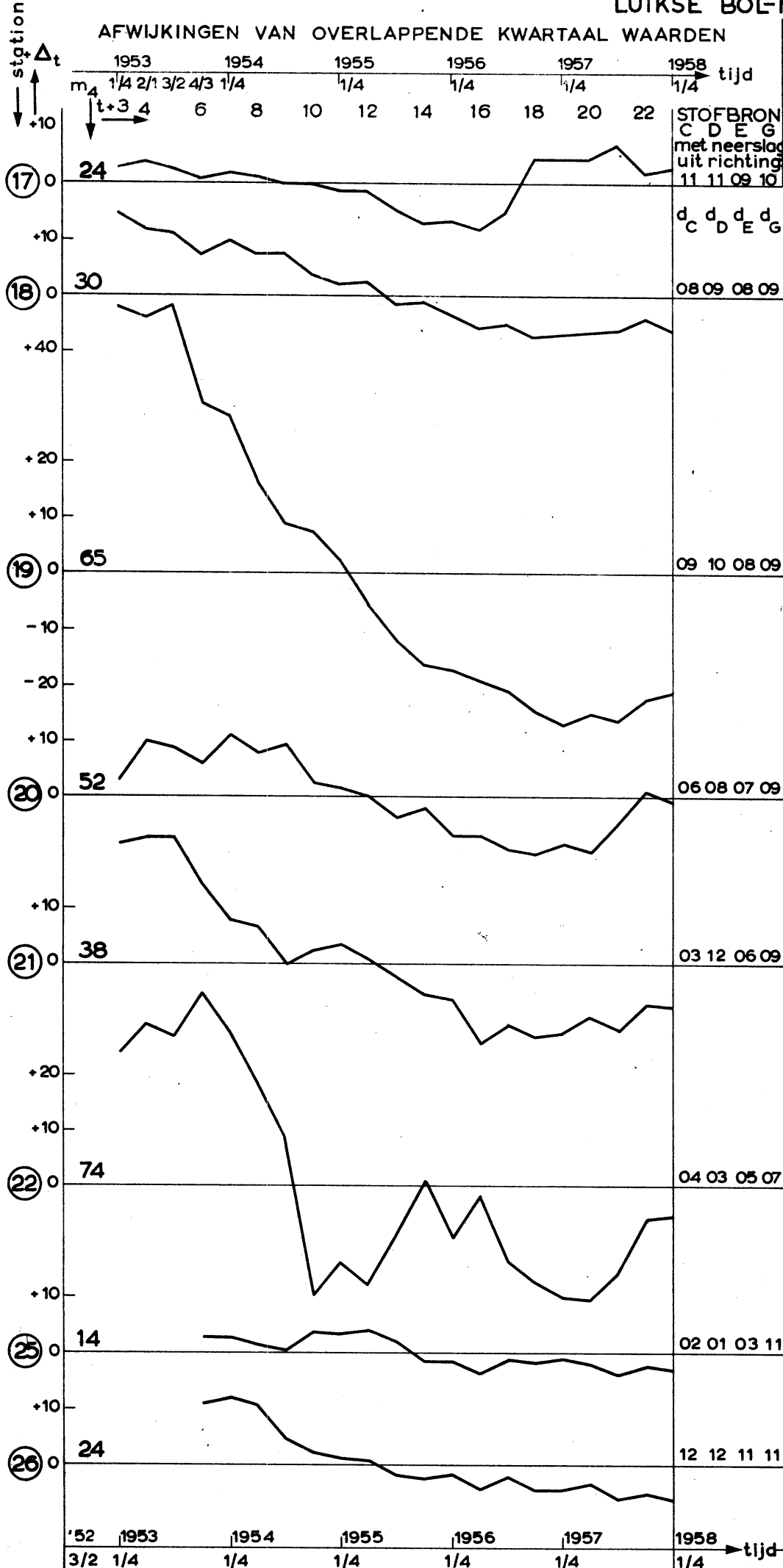
LUIKSE BOL-MIJNGEBIED. FIG. 1a



LIJKSE BOL. MIJNGEBIED - FIG. 1 b



LUIKSE BOL-MIJNGEBIED. FIG.1c



STOFNEERSLAG

In de omgeving van de sm. MAURITS

1953-1/4... 1950-1/4

X_t = stofneerslag per kwartaal;

m_{4t} = gemiddelde waarde van 4 opevolgende kwartaal-stofneerslagen;

$$m_{4t} = \frac{1}{4} \sum_{t=t-3}^{t-1} X_t$$

$t = 1, 2, 3, \dots$

m_4 = gemiddelde hiervan over de gehele periode;

$$\Delta_t = m_{4t} - m_4$$

$t = 1, 2, 3, \dots$

STOFNEERSLAG UIT RICHTING = d:

d = 12 = 360° = noord

01 = 030°

02 = 060°

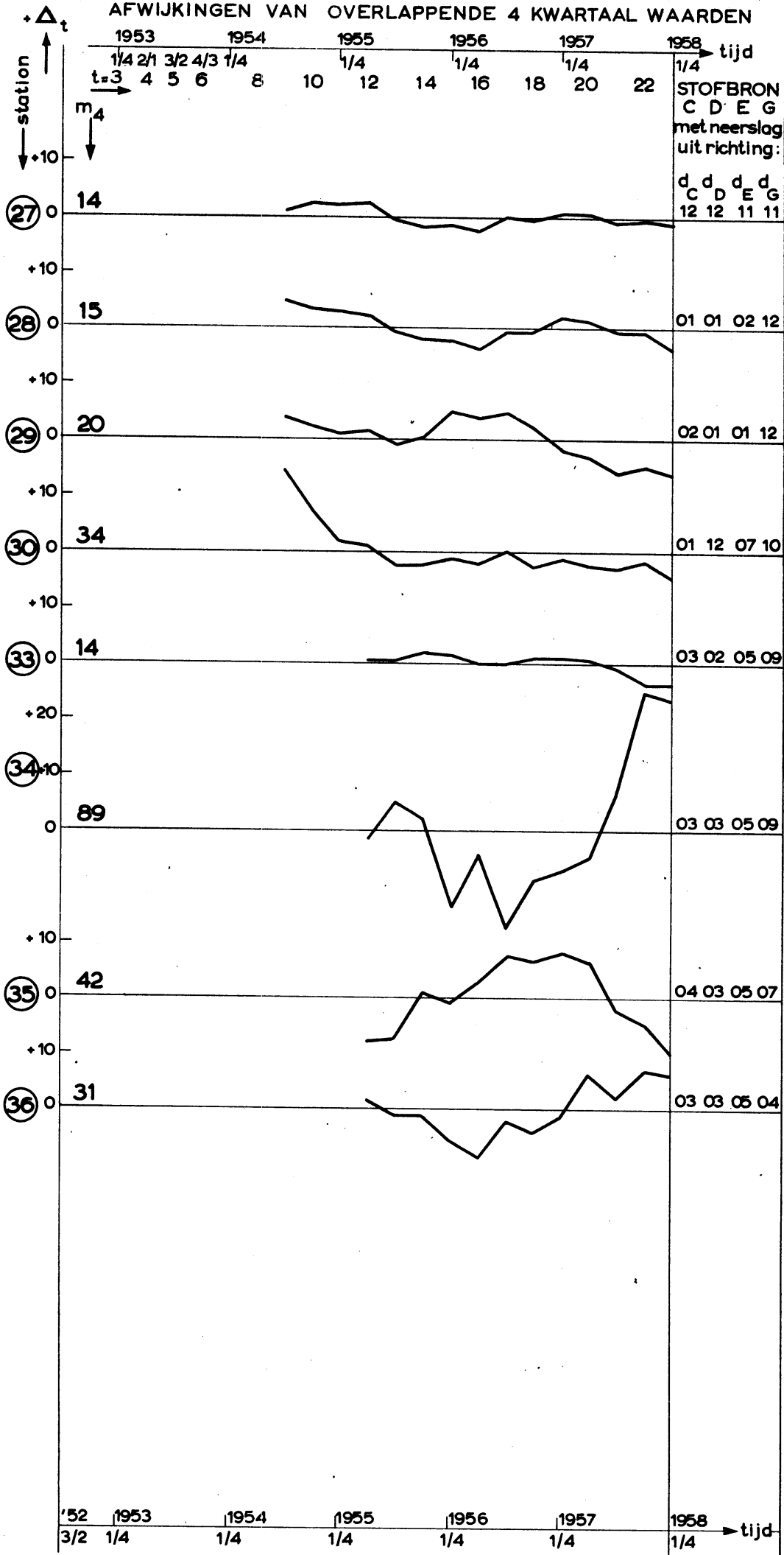
03 = 090° = oost, enz.

'52 1953 1954 1955 1956 1957 1958

3/2 1/4 1/4 1/4 1/4 1/4 1/4

→ tijd

LUIKSE BOL-MIJNGEBIED. FIG. 1d



STOFNEERSLAG

In de omgeving van de sm. MAURITS

1953 - 1/4 ... 1958 - 1/4

t = tijd in kwartalen

$\Delta_t = m_{4t} - m_4$

$m_{4t} = \frac{1}{4} \sum_{t-3}^{t+3} X_t$

m_4 = gemiddelde v/d periode

X_t = stofneerslag per kwartaal

STOFNEERSLAG UIT RICHTING = d:

d = 12 = 360° = noord

01 = 030°

02 = 060°

03 = 090° = oost, enz.

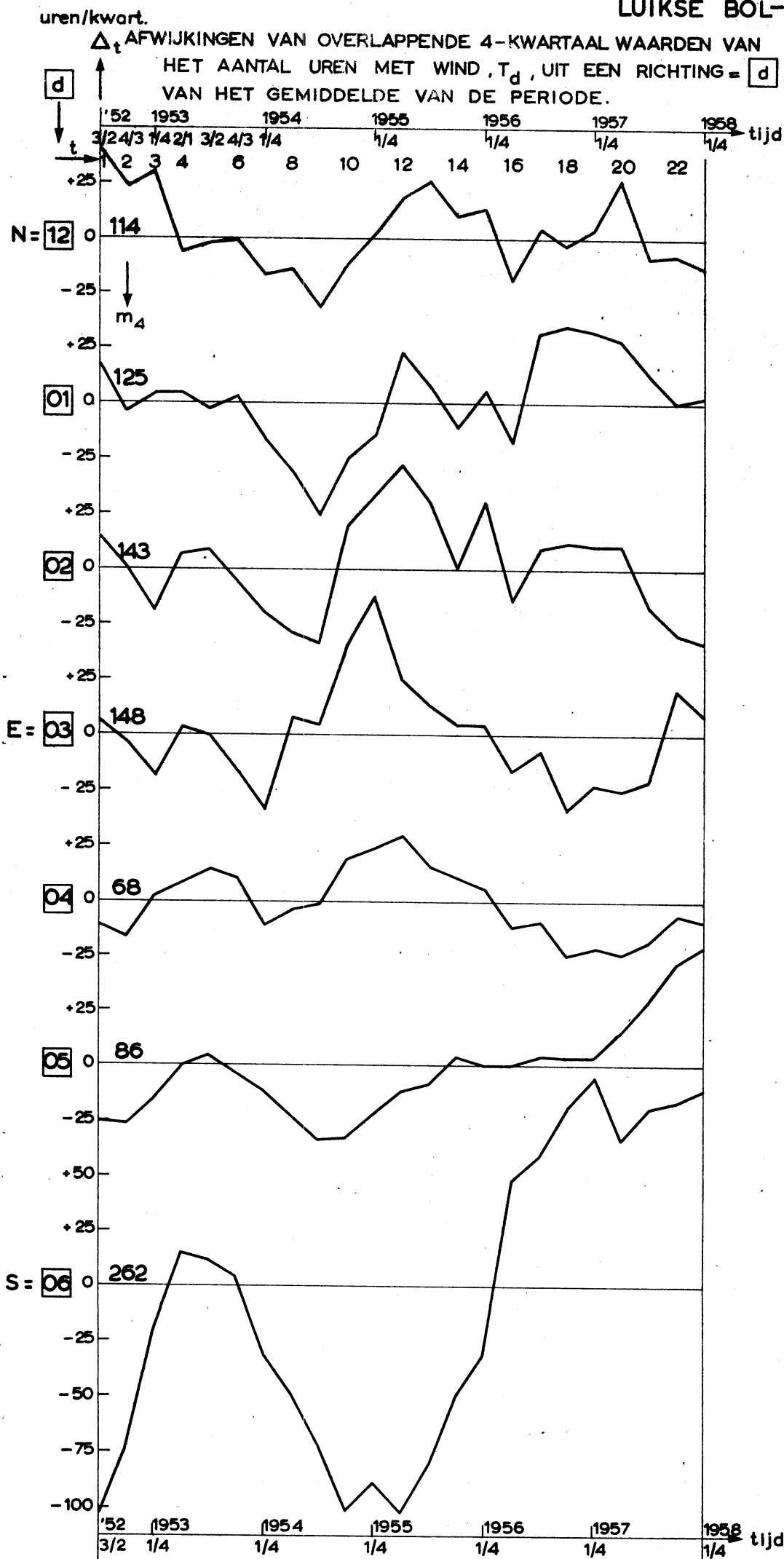
'52 1953 1954 1955 1956 1957 1958 → tijd

3/2 1/4 1/4 1/4 1/4 1/4 1/4

LUIKSE BOL-MIJNGEBIED. FIG. 2a

WINDFREQUENTIE

vliegveld
ZUID LIMBURG



WINDRICHTING = d:
d = 12 = 360° = noord,
01 = 030°,
02 = 060°,
03 = 090° = oost,
enz.

t = tijd in kwartalen

t = 1, 2, 3, ...

$$\Delta_t = m_{4t} - m_4$$

$$m_{4t} = \frac{1}{4} \sum_{t=1}^{t+3} T_t$$

m_4 = gemiddelde v/d
periode 1953...1958

T_d = aantal uren met
wind uit een richting = d,
in het kwartaal = t

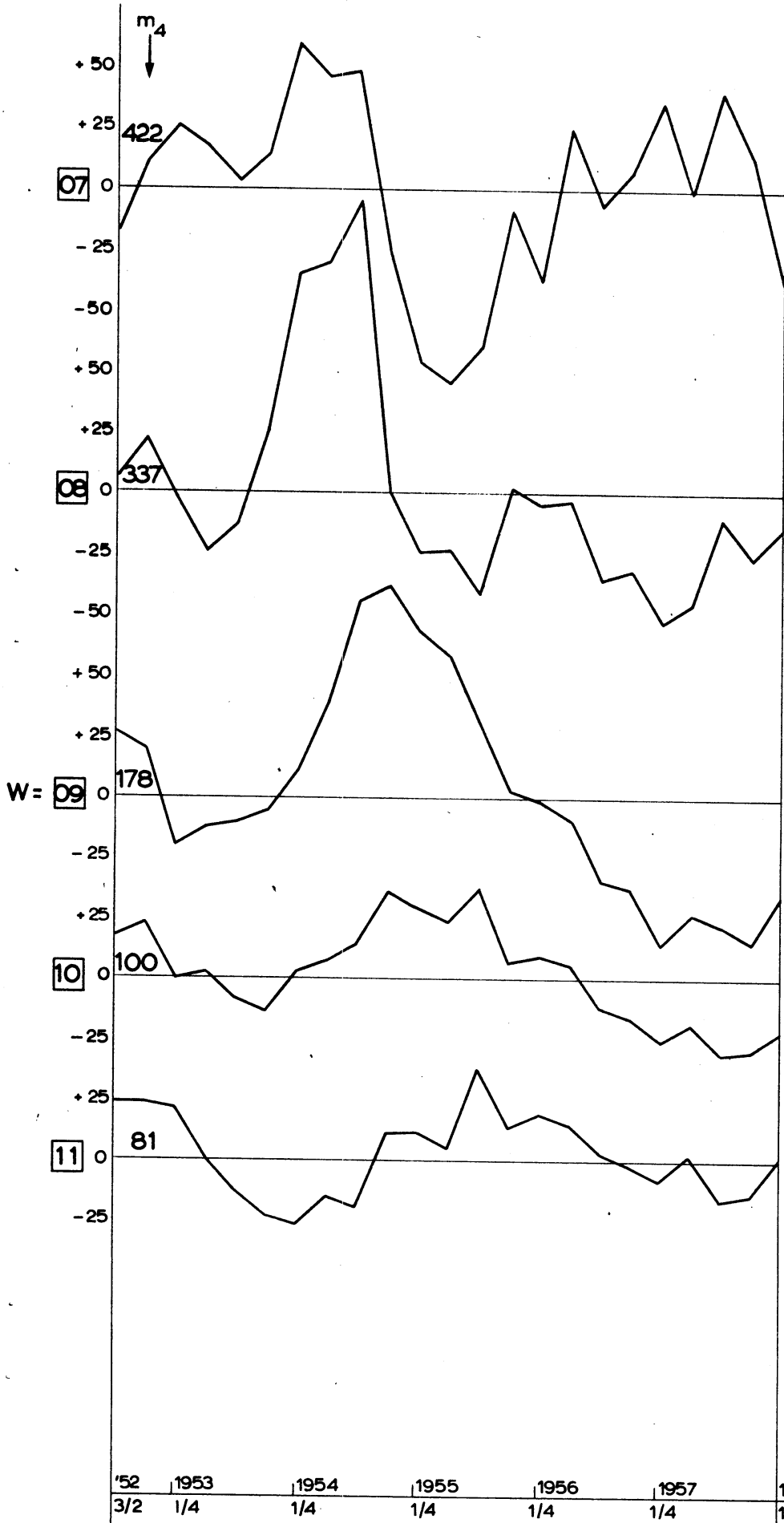
Gemiddelde duur:
1 kwartaal = 2191
windstil = 120
met wind = 2071
(uur)

LUIKSE BOL-MIJNGEBIED. FIG.2 b

uren/kwart.
 Δ_t AFWIJINGEN VAN OVERLAPPENDE 4-KWARTAAL WAARDEN VAN
 HET AANTAL UREN MET WIND, T_d , UIT EEN RICHTING = d ,
 VAN HET GEMIDDELDE VAN DE PERIODE.

WINDFREQUENTIE
 vliegveld
 ZUID LIMBURG

d
 '52 1953 1954 1955 1956 1957 1958
 1/4 1/4 1/4 1/4 1/4 1/4 tijd
 1 2 3 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22



WINDRICHTING = d
 $d = 12 = 360^\circ =$ noord,
 $01 = 030^\circ$,
 $02 = 060^\circ$,
 $03 = 090^\circ =$ oost,
 enz.

t = tijd in kwartalen

$t = 1, 2, 3, \dots$

$$\Delta_t = m_{4t} - m_4$$

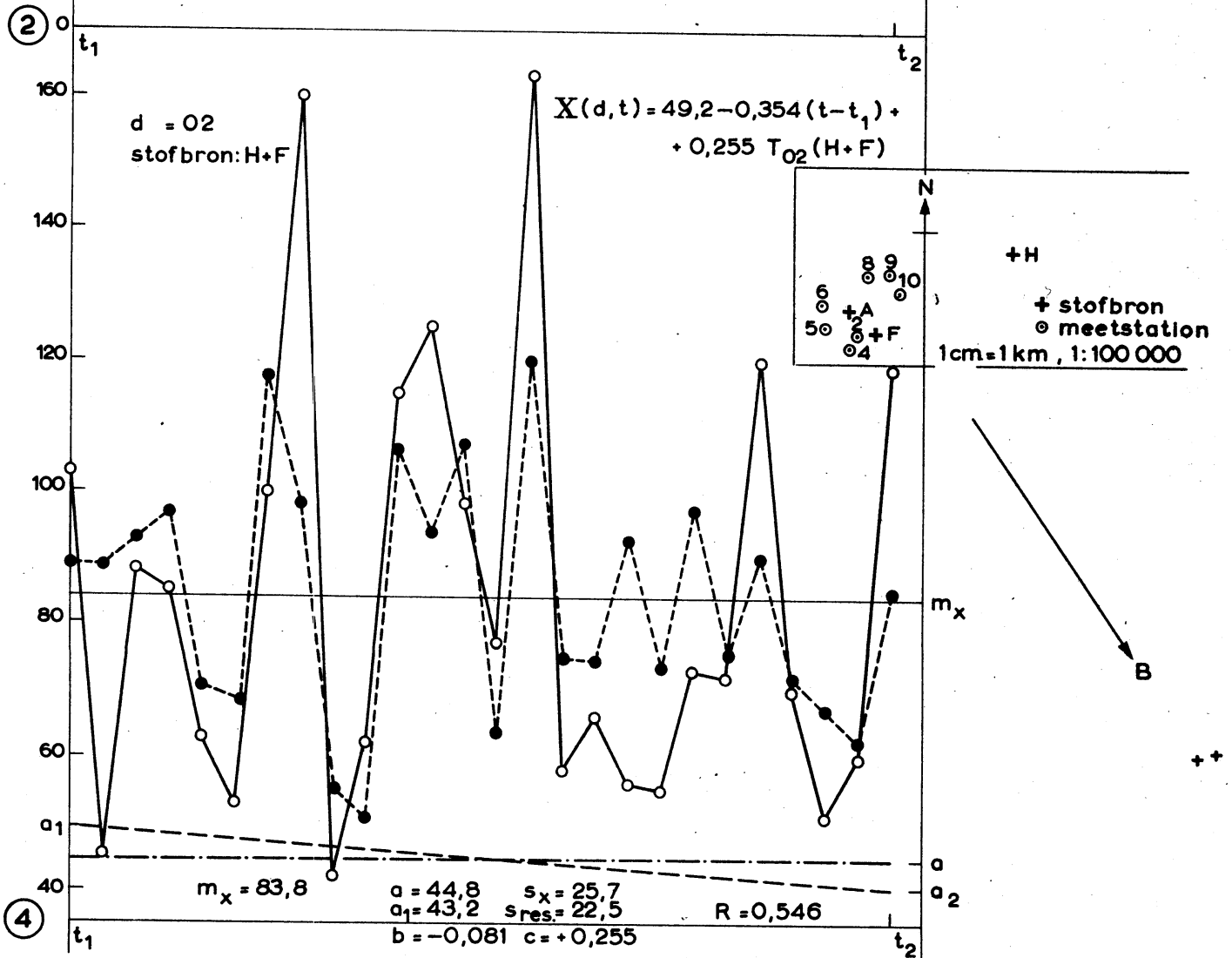
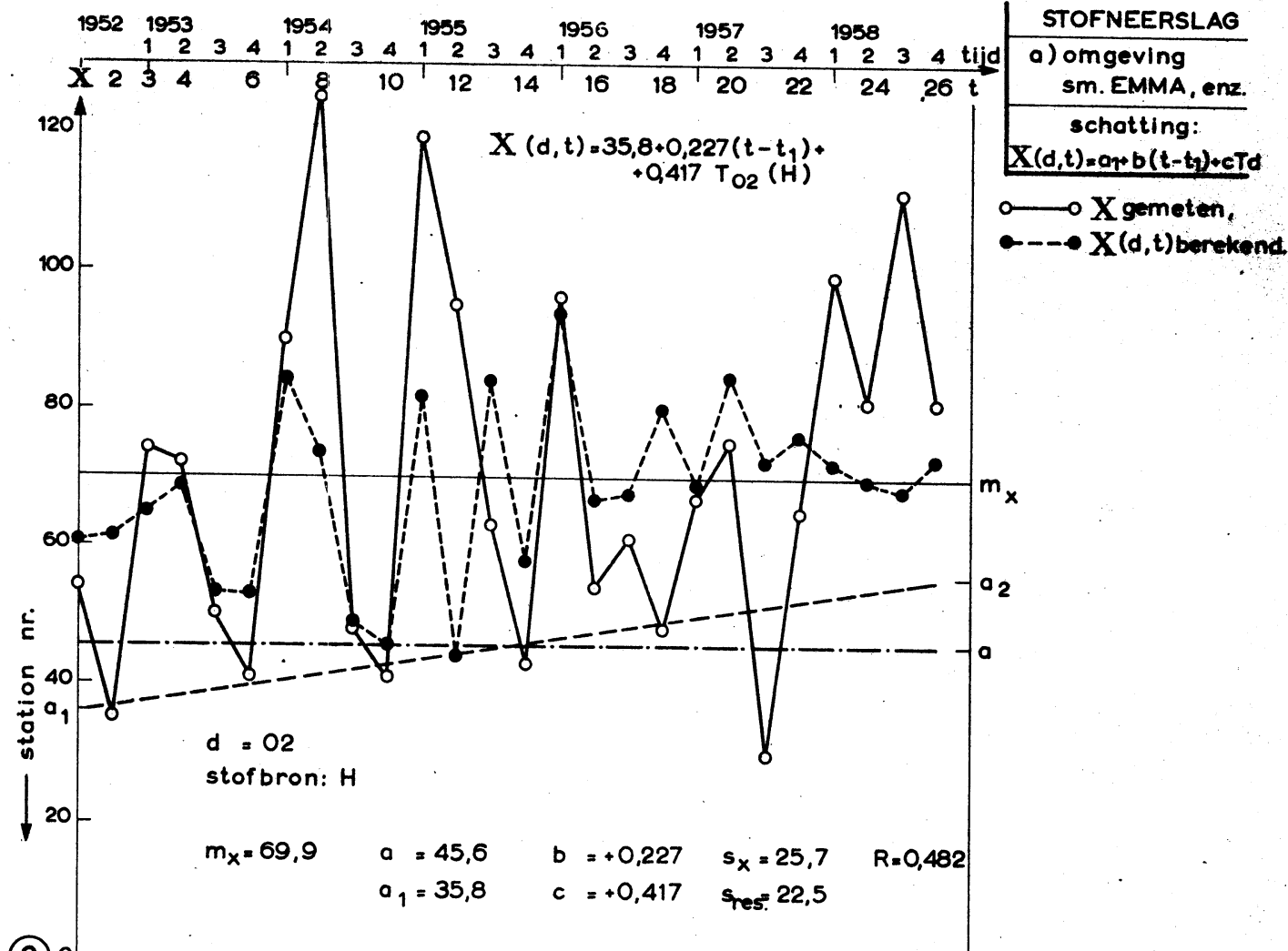
$$m_{4t} = \frac{1}{4} \sum_{t=1}^{t+3} T_t$$

m_4 = gemiddelde v/d
 periode 1953...1958

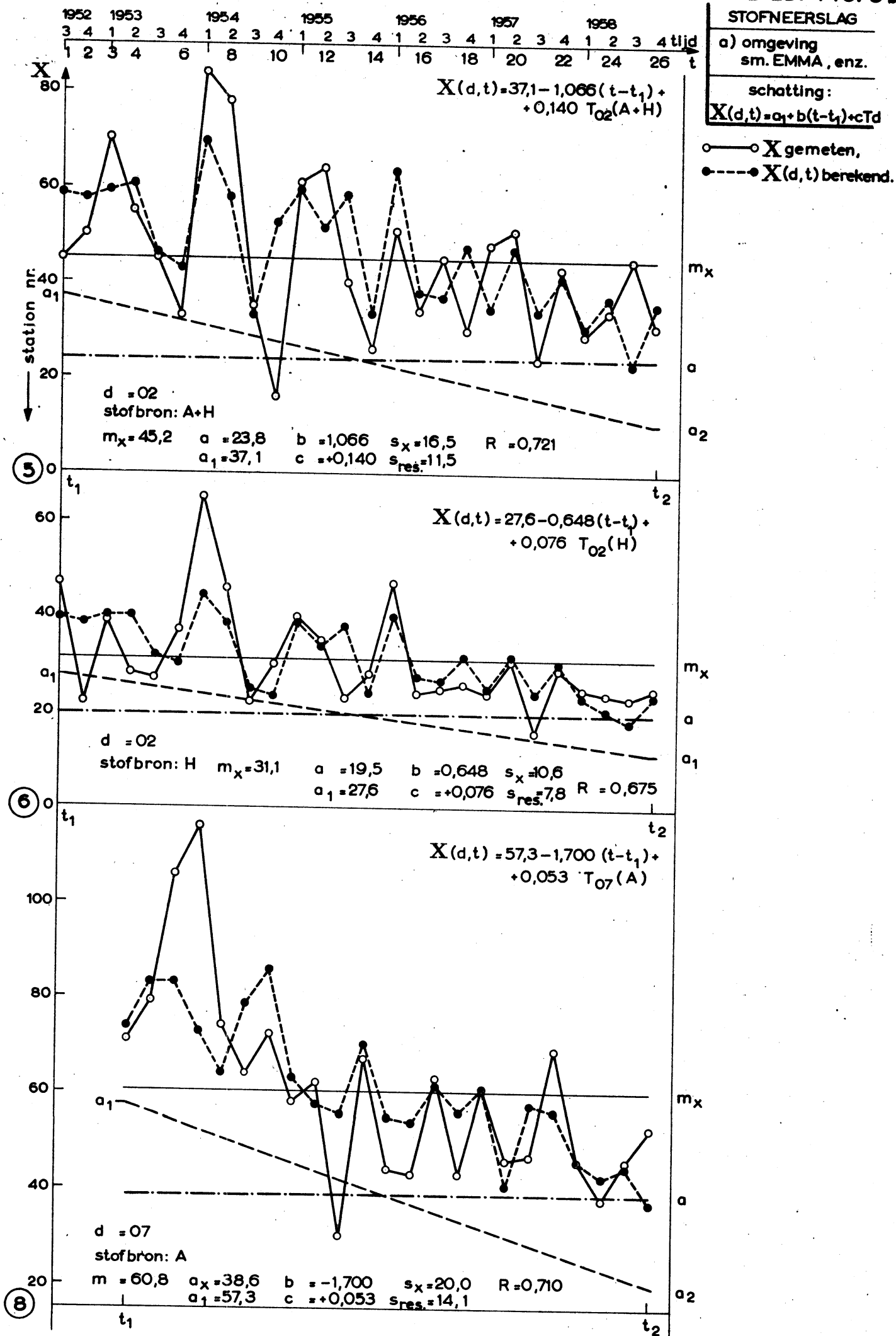
T_d = aantal uren met
 wind uit een richting = d ,
 in het kwartaal = t

'52 1953 1954 1955 1956 1957 1958
 3/2 1/4 1/4 1/4 1/4 1/4 tijd

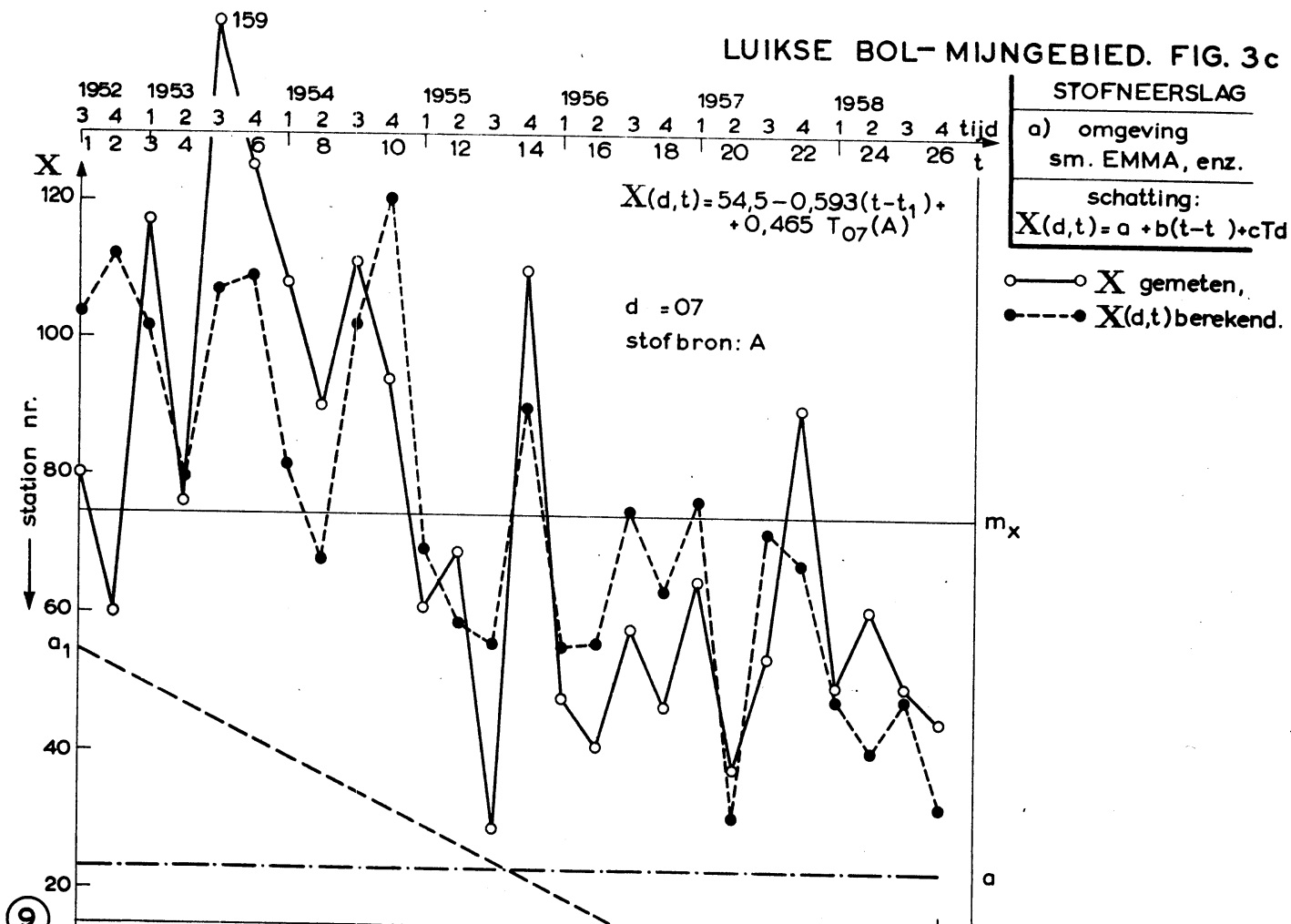
LUIKSE BOL-MIJNGEBIED. FIG. 3a



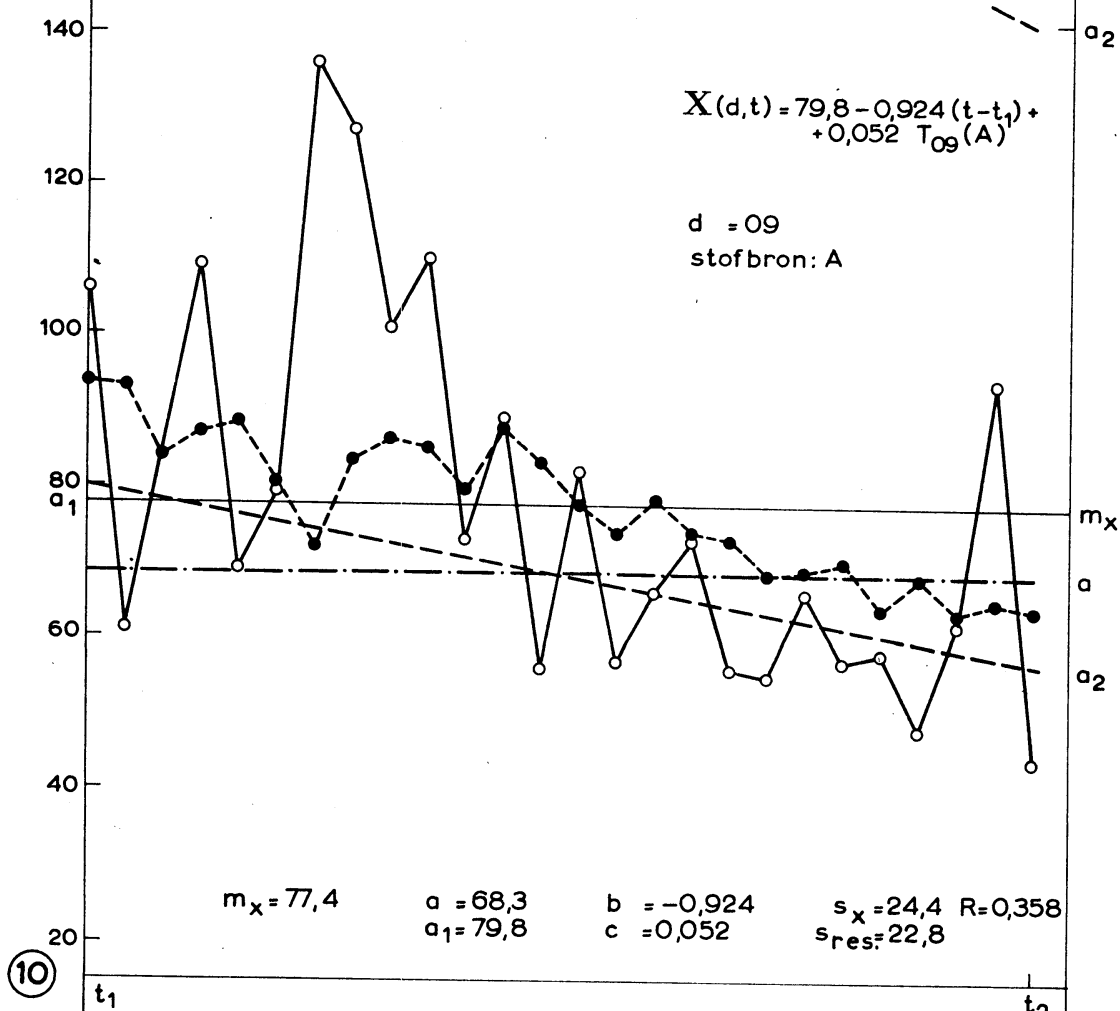
LUIKSE BOL-MIJNGEBIED. FIG. 3b



LUIKSE BOL-MIJNGEBIED. FIG. 3c

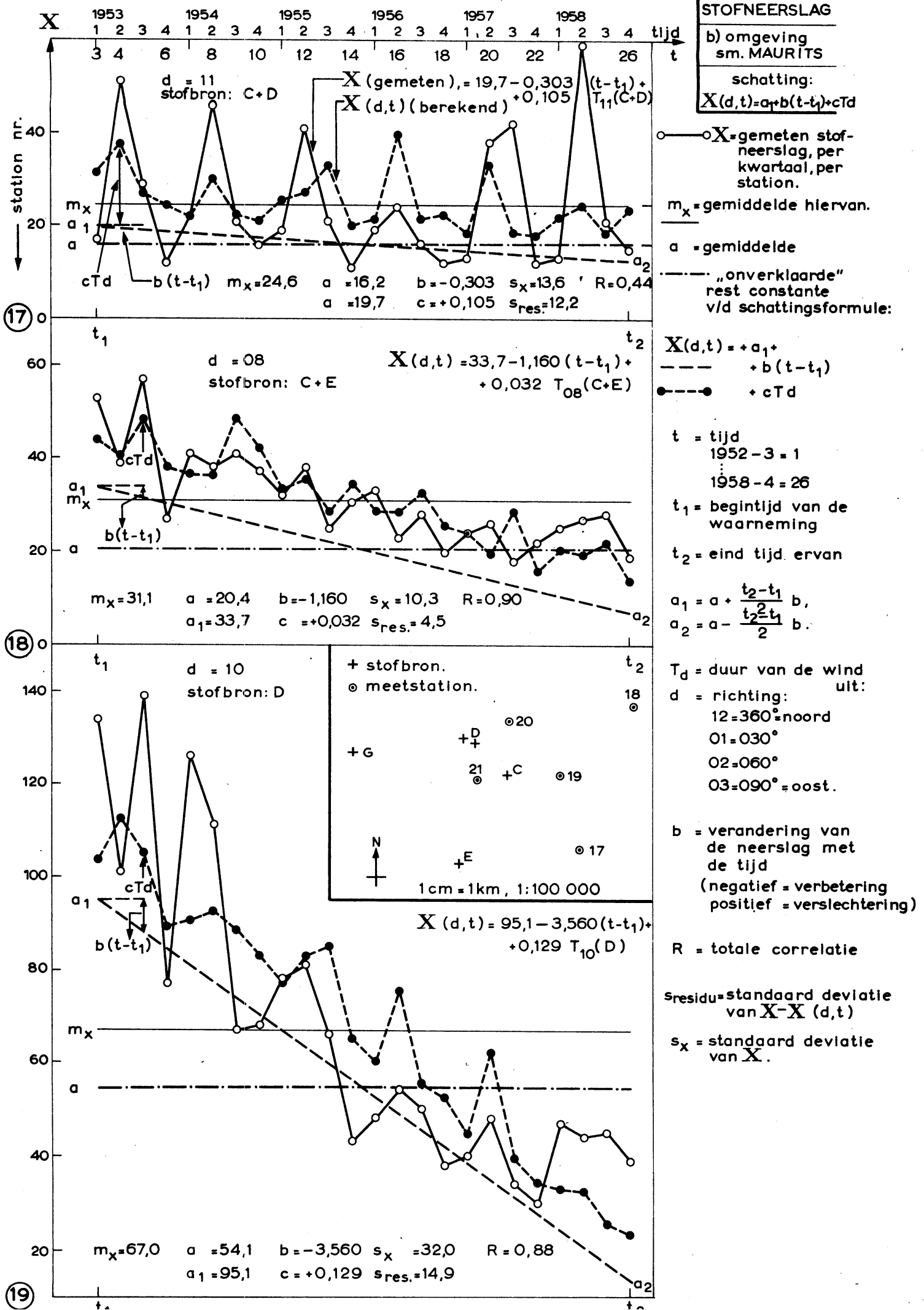


t_1 $m_x = 74,4$ $a = 23,1$ $b = -0,593$ $s_x = 31,8$ t_2
 $a_1 = 54,5$ $c = +0,465$ $s_{res} = 21,1$ $R = 0,748$



$m_x = 77,4$ $a = 68,3$ $b = -0,924$ $s_x = 24,4$ $R = 0,358$
 $a_1 = 79,8$ $c = 0,052$ $s_{res} = 22,8$

LUIKSE BOL - MIJNGEBIED. FIG. 3d



LUIKSE BOL-MIJNGEBIED. FIG. 3e

