

KONINKLIJK NEDERLANDS  
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Korrelatief verband tussen de stofneerslag op Luikse bollen  
en enkele meteorologische elementen: wind en regensom

door

O.A.J. Eisses

De Bilt, september 1963

Korrelatief verband tussen de stofneerslag op Luikse bollen  
en enkele meteorologische elementen: wind en regensom

door

O.A.J. Eisses

Inleiding

Voor de meting van de luchtvervuiling worden sinds jaren in de mijnstreek aluminium bollen (diameter = 12 cm) bestreken met een vaselinelaag, aan de buitenlucht blootgesteld. Eens per halve maand wordt deze laag, met het erop vastgehechte stof, in het laboratorium behandeld, waarbij worden bepaald:

- 1e het stofneerslag-gewicht, G, in mg per  $\frac{1}{2}$  maand;
- 2e het asrest-gewicht, A, in mg per  $\frac{1}{2}$  maand.

Sinds 1957 zijn dergelijke, zogenaamde Luikse bollen (in Luik, België, werden de eerste bollen geplaatst) op drie punten buiten het Limburgse mijn-gebied opgesteld, nl. in:

- De Bilt (maart 1957 - februari 1961)
- Den Helder (juli 1957 - februari 1961)
- Dwingelo (juli 1957 - februari 1961).

Voor de hierbij vermelde meetperiode van ongeveer 4 jaar wenst men nu na te gaan het mogelijk korrelatieve verband met enkele meteorologische elementen of met die afgeleide grootheden, welke op eenvoudige wijze te verkrijgen zijn uit de uurlijkse waarnemingen van de waarnemingsstations (het station Eelde heeft hierbij de windgegevens geleverd voor Dwingelo).

Hiervoor zijn genomen de regensom per halve maand RR, en de frekwenties,  $t_{d,V}$ , met wind uit een bepaalde richting, d, en snelheid, V, en waarbij de bijbehorende eenheden zijn:

- RR in 0,1 mm/ $\frac{1}{2}$  mnd
- $t_{d,V}$  in h/ $\frac{1}{2}$  mnd
- d in sektoren van  $15^\circ$
- V in knopen.

## De waarnemingen

### 1. Stofneerslagwaarnemingen

In de figuren 1 en 2 zijn op een horizontale tijdas met vertikaal uitgezette stofneerslag, G, en asrest, A, de afwijkingen van de afzonderlijke waarden te overzien van het berekende gemiddelde over de gehele waarnemingsduur van ongeveer 4 jaar. Bovendien geven de 2 lijnen onder en boven dit gemiddelde, m, de grootte aan van  $\pm s$ , de berekende standaarddeviatie. In een normaal verdeelde grootheid zal een waarde van  $3 \times s$  al zeldzaam zijn in een steekproefgrootte van ongeveer 100, zoals hier voor alle drie stations geldt. Nu komen deze nogal eens voor: de verdelingen zijn dan ook meer J-vormig zoals uit tabel 1 blijkt.

Gemiddelde waarden per halve maand en over de gehele waarnemingsperiode bepaald, geven de jaarlijkse gang van de twee grootheden G en A (tabel 2). Er treden nogal wat grillige sprongen op, hetgeen wellicht een gevolg is van de korte waarnemingsduur van 4 jaar. Wel zijn de lente- maanden en de zomer de tijd van de grootste gemiddelde stofneerslag, G, en asrest, A; daarnaast blijken de winterwaarden klein.

### 2. Wind- en regenwaarnemingen in De Bilt

Als een vooronderzoek zijn deze neerslagwaarden van De Bilt gekoppeld aan allerlei meteorologische grootheden, steeds per halve maand berekend. Daarna is het onderzoek voor alle stations voortgezet met die meteorologische elementen, die een redelijk verband toonden.

De volgende wind- en regenelementen zijn nu hiervoor berekend:

- a) Grootheden, die onafhankelijk van de windrichting worden gemeten:
1. de totale skalaire windweg, L, in zeemijlen (n.m.), d.w.z. de som van alle deelprodukten van windduur en windsnelheid.
  2. de gemiddelde skalaire windsnelheid  $v_S$ , in knopen.
  3. de gemiddelde vektorieële windsnelheid  $v_R$ , in knopen.
  4. de vektor-standaarddeviatie van de windsnelheid  $s_R$ , in knopen.
  5. de bestendigheid  $B = 100 v_R/v_S$ , in %.
  6. de regensom RR, in mm,
- waarbij alle waarden voor de opvolgende halve maanden zijn berekend.

- b) De grootheden afhankelijk van de windrichting.
- Hiervoor is de windroos in 12 gelijke sektoren van 30 graden verdeeld, van noord (dd = 12) over oost naar noordwest toe, dus dd = 01 ... 12. Berekenbare meteorologische grootheden uit het aanwezige synoptische materiaal waren:

1. de windduur  $t_{dd}$  in uren (h), d.w.z. het aantal uren dat per halve maand een windwaarneming in een bepaalde sektor is voorgekomen;
2. de windweg  $L_{dd}$  in zeemijlen (n.m.), die ontstaat als som van alle deelprodukten van windduur en windsnelheid per sektor genomen.

Een beeld van het verloop van al deze grootheden gelijktijdig met dat van de stofneerslag in De Bilt is weergegeven in de figuren, nl.:

figuur 3 : voor G en L,  $v_S$ ,  $v_R$ ,  $s_R$  en B,

figuur 4 : voor G en RR,

figuur 5 : voor G en de 12 grootheden  $t_{dd}$ .

Om een invloed van de windsnelheid na te gaan is de verdeling naar 4 klassen f aangenomen, nl.:

- f = 1 voor snelheden van 1 ... 5 kn.
- = 2 voor die van 6 ... 10
- = 3 voor die van 11 ... 15
- = 4 voor snelheden groter dan 15 kn.

Hierbij zijn de indelingen naar windrichtingssektor wat grover gemaakt; er zijn 4 kwadranten aangehouden voor de 4 richtingen: 1 = oost (E), 2 = zuid (S), 3 = west (W) en 4 = noord (N).

Samen met het verloop van de stofneerslag in De Bilt ontstaan de volgende figuren:

figuur 6 : windduur per kwadrant, afgezien van de snelheid,

figuur 7 - 1 t/m 4 : windduur per kwadrant en per windsnelheidsklasse f,

figuur 8 : windduur per windsnelheidsklasse f, afgezien van de windrichting.

Het geheel overziende, kan men nergens veel gelijkvormigheid vinden in het verloop van de G-kromme met een van de beschouwde elementen; zo nu en dan vallen bij zwakke wind, f = 1, toppen samen maar ook weer niet overal.

### 3. Lineair verband tussen stofneerslag en windduur in De Bilt

Numeriek is nu nog onderzocht het verband tussen G en  $t_{dd}$ , de windduur in een bepaalde sektor van  $30^\circ$ . Daar al de verdelingen van de grootheden sterk scheef zijn is door een logaritmische transformatie een meer normale verdeling verkregen. Hiervoor zijn de klassen zo genomen, dat hun middenwaarden als een meetkundige reeks oplopen, bijv. 2, 4, 8, 16, ... .

Tabel 3 geeft een samenvatting van de 12 kontingentietabellen voor (G,  $t_{dd}$ ). De berekeningsuitkomst van de korrelatiecoëfficiënten, r, is te zien in tabel 4, waaruit blijkt, dat er geen significante waarden anders dan

$r = 0$  optreden; met andere woorden: er bestaat geen lineair verband tussen  $\log G$  en  $\log t_{dd}$ . Daarom is verder ook afgezien van het onderzoek naar een verband voor de andere twee stations wat de windduur per richting betreft.

#### 4. Lineair verband tussen stofneerslag en windweg in De Bilt

Ten slotte is nog nagegaan of er een lineair verband is te vinden tussen de stofneerslag,  $G$ , en de windweg per richtingssektor,  $L_{dd}$ , in De Bilt. De laatste grootheid is een sommatie van het produkt van windsnelheid en bijbehorende duur, en hiermee is wellicht succes te bereiken, omdat ook de Luikse bol als een integrator van de meegevoerde stofneerslag is op te vatten.

De richtingssectoren van  $30^\circ$  lopen van noord over oost rond, het resultaat staat in tabel 5. Ook hier blijken alle korrelatie-koëfficiënten  $r$  niet significant van nul af te wijken: de tabel van Wishart geeft voor een betrouwbaarheidsdrempel van  $P = 0,05$  een grenswaarde van  $r = +0,265$  en geen van de gevonden waarden ligt boven deze  $+0,265$ . De gemiddelde windweg en de bijbehorende spreiding zijn gemeten in zeemijlen (n.m.).

#### 5. Exponentieel verband tussen $G$ en $L_{dd}$ in de 3 stations

Overgaande tot de logaritmische waarden  $\log G$  en  $\log L_{dd}$  ziet men het verloop in de tijd voor de 12 richtingen in de figuren 9 - 1 t/m 4. Het heeft nl. zin de scheve verdelingen (zie tabel 1) te transformeren tot meer symmetrische zoals die in de tabellen 6 - a t/m c voor  $\log G$ ,  $\log L_{dd}$ ,  $\log RR =$  logaritme in de regenneerslag. Uitgeteld zijn de aantallen die voorkomen in de logaritmisch oplopende klassen  $100 \log x$ . De significantietoetsen gelden meestal voor normale verdelingen en hier is dus een benadering van de GAUSS-verdeling verkregen. Wel komen nog veel waarnemingen in de laagste klasse voor, vooral bij de  $\log L_{dd}$ -verdeling.

Voor het experimentele verklaren door middel van een fysisch model, dat het vangstproces duidelijk kan maken, heeft men ingewikkelde differentiaalvergelijkingen met de bijbehorende randvoorwaarden op te lossen, iets wat tot nu toe onmogelijk is gebleken. Ondertussen lost men zulke problemen praktisch op door na te gaan welke parameters karakteristiek voor het bijzondere geval zijn, voegt ze samen tot dimensieloze grootheden en neemt een eenvoudig verband aan tussen deze kentallen. Dat verband kan met empirische koëfficiënten worden vastgelegd uit de waarnemingen en wel: grafisch of door middel van een regressierekening. Dit laatste is hier gedaan. Drs. W.J.A. Kuipers heeft het programma opgesteld en de Zebra-

rekenmachine leverde de uitkomsten van het volgende onderzoek voor de regressievergelijking:

$$\log G - m (\log G) = b_{dd}(\log L_{dd} - m (\log L_{dd}))$$

Dit is nu een lineaire koppeling tussen  $\log G$  en  $\log L_{dd}$  waarbij  $m$  = gemiddelde waarde en  $b$  = regressie-koëfficiënt. Stelt men nog  $m = \log M$ , waarbij  $M$  het harmonische gemiddelde voorstelt, dan is na enig omschrijven een exponentiële functie te vinden tussen  $G$  en  $L_{dd}$ :

$$\frac{G}{M(G)} = \left( \frac{L_{dd}}{M(L_{dd})} \right)^{b_{dd}}$$

Voor het multipele regressieprobleem met in dit geval 12 richtingssectoren en dus 12  $L_{dd}$ -waarden als onafhankelijke grootheden, dus ook 12 regressie-koëfficiënten  $b_{dd}$ , is dan de einduitkomst te schrijven als een gedurige produkt  $\Pi$  :

$$\frac{G}{M(G)} = \Pi \left( \frac{L_{dd}}{M(L_{dd})} \right)^{b_{dd}}$$

Hierdoor heeft men van de statistische kant een exponentiële formule gevonden, zoals de dimensie-analyse met zijn kentallen dat vraagt.

$\frac{G}{CLF} = k$  is op te vatten als een vangst-koëfficiënt waarbij

$C$  = gemiddelde concentratie, in  $\text{mg}/\text{m}^3$ ,

$F$  = zijdelingse, aangeblazen oppervlak van de Luikse bol, hier dus

$$\frac{\pi \cdot 12^2}{4} \text{ cm}^2$$

$L$  = windweg in de meetperiode van een halve maand.

De beslissende grootheid voor het diffusieprobleem is een afstand of verplaatsingsparameter, dus een kengetal  $\left(\frac{L}{R}\right)$ , waarbij  $R$  bijvoorbeeld de gemiddelde afstand tot alle bronnen, gewogen naar hun sterkte, is, dus tot het zwaartepunt van de stofneerslag-produktie. Van deze kant van het probleem is dus met dimensieloze kentallen een exponentieel verband als volgt te schrijven, samen voor alle sectoren in:

$$\left( \frac{G}{CLF} \right) = A \Pi \left( \frac{L_i}{R_i} \right)^{B_i}$$

dus analoog aan de regressievergelijking.

Het resultaat van de regressierekening (met behulp van de Zebra-rekenmachine) is nu samengevat in de tabellen 7 - a t/m c, voor de drie onderzochte stations De Bilt, Den Helder en Dwingelo. Voor elke sektor, i,

van de windrichting, dd, is vermeld de berekende regressie-koëfficiënt  $\hat{b}_{dd}$  met de erbij behorende standaarddeviatie  $s(\hat{b}_{dd})$ . De waarde van de regressie-koëfficiënten schommelen om nul en men kan zich dus afvragen, wat de waardering hiervan is. Dit is nu met een statistische toets na te gaan, die de vraag beantwoordt: wijkt een gevonden  $\hat{b}$ -waarde significant van nul af? Dit significant drukt men dan uit door een betrouwbaarheidsdrempel in te voeren,  $P = 0,10$  of  $0,05$ ; dat wil dan zeggen: in 1 op de 10 of 1 op de 20 gevallen van onderzoek, neemt men de konklusie voor waar aan, terwijl deze konklusie fout is.

Daar er maar een beperkt aantal praktisch toe te passen toetsen zijn (met uitgewerkte tabellen), transformeert men de te toetsen grootheden (hier  $\hat{b}$ ) tot bruikbare toetsingsgrootheden. In dit geval past de t-toets van Student met een te toetsen grootheid:  $t(b) = \sqrt{N-n-1} \frac{s(\hat{b}_{dd})}{s_0} (\hat{b}_{dd} - b)$  Hierin zijn:  $N$  = steekproefgrootte,

$n$  = aantal onafhankelijke grootheden, hier 12,

$s_0$  = standaarddeviatie van de onafhankelijke grootheid, hier  $y = \log G$ ,

en  $b$  = de te toetsen waarde van de regressie-koëfficiënt, dus de hypothese die men in zijn vraag heeft ingevuld. Dat is in dit geval:  $b = \text{nul}$ . Deze waarden  $t(b)$  zijn in de tabellen 8 - a t/m c aangegeven, zodat ze nu vergeleken kunnen worden met de theoretische waarden uit de tabel voor de t-toets, afhankelijk van het aantal graden van vrijheid  $v = N-n-1$ . Men vindt voor  $P = 0,10$  en  $v = 82-12-1 = 69$  dan wel  $v = 92-12-1 = 79$  steeds de grenswaarde  $t_{\text{grens}} = 1,66$ . Geen van alle gevonden waarden  $t(b=0)$  is  $\geq 1,66$ , behalve de ene sektor voor De Bilt met  $dd = 240^\circ$  en  $t(b=0) = 2,270$ , waarbij een  $\times$  is geplaatst. De konklusie is dus dat alle gevonden regressie-koëfficiënten,  $\hat{b}_{dd}$ , op deze ene na, niet significant van nul afwijken. Men kan er dus statistisch geen reële waarde aan hechten.

In het algemeen is een gevonden regressievergelijking op te vatten als een verwachtingsformule, waarbij dan de onafhankelijke grootheden ( $x = \log L_{dd}$ ) worden ingevuld om de waarden van de onafhankelijke grootheid,  $\hat{y}$ , te vinden. Deze berekende waarden,  $\hat{y}$ , zullen in het algemeen afwijken van de werkelijk opgetreden waarden,  $y = \log G$ , en de mate van aanpassing drukt men dan uit door de totale korrelatiekoëfficiënt, een getal tussen  $-1$  en  $+1$ , waarbij nul aangeeft dat er in het geheel geen korrelatief verband bestaat tussen de onderzochte grootheden, terwijl voor de waarde  $+1$  er een wetmatig verband optreedt.

Ook hier kan men de berekende waarden van de totale korrelatie-koëfficiënten voor de 3 stations, nl.  $0,5713$ ,  $0,5971$  en  $0,4657$ , toetsen

naar hun betekenis. De vraag kan luiden: wijken de gevonden waarden significant af van de waarde nul? Dus de nul-hypothese, dat er geen korrelatief verband is. Een tabel van Wishart levert bij een betrouwbaarheidsdrempel van  $P = 0,05$ , voor de erbij behorende vrijheidsgraden, als grenswaarden op: 0,471, 0,490 resp. 0,497. De stations De Bilt en Den Helder hebben grotere korrelatiecoëfficiënten, wat men dan significant van nul afwijkend noemt; voor de totale korrelatiecoëfficiënt van Dwingelo geldt dit juist niet, men kan hiervoor bijna zeker aannemen dat er geen korrelatief verband bestaat. Het korrelatieve verband blijkt voor de 3 stations maar zwak te zijn, juist onder of boven de grenswaarde van de nulhypothese.

Om verder inzicht te verkrijgen in de invloed van de afzonderlijke sektorfactoren  $\log \left( \frac{L_{dd}}{M(L_{dd})} \right)^{b_{dd}}$  is nagegaan welk aandeel elke faktor afzonderlijk meehelpt verwachten in de regressievergelijking. Dit noemt men een variantie-analyse: men berekent de grootheden  $\hat{b} \sum (y-\bar{y})(x-\bar{x})$ , waarbij  $y = \log G$ ,  $x = \log L_{dd}$  en  $\bar{y}$  resp.  $\bar{x}$  de gemiddelde waarden van  $y$  resp.  $x$  zijn. Men ziet deze deelvarianties als laatste kolom in de tabellen 7 - a t/m c, voor elk station ook nog gesommeerd tot  $\sum \hat{b}_{dd} \sum (y-\bar{y})(x-\bar{x})$ , nl. voor De Bilt, Den Helder en Dwingelo: 0,0594, 0,0458 en 0,0398. Dit is dan het bedrag waarmee de oorspronkelijke variantie van elke waarnemingsreeks, nl.  $\sum (y-\bar{y})^2$  verbeterd wordt, door de invoering van de regressievergelijking. Daarna blijft er een restvariantie  $\sum (y-\hat{y})^2$  over, die niet verklaard wordt door de regressiecoëfficiënten. De varianties zijn nog eens samengevat in tabel 8 - a t/m c, ieder met het erbij behorende aantal vrijheidsgraden.

Uit beide tabellen 7 en 8 volgt, dat de verbetering die door de regressie wordt bereikt maar klein is, bijv. voor De Bilt van een variantie van 0,1795 naar 0,1201, Den Helder van 0,1282 naar 0,0825 en Dwingelo van 0,1836 naar 0,1438, ruwweg 1/4 tot 1/3 wordt de variantie kleiner. Uit de deelvarianties in de laatste kolommen van tabel 8 blijken alleen bepaalde windsectoren (aangegeven door  $\Delta$ ) de verbetering te hebben voortgebracht: deze windsectoren hebben de meeste realiteit, maar zijn voor de verwachtingsformule van te kleine invloed om met de regressievergelijking te gaan werken.

## 6. Exponentieel verband tussen stofneerslag en regensom

De regensom per halve maand, RR, heeft een J-vormige verdeling, die weer symmetrisch wordt na een logaritmische transformatie (zie tabel 6, laatste kolommen voor de 3 stations).



Ook voor deze laatste grootheid is nu een enkelvoudige korrelatie opgezet tussen log G resp. log A en log RR, samengevat in tabel 9.

De gevonden korrelatiecoëfficiënten, r, blijken op twee na alle beneden de grenswaarden te vallen, welke significante van insignifiante r-waarden scheidt. Alleen voor De Bilt geeft de waarde  $r = +0,902$  een positief resultaat: hoe meer regen hoe meer stofneerslag. Zo ook voor Dwingelo de waarde  $r = -0,246$ , die nog net significant van nul afwijkt, maar hier geldt dan: hoe meer regen, hoe minder asrest, vermoedelijk door afspoelen.

### Konklusies

Wat is nu 1) het doel van de metingen geweest en 2) in hoeverre is dit bereikt of 3) zou het resultaat te verbeteren zijn: a) door een verbeterde receptor, b) door aanvullende meteorologische waarnemingen?

1. Het doel van de metingen is inzicht te verkrijgen in de verdeling van de pollutanten in ruimte en tijd en daarnaast het vormen van standaardwaarden voor de concentraties (in samenwerking met medische, economische, sociologische en legale standpunten).

De verdeling van de stofneerslag zal dan omvatten: gemiddelden en fluctuaties naar tijd en ruimte. In zoverre zijn de in dit verslag genoemde getallen van de tabellen 1 en 2 een voorlopig resultaat voor Nederland voor de stofneerslag G: aan de kust  $90 \text{ mg}/\frac{1}{2} \text{ mnd}$ , meer landinwaarts 70, met standaardafwijkingen ter grootte van 90% hiervan, opgevangen met de Luikse bol (12 cm) en over een meetperiode van een halve maand (ong.  $10^6 \text{ sec}$ ).

De wisselingen in de tijd spreken uit de halfmaandelijke gemiddelden in tabel 2: maximum in het voorjaar, minimum in de winter.

Een tweede doel zou kunnen zijn: het doorzien van de stofverplaatsing in de atmosfeer van de bron door een atmosferische grondlaag heen naar een receptor toe, op een regionale schaal (karakteristieke straal ongeveer  $10^5 \text{ m}$ ). Dit is een complex proces en de korrelatiemethode heeft maar weinig nieuwe gezichtspunten opgeleverd:

- a) Bij De Bilt, als station dicht bij het brongebied dat men in de randstad Holland kan vermoeden, bleek de richting WSW, dus naar de stad Utrecht gericht, het meeste stof te leveren.
- b) Bij De Bilt heeft de regen denkkelijk het meeste stof aangevoerd: de hoogste korrelatie wordt hier gevonden ( $r = 0,902$ ).

2. Om een oordeel te kunnen vellen over de waarde van de metingen, dus het bereikte en bereikbare resultaat vergelijkend, moet men al inzicht hebben

in de processen die plaatshebben bij de vervuiling van de lucht en in het bijzonder in de receptor in de vorm van een Luikse bol. Men kan nu praktisch het verontreinigende gebied indelen in 2 deelgebieden:

- 1e het vrije landschap, waarin afvalstoffen worden geïnjecteerd en door allerlei vangprocessen onderweg weer geëjecteerd: wijde omgeving genoemd;
- 2e de naaste omgeving van het instrument of wel de instrument-ruimte.

Nu is, bij bekend zijn van de injecterende bronnen- en de ejecterende puttensterkte, vooral het transport door de onderste laag van de atmosfeer naar het meetinstrument toe, één van de gezochte meteorologische processen. Het andere speelt zich af in de instrumentruimte, waar de binnendringende afvalstoffen in drie soorten kunnen worden verdeeld, ten opzichte van de receptor:

- 1) ze stromen erlangs, zonder hechting aan de wand;
- 2) ze hechten zich aan de wand, maar vroeg of laat geraken de deeltjes door verwerking weer in de atmosfeer;
- 3) ze hechten zich blijvend aan de wand.

Alleen de laatste soort telt mee in het meetresultaat. Vat men dus het eindresultaat samen in de 2 processen: aanvoer en afvoer, dan zijn deze nader te omschrijven als:

1. een integratieproces van alle blijvende deeltjes door aanvoer volgens 2 mogelijkheden:
  - 1.1 door impaktie, rechtstreekse botsing en val dwars door de grenslaag van de stroming aan de wand van de bol; er treden dus 2 krachten op: stuwing en traagheid, waarbij vooral de voorkant van de bol getroffen wordt.
  - 1.2 door sedimentatie na het uitzweven in het kielzog achter de bol, vooral op de achterwand; hier is de oorzaak het loslaten van de laminaire of turbulente grenslaag ergens aan de zijkant voor de vorming van het wervelende kielzog, waarin de turbulentiegraad gedempt is. Daardoor kunnen de deeltjes dan op de wand neerzakken.
2. een desintegratieproces, waarbij alle niet-blijvend gehechte deeltjes door inwerking van het weer van de wand worden afgevoerd.  
De verwerking van de korst op de bol heeft plaats door:
  - 2.1 uitlogen en afspoelen door regen; erosie,
  - 2.2 uitdrogen en afblazen door wind; abrasie.

Overziet men al deze processen, zoals ze in de loop van een halve maand in het wisselende weer van Nederland kunnen voorkomen, dan is het eigenlijk

niet verwonderlijk dat het instrument maar weinig inzicht geeft in deze complexe processen. Als instrument voor de regionale stofneerslagverdeling is het te eenvoudig en te ongevoelig. Voor een globaal onderzoek vlak bij een bron met veel stofproduktie is de Luikse bol wel te gebruiken, nl. in een groep instrumenten, rondom deze bron geplaatst. Overigens is de Luikse bol geen gemakkelijk instrument: het meetresultaat eist door de chemische analyse nogal wat werk.

3. a) Een verbetering in het meetresultaat is moeilijk denkbaar; de bolvorm is op zich zelf onafhankelijk van de richting, waaruit de stofneerslag komt. De vaselinelaag is echter moeilijk herhaalbaar aan te brengen en is in de loop van een halve maand niet blijvend van dezelfde kwaliteit.
- b) Aanvullende metingen aan het instrument zal men in verband moeten zien met het doel van stofmetingen in het algemeen. Dat is het vaststellen van de vervuiling van de natuur of gebouwen, waarbij opgevangen hoeveelheden per oppervlakte-eenheid en per tijdseenheid dan wel concentraties in de atmosfeer van belang zijn. Hiervoor bestaan vele andere toestellen, die, ieder op zijn wijze, een van deze twee soorten waarden trachten te bepalen. Onderlinge vergelijking moet dan een bruikbare herleiding opleveren. In overleg kunnen dan de benodigde standaardwaarden worden vastgesteld, waarmee in praktisch voorkomende gevallen beslissend kan worden gewerkt.

**Tabel 1.** Frekwentieverdeling van de stofneerslag, G ( $\text{mg}/\frac{1}{2}$  mnd) en van de asrest, A ( $\text{mg}/\frac{1}{2}$  mnd).

n = aantal  $\frac{1}{2}$  maandelijkse waarnemingen  
 % = percentage van het totale aantal  
 m = gemiddelde van de reeks  
 s = standaarddeviatie ervan.

G of A	De Bilt				Den Helder				Dwingelo			
	G		A		G		A		G		A	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
0- 5	2	2	22	23	1	1	4	5	2	2	28	32
6- 10	8	8	36	37	2	2	17	19	9	10	14	16
11- 20	11	11	19	20	9	10	17	19	8	9	14	16
21- 40	11	12	11	11	7	8	22	25	15	17	13	15
41- 60	16	17	6	6	16	18	11	13	10	11	3	3
61- 80	12	13	1	1	12	14	5	6	9	10	4	5
81-100	16	17	0	0	13	15	5	6	9	10	1	1
101-120	6	6	0	0	7	8	0	0	8	9	4	5
121-140	6	6	2	2	6	7	0	0	1	1	0	0
141-160	0	0	0	0	4	5	0	0	3	4	1	1
161-180	1	1	0	0	1	1	0	0	3	4	1	1
181-200	2	2	0	0	3	3	1	1	4	5	1	1
>200	3	3	0	0	4	5	3	3	3	3	0	0
ontbrekend	2	2	2	2	3	3	3	3	4	5	4	4
<b>totaal</b>	<b>96</b>	<b>100</b>	<b>96</b>	<b>100</b>	<b>88</b>	<b>100</b>	<b>88</b>	<b>100</b>	<b>88</b>	<b>100</b>	<b>88</b>	<b>100</b>
<b>m</b>	<b>69</b>		<b>15</b>		<b>89</b>		<b>39</b>		<b>71</b>		<b>25</b>	
<b>s</b>	<b>62</b>		<b>21</b>		<b>82</b>		<b>61</b>		<b>62</b>		<b>37</b>	

**Tabel 2.** Jaarlijkse gang van stofneerslag en asrest ( $\text{mg}/\frac{1}{2}$  mnd).

		De Bilt		Den Helder		Dwingelo	
		G	A	G	A	G	A
jan.	1	45	7	35	10	24	2
	2	36	4	34	8	30	4
feb.	1	43	4	51	15	14	2
	2	40	6	153	111	33	7
mrt.	1	37	18	85	56	66	18
	2	50	13	92	22	55	10
apr.	1	199	49	65	38	68	23
	2	96	41	160	126	196	21
mei	1	91	23	135	63	153	67
	2	116	52	137	62	138	55
juni	1	75	20	73	45	115	55
	2	80	17	89	46	155	34
juli	1	81	17	238	151	164	135
	2	103	16	132	35	92	26
aug.	1	70	11	114	43	94	33
	2	89	13	93	40	93	30
sept.	1	90	13	85	31	79	31
	2	70	16	61	20	58	11
okt.	1	53	7	57	16	77	9
	2	48	10	42	17	31	46
nov.	1	48	7	45	17	20	7
	2	34	5	42	9	23	5
dec.	1	42	6	69	29	19	6
	2	40	6	51	9	20	3

Tabel 3.

DE BILT. Aantal gevallen met (G, t<sub>dd</sub>):

dd = sektor van 30° in de richting dd.

G = stofneerslag in mg/¼ mnd.

t<sub>dd</sub> = windduur uit richting dd in h/¼ mnd.

dd = 360°

dd = 030°

t <sub>dd</sub>										som	t <sub>dd</sub>										som
G		2	4	8	16	32	64	128	256		G		2	4	8	16	32	64	128	256	
2	0- 2	-	-	1	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	1	-	-	-	-	1	
4	3- 5	-	-	-	-	1	-	-	-	1	4	1	-	-	-	-	-	-	-	1	
8	6- 11	2	1	2	2	1	2	-	-	10	8	2	-	1	2	3	1	1	-	10	
16	12- 22	4	1	2	1	2	-	-	-	10	16	4	-	-	1	4	1	-	-	10	
32	23- 45	3	-	5	3	1	4	-	-	16	32	5	1	2	1	6	1	-	-	16	
64	46- 90	5	8	6	8	3	5	1	-	36	64	5	3	6	7	5	8	2	-	36	
128	91-180	3	2	2	5	4	-	-	-	16	128	2	2	1	4	6	1	-	-	16	
256	181-361	-	-	2	-	1	2	-	-	5	256	-	-	2	-	-	3	-	-	5	
512	362-723	-	-	-	-	-	-	-	-	1	512	-	-	-	-	-	1	-	-	1	
som		17	12	20	19	13	13	2	0	96	som		19	6	12	16	24	16	3	0	96

dd = 060°

dd = 090°

t <sub>dd</sub>										som	t <sub>dd</sub>										som
G		2	4	8	16	32	64	128	256		G		2	4	8	16	32	64	128	256	
2	0- 2	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2	-	-	-	1	-	-	-	-	1	
4	3- 5	1	-	-	-	-	-	-	-	1	4	-	1	-	-	-	-	-	-	1	
8	6- 11	2	-	1	3	1	2	1	-	10	8	1	-	2	1	4	1	1	-	10	
16	12- 22	2	1	1	2	2	2	-	-	10	16	-	2	-	2	4	1	1	-	10	
32	23- 45	3	3	3	4	3	-	-	-	16	32	3	1	3	4	3	2	-	-	16	
64	46- 90	6	1	7	6	8	8	-	-	36	64	5	5	1	10	9	4	2	-	36	
128	91-180	3	2	3	1	5	2	-	-	16	128	2	3	4	3	1	3	-	-	16	
256	181-361	-	-	2	-	1	2	-	-	5	256	-	1	2	-	1	1	-	-	5	
512	362-723	-	-	-	1	-	-	-	-	1	512	-	-	-	1	-	-	-	-	1	
som		17	7	17	18	20	16	1	0	96	som		11	13	12	22	22	12	4	0	96

dd = 120°

dd = 150°

t <sub>dd</sub>										som	t <sub>dd</sub>										som
G		2	4	8	16	32	64	128	256		G		2	4	8	16	32	64	128	256	
2	0- 2	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	1	-	1	
4	3- 5	-	-	-	1	-	-	-	-	1	4	-	-	-	-	1	-	-	-	1	
8	6- 11	2	-	1	3	3	1	-	-	10	8	-	-	1	4	2	3	-	-	10	
16	12- 22	-	1	2	1	8	-	1	-	10	16	-	-	-	3	3	3	1	-	10	
32	23- 45	5	1	2	3	3	1	1	-	16	32	2	-	4	2	5	3	-	-	16	
64	46- 90	3	3	7	10	12	1	-	-	36	64	2	1	6	7	12	8	-	-	36	
128	91-180	3	1	3	5	3	1	-	-	16	128	-	1	1	6	5	3	-	-	16	
256	181-361	1	-	3	1	-	-	-	-	5	256	-	2	1	1	1	-	-	-	5	
512	362-723	-	-	-	1	-	-	-	-	1	512	-	1	-	-	-	-	-	-	1	
som		14	6	18	26	26	4	2	0	96	som		4	5	13	23	29	20	2	0	96

Tabel 3 (vervolg)

dd = 180°										dd = 210°									
G \ t <sub>dd</sub>	2	4	8	16	32	64	128	256	som	G \ t <sub>dd</sub>	2	4	8	16	32	64	128	256	som
2	0- 2	-	-	-	-	1	-	-	1	2	-	-	-	-	1	-	-	-	1
4	3- 5	-	-	-	1	-	-	-	1	4	-	-	-	-	1	-	-	-	1
8	6- 11	-	-	2	1	1	6	-	10	8	-	1	-	3	3	1	1	10	
16	12- 22	-	-	1	4	4	1	-	10	16	-	-	2	4	3	1	-	10	
32	23- 45	1	-	1	4	8	2	-	16	32	-	-	1	1	8	3	2	1	16
64	46- 90	4	-	4	6	12	7	3	36	64	2	2	1	1	11	13	6	-	36
128	91-180	-	-	1	6	5	4	-	16	128	-	-	1	6	3	6	-	-	16
256	181-361	-	1	1	1	2	-	-	5	256	-	-	1	-	4	-	-	-	5
512	362-723	1	-	-	-	-	-	-	1	512	-	-	1	-	-	-	-	-	1
som										som									
6 1 10 18 33 24 4 0 96										2 3 5 11 35 28 10 2 96									
dd = 240°										dd = 270°									
G \ t <sub>dd</sub>	2	4	8	16	32	64	128	256	som	G \ t <sub>dd</sub>	2	4	8	16	32	64	128	256	som
2	0- 2	-	1	-	-	-	-	-	1	2	-	-	1	-	-	-	-	-	1
4	3- 5	-	-	-	1	-	-	-	1	4	-	-	-	-	1	-	-	-	1
8	6- 11	2	-	2	1	3	2	-	10	8	2	-	2	3	1	-	-	-	10
16	12- 22	2	-	1	3	2	2	-	10	16	2	-	-	3	4	1	-	-	10
32	23- 45	-	-	1	3	6	6	-	16	32	-	1	2	3	9	-	1	-	16
64	46- 90	4	1	1	3	14	11	2	36	64	4	2	2	5	15	7	1	-	36
128	91-180	-	-	-	3	7	5	1	16	128	-	2	2	6	4	2	-	-	16
256	181-361	-	-	1	-	4	-	-	5	256	-	-	1	2	-	2	-	-	5
512	362-723	-	-	1	-	-	-	-	1	512	-	-	-	-	1	-	-	-	1
som										som									
8 2 7 13 37 26 3 0 96										8 5 10 21 37 13 2 0 96									
dd = 300°										dd = 330°									
G \ t <sub>dd</sub>	2	4	8	16	32	64	128	256	som	G \ t <sub>dd</sub>	2	4	8	16	32	64	128	256	som
2	0- 2	-	-	-	1	-	-	-	1	2	-	-	-	-	1	-	-	-	1
4	3- 5	-	-	-	-	1	-	-	1	4	-	-	-	-	-	1	-	-	1
8	6- 11	2	1	1	2	3	1	-	10	8	1	2	2	-	5	-	-	-	10
16	12- 22	3	-	-	4	2	1	-	10	16	1	2	3	2	1	1	-	-	10
32	23- 45	1	-	3	1	7	4	-	16	32	3	1	-	2	6	4	-	-	16
64	46- 90	3	4	6	9	10	4	-	36	64	4	1	10	7	9	4	1	-	36
128	91-180	-	1	2	3	7	3	-	16	128	-	3	4	4	3	2	-	-	16
256	181-361	-	-	1	1	2	1	-	5	256	-	-	1	2	2	-	-	-	5
512	362-723	-	-	-	-	1	-	-	1	512	-	-	-	-	1	-	-	-	1
som										som									
9 6 13 21 32 15 0 0 96										9 9 20 17 28 11 2 0 96									

Tabel 4. Korrelatie,  $r$ , tussen de stofneerslag,  $G$ , en windduur,  $t_{dd}$ , in DE BILT, per richting,  $dd$ :

$m$  = gemiddelde  
 $s$  = standaarddeviatie  
 $M$  = geometrisch gemiddelde

richting dd	$r(\log G, \log t_{dd})$	$M(t_{dd})$	$\frac{s(\log G)}{s(\log t_{dd})}$
12 = 360°	+0,141	11,2	0,87
01 030	+0,143	14,2	0,81
02 060	-0,193	13,2	0,86
03 090	-0,101	14,5	0,89
04 120	-0,159	12,6	0,98
05 150	-0,160	13,6	1,08
06 180	-0,259	13,8	1,05
07 210	-0,145	14,3	1,11
08 240	+0,222	13,8	0,99
09 270	+0,128	13,4	1,07
10 300	-0,062	13,3	1,00
11 330	-0,037	15,0	0,96

Tabel 5. Korrelatie,  $r$ , tussen de stofneerslag,  $G$ , en de windweg,  $L_{dd}$ , in DE BILT, per richting,  $dd$ :

$m$  = gemiddelde ;  $s$  = standaarddeviatie

richting dd	$r(G, L_{dd})$	$M(L_{dd})$	$s(L_{dd})$
12 = 360°	+0,048	164	253
01 030	+0,014	214	277
02 060	+0,010	175	204
03 090	-0,123	206	264
04 120	-0,257	178	235
05 150	-0,364	257	265
06 180	-0,350	336	322
07 210	-0,178	565	547
08 240	-0,105	355	309
09 270	+0,000	256	245
10 300	+0,052	189	158
11 330	-0,058	175	188

**Tabel 6.** Frekwentie van  $X = 100 \log x$ , in aantal per aangegeven klasse van  $X$ .

G = stofneerslag  
 A = asrest  
 $L_{dd}$  = windweg per richtingssektor  
 RR = regenneerslag  
 N = grootte van de steekproef.

100 log x	n(G)	n(A)	$n(L_{dd})$ voor dd =												x	n(RR)
			360	030	060	090	120	150	180	210	240	270	300	330		
<b>a) DE BILT</b>			<b>N = 94</b>													
350	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	3 162	0
300	0	0	7	12	9	10	4	10	22	29	20	11	2	5	1 000	16
250	5	0	16	24	20	27	28	27	31	42	41	36	38	30	316	47
200	46	3	30	22	29	22	30	32	25	13	17	28	31	24	100	19
150	27	22	22	16	15	15	18	13	8	3	8	7	9	20	32	9
100	14	47	6	5	7	10	6	2	5	2	3	5	4	9	10	0
50	1	12	0	4	3	0	2	1	0	0	1	1	3	2	3	0
0	1	10	13	11	11	10	6	2	2	2	4	6	7	4	1	3
<b>b) DEN HELDER</b>			<b>N = 85</b>													
350	0	0	2	1	4	4	1	0	2	11	2	1	3	1	3 162	0
300	0	0	18	13	12	13	7	1	23	30	42	34	18	22	1 000	18
250	7	4	35	24	29	27	27	22	37	29	24	27	33	32	316	39
200	45	12	13	23	19	20	25	32	14	8	9	12	17	13	100	19
150	25	33	5	13	8	8	10	19	5	3	2	3	5	9	32	6
100	7	32	3	1	3	6	5	8	2	2	4	3	1	1	10	0
50	1	2	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	3	0
0	0	2	8	8	9	7	9	3	2	2	2	5	7	6	1	3
<b>c) DWINGELO</b>			<b>N = 84</b>													
350	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	3 162	0
300	0	0	0	2	4	13	4	1	9	26	26	12	6	1	1 000	13
250	7	1	12	14	25	26	24	15	34	33	37	37	27	17	316	50
200	34	11	22	22	22	18	27	32	18	10	10	21	31	31	100	10
150	26	20	22	23	12	11	20	21	13	5	3	6	11	16	32	6
100	15	24	14	7	6	6	4	6	2	2	1	2	3	10	10	1
50	2	13	2	5	3	0	0	3	1	0	0	0	1	1	3	1
0	0	15	12	11	12	9	5	6	7	6	7	6	5	8	1	3



Tabel 7. Multipele regressie ( $y = \log G$ ,  $x = \log L_{dd}$ )

dd	i	$\hat{b}_{dd}$	$s(\hat{b}_{dd})$	$t(b=0)$	v	$\hat{b}_{dd} \sum (y-\bar{y})(x-\bar{x})$	
a) <u>DE BILT</u>		N = 92, n = 12					
	030	1	-0,0232	0,1240	0,074	79	-0,0012
	060	2	+0,1226	0,1311	0,411	79	+0,0030
E	090	3	-0,1789	0,1035	0,475	79	+0,0063
	120	4	+0,1013	0,1143	0,297	79	-0,0044
	150	5	-0,1389	0,1573	0,560	79	+0,0104 $\Delta$
S	180	6	-0,1909	0,1613	0,788	79	+0,0144 $\Delta$
	210	7	-0,2420	0,1996	1,240	79	+0,0061
	240	8	+0,5515	0,1613	2,270 <sup>≠</sup>	79	+0,0300 $\Delta \Delta$
W	270	9	-0,1988	0,1442	0,734	79	-0,0081
	300	10	+0,0250	0,1207	0,077	79	+0,0010
	330	11	-0,1209	0,1138	0,353	79	-0,0023
N	360	12	+0,1052	0,1042	0,282	79	+0,0042

som = +0,0594

<sup>≠</sup> significant van nul afwijkend bij  $P = 0,10$  :  $t_{\text{grens}} = 1,66$ .

Totale korrelatiecoëfficiënt = 0,5713, grenswaarde ( $P = 0,05$ ) = 0,471.

b) <u>DEN HELDER</u>		N = 85, n = 12					
	030	1	+0,2714	0,1137	0,910	72	+0,0178 $\Delta$
	060	2	-0,1821	0,1072	0,577	72	-0,0085
E	090	3	+0,2250	0,0975	0,631	72	+0,0093
	120	4	-0,0960	0,0889	0,252	72	+0,0005
	150	5	-0,0186	0,1114	0,612	72	+0,0008
S	180	6	-0,2173	0,1153	0,740	72	+0,0125 $\Delta$
	210	7	-0,0710	0,1130	0,237	72	+0,0008
	240	8	+0,2906	0,1204	1,032	72	+0,0137 $\Delta$
W	270	9	+0,0207	0,1058	0,648	72	+0,0007
	300	10	+0,1280	0,0995	0,377	72	+0,0048
	330	11	-0,1014	0,0980	0,294	72	-0,0027
N	360	12	-0,0800	0,0866	0,205	72	-0,0039

som = +0,0458

geen der waarden  $t(b=0)$  is  $\geq t_{\text{grens}} = 1,66$  voor  $P = 0,10$ .

Totale korrelatiecoëfficiënt = 0,5971, grenswaarde ( $P = 0,05$ ) = 0,490.

c) <u>DWINGELO</u>		N = 82, n = 12					
	030	1	+0,1027	0,1153	0,259	69	+0,0072
	060	2	-0,0938	0,1273	0,261	69	-0,0030
E	090	3	+0,0679	0,1249	0,185	69	+0,0013
	120	4	+0,0770	0,1105	0,186	69	+0,0007
	150	5	+0,0437	0,1559	0,149	69	-0,0022
S	180	6	-0,1753	0,2012	0,773	69	+0,0123 $\Delta$
	210	7	+0,1397	0,2170	0,664	69	-0,0074
	240	8	-0,0587	0,1559	0,201	69	+0,0007
W	270	9	-0,0994	0,2243	0,489	69	-0,0031
	300	10	+0,1964	0,2117	0,909	69	+0,0129 $\Delta$
	330	11	+0,1623	0,1371	0,487	69	+0,0170 $\Delta$
N	360	12	+0,0378	0,1153	0,095	69	+0,0034

som = +0,0398

geen der waarden  $t(b=0)$  is  $\geq t_{\text{grens}} = 1,66$  voor  $P = 0,10$ .

Totale korrelatiecoëfficiënt = 0,4657, grenswaarde ( $P = 0,05$ ) = 0,497.

Tabel 8.  $x = \log L_{dd}$ ,  $y = \log G$

a) DE BILT

$$\begin{aligned} \sum^N (y-\hat{y})^2 &= 0,1201 & v &= N-n-1 = 79 \\ \frac{\sum^n \hat{b}_{dd} \sum^N (y-\bar{y})(x-\bar{x})}{\sum^N (y-\bar{y})^2} &= 0,0594 & v &= n = 12 \\ \sum^N (y-\bar{y})^2 &= 0,1795 & v &= N-1 = 91 \end{aligned}$$

b) DEN HELDER

$$\begin{aligned} \sum^N (y-\hat{y})^2 &= 0,0825 & v &= N-n-1 = 72 \\ \frac{\sum^n \hat{b}_{dd} \sum^N (y-\bar{y})(x-\bar{x})}{\sum^N (y-\bar{y})^2} &= 0,0458 & v &= n = 12 \\ \sum^N (y-\bar{y})^2 &= 0,1282 & v &= N-1 = 84 \end{aligned}$$

c) DWINGELO

$$\begin{aligned} \sum^N (y-\hat{y})^2 &= 0,1438 & v &= N-n-1 = 69 \\ \frac{\sum^n \hat{b}_{dd} \sum^N (y-\bar{y})(x-\bar{x})}{\sum^N (y-\bar{y})^2} &= 0,0398 & v &= n = 12 \\ \sum^N (y-\bar{y})^2 &= 0,1836 & v &= N-n-1 = 81 \end{aligned}$$

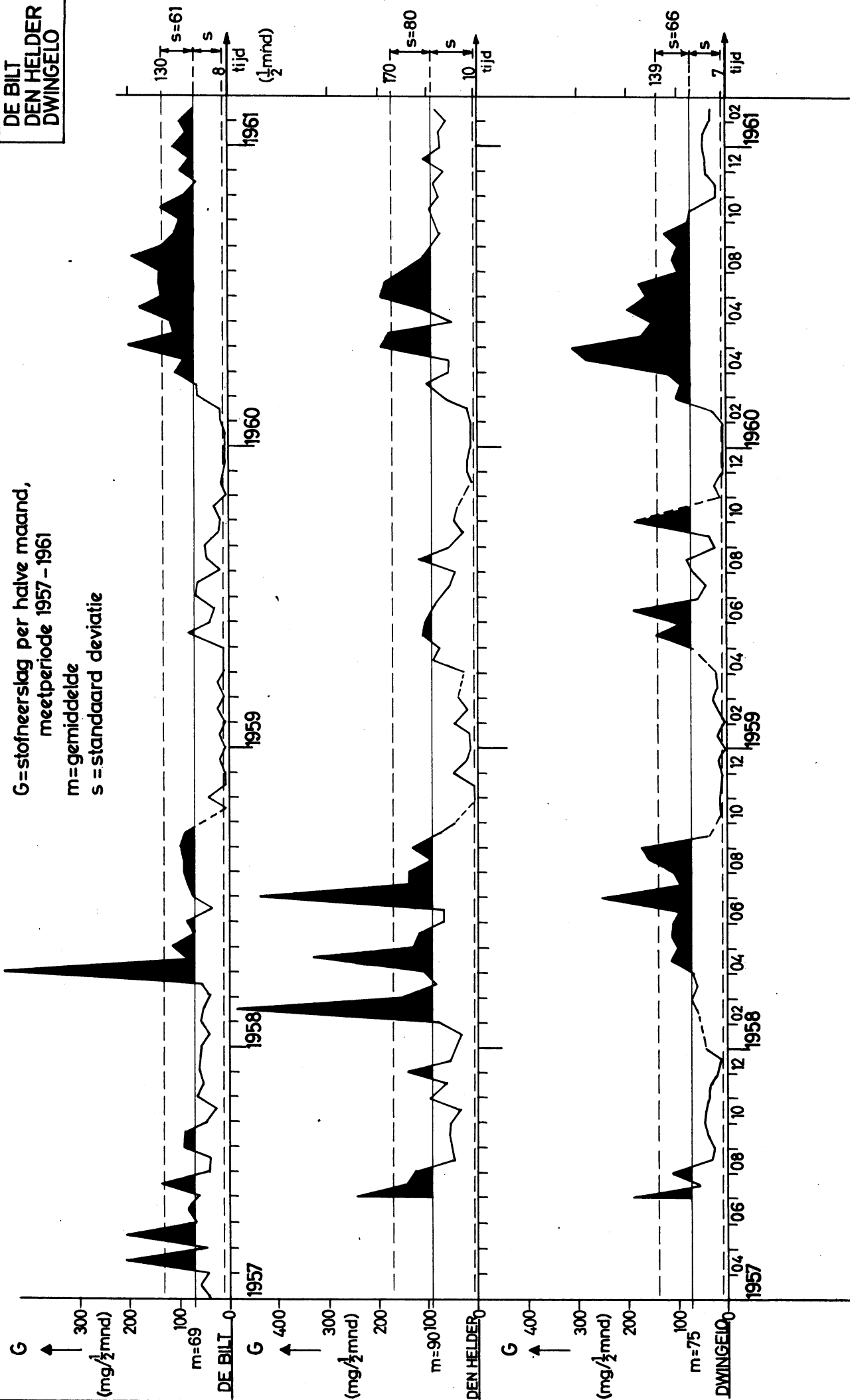
Tabel 9. Korrelatie tussen stofneerslag, resp. asrest en neerslag (RR),  
 $\log G = y_1$ , resp.  $\log A = y_2$  en  $\log RR = x$ .

	DE BILT	P = 0,05 grenswaarde	DEN HELDER	P = 0,05 grenswaarde	DWINGELO	P = 0,05 grenswaarde
$r(y_1, x)$	+0,902	} 0,206	+0,012	} 0,215	+0,027	} 0,219
$r(y_2, x)$	-0,042		-0,118		-0,246	
M(x)	21 mm / $\frac{1}{2}$ mnd		21 mm / $\frac{1}{2}$ mnd		22 mm / $\frac{1}{2}$ mnd	

FIG. 1

LIJKSE BOL  
DE BILT  
DEN HELDER  
DWINGELO

G = stofneerslag per halve maand,  
meetperiode 1957 - 1961  
m = gemiddelde  
s = standaard deviatie



**FIG. 2**

LUIKSE BOL  
DE BILT  
DEN HELDER  
DWINGELO

A=asneerslag per halve maand,  
meetperiode 1957-1961

m = gemiddelde  
s = standaard deviatie

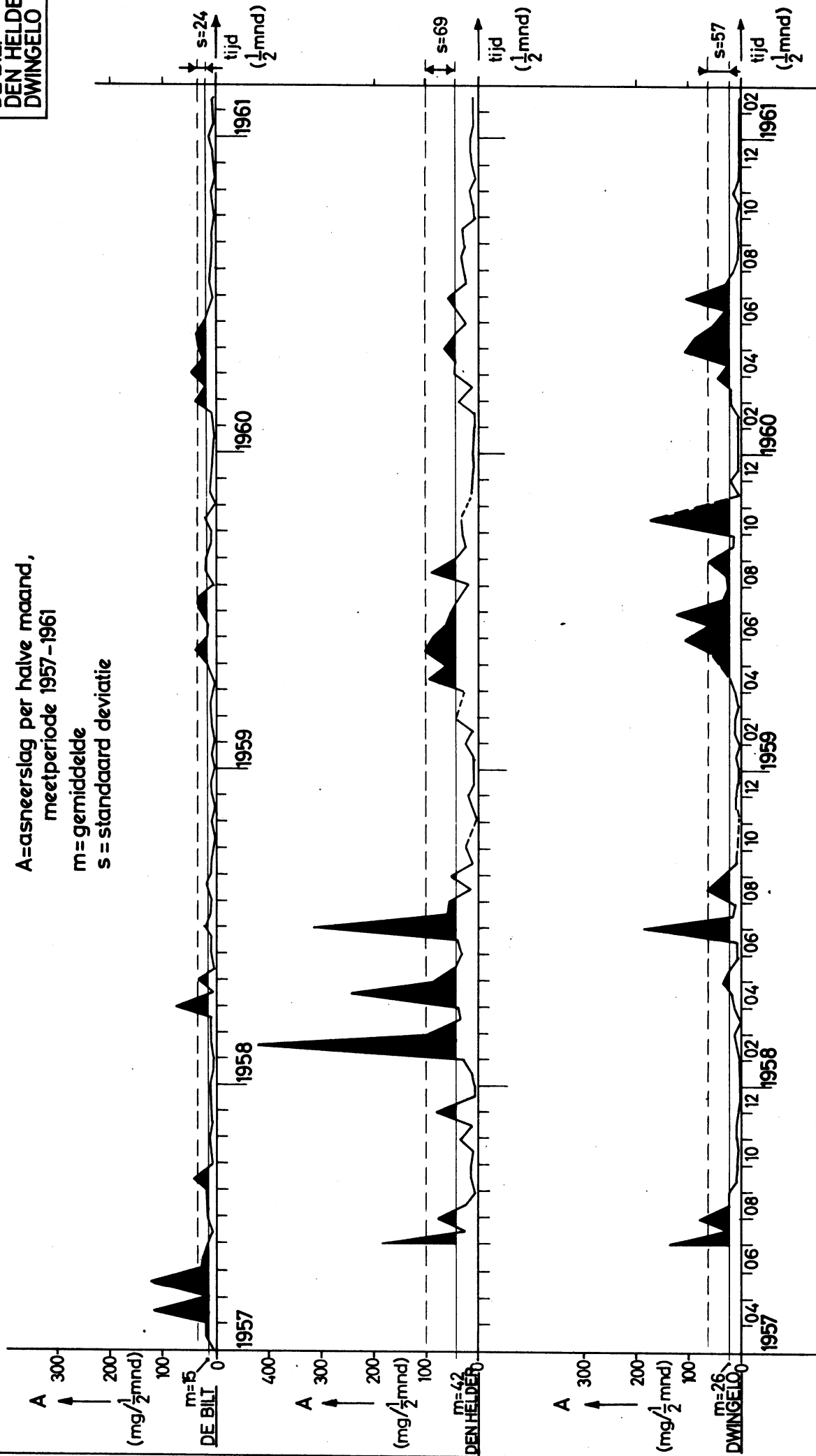


FIG. 3

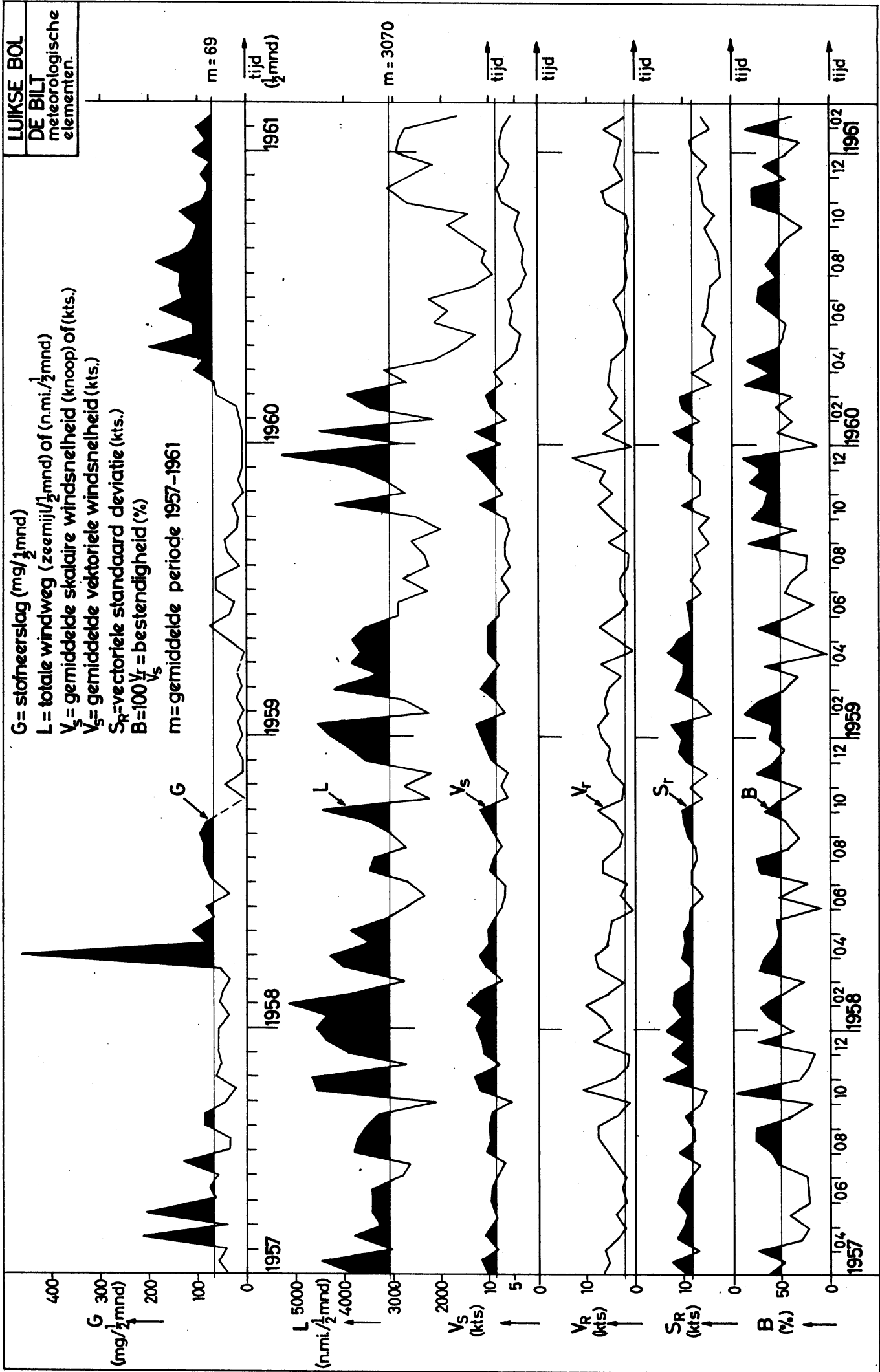


FIG. 4

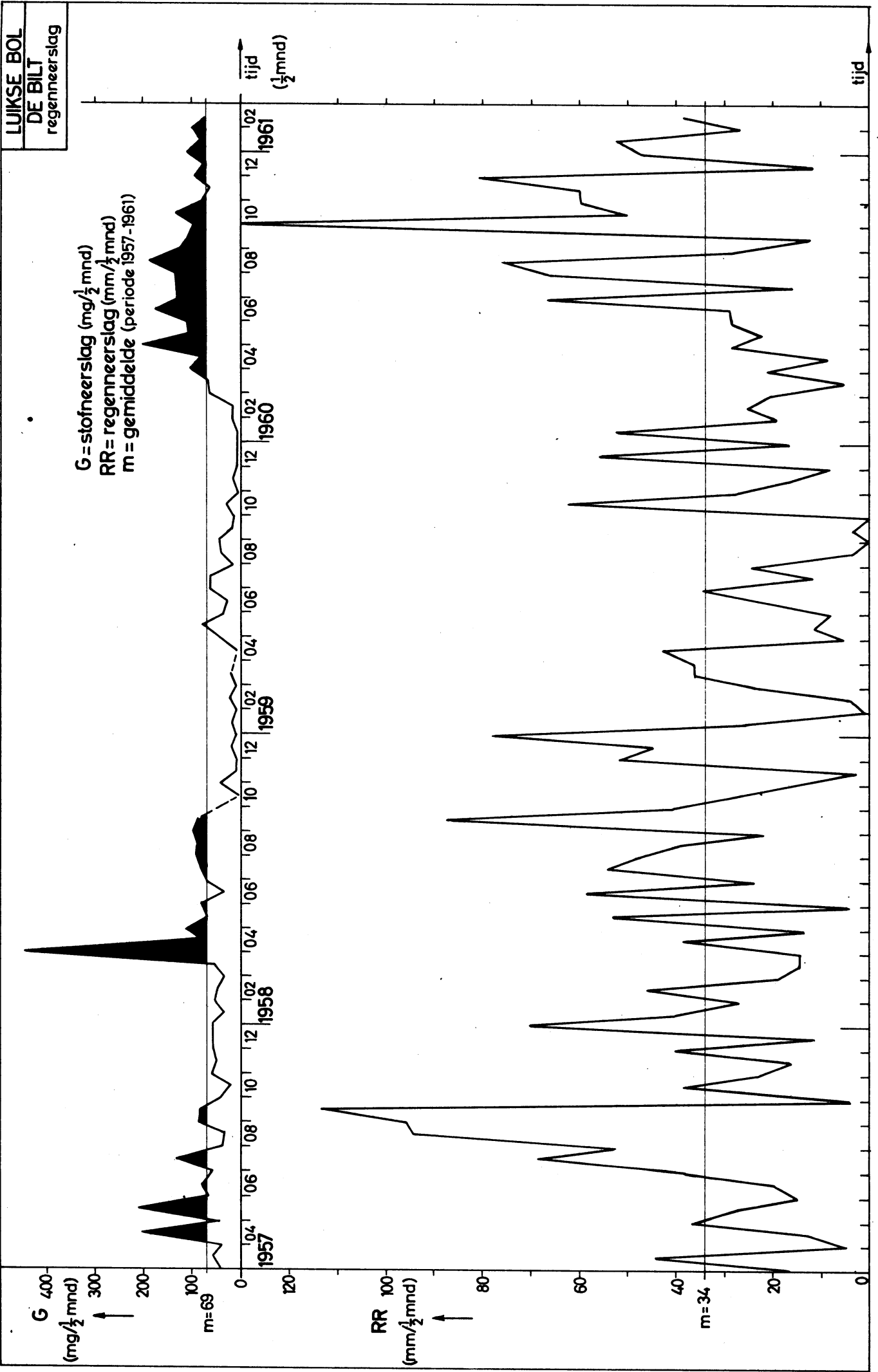


FIG 5

LUIKSE BOL  
DE BILT  
windduur per  
sektor

G = stofneerslag (mg/½mnd)  
t<sub>dd</sub> = windduur per sektor dd (h/½mnd)  
dd = windrichtingsektor dd (graden)  
t.o.v. noord, door oost heen  
m = gemiddelde (periode 1957 - 1961)

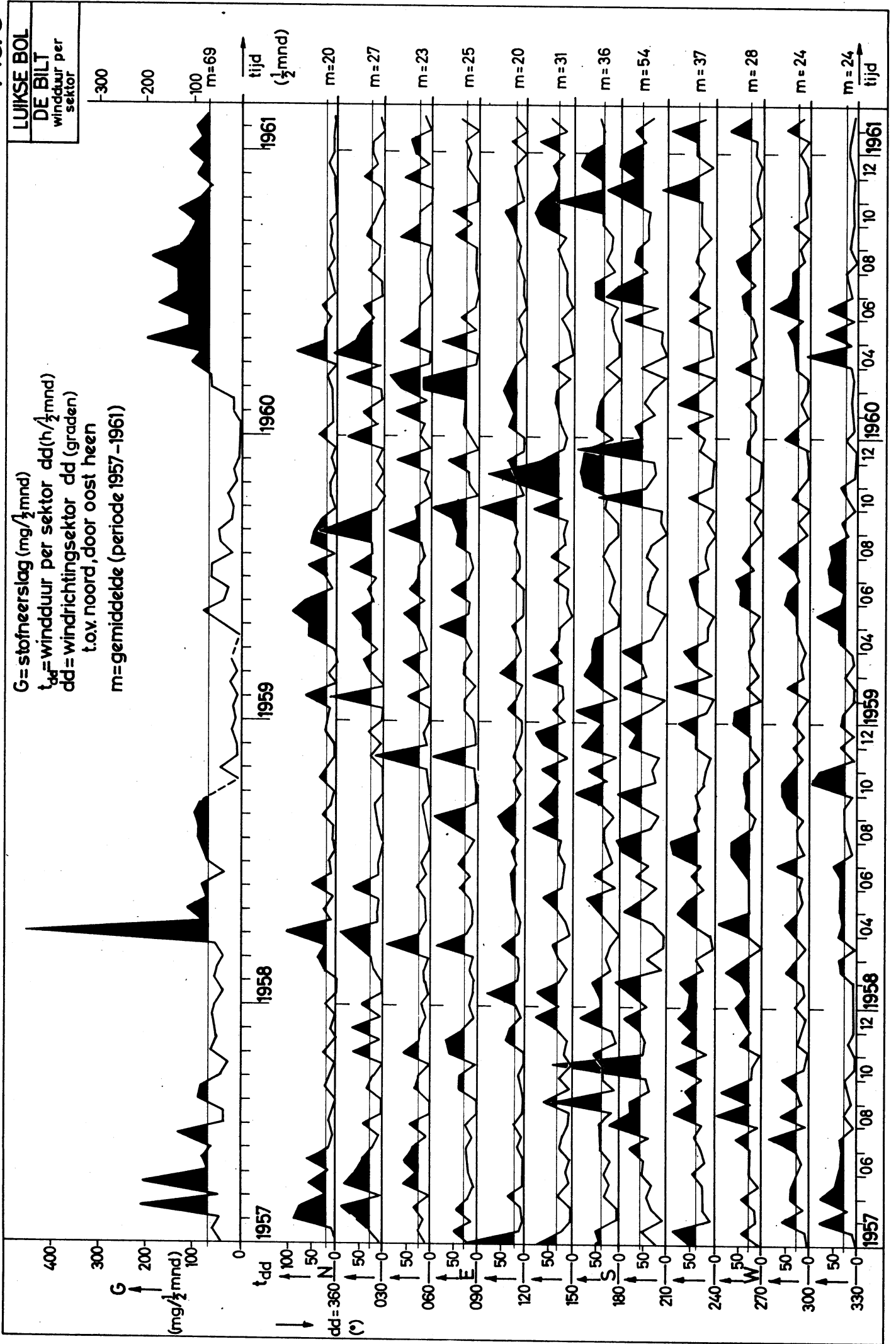


FIG. 6

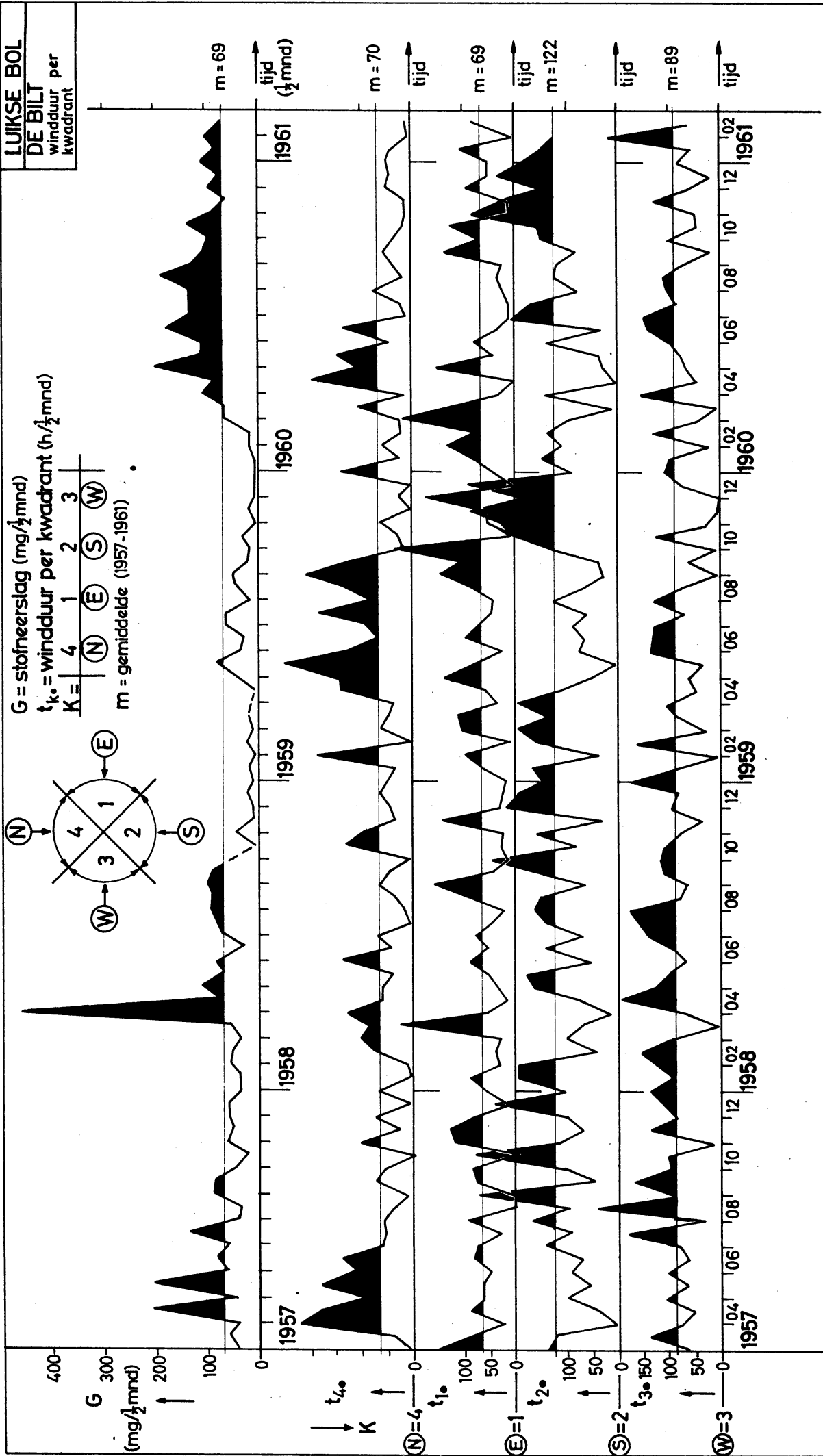




FIG 7-1

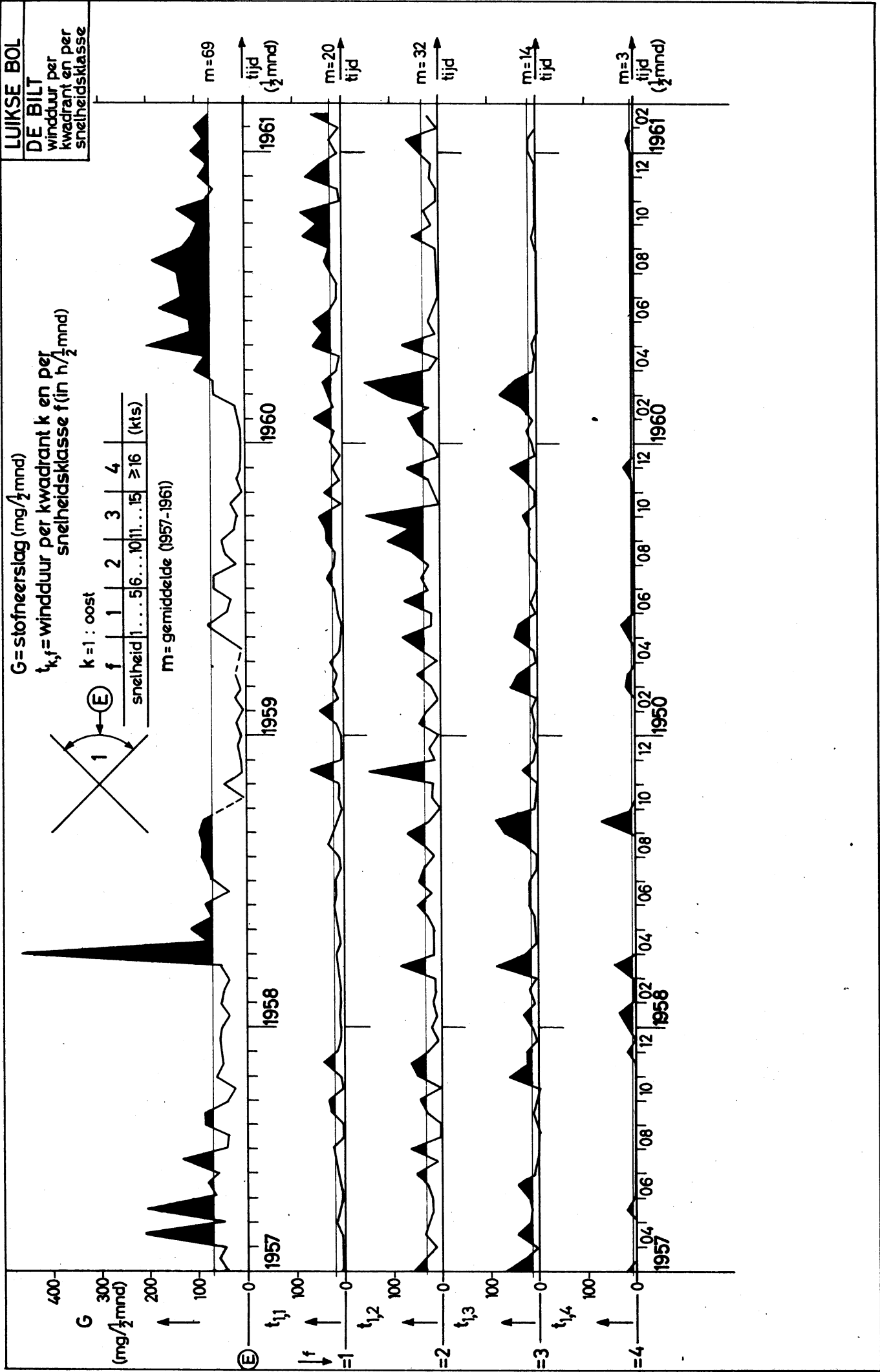


FIG 7-2

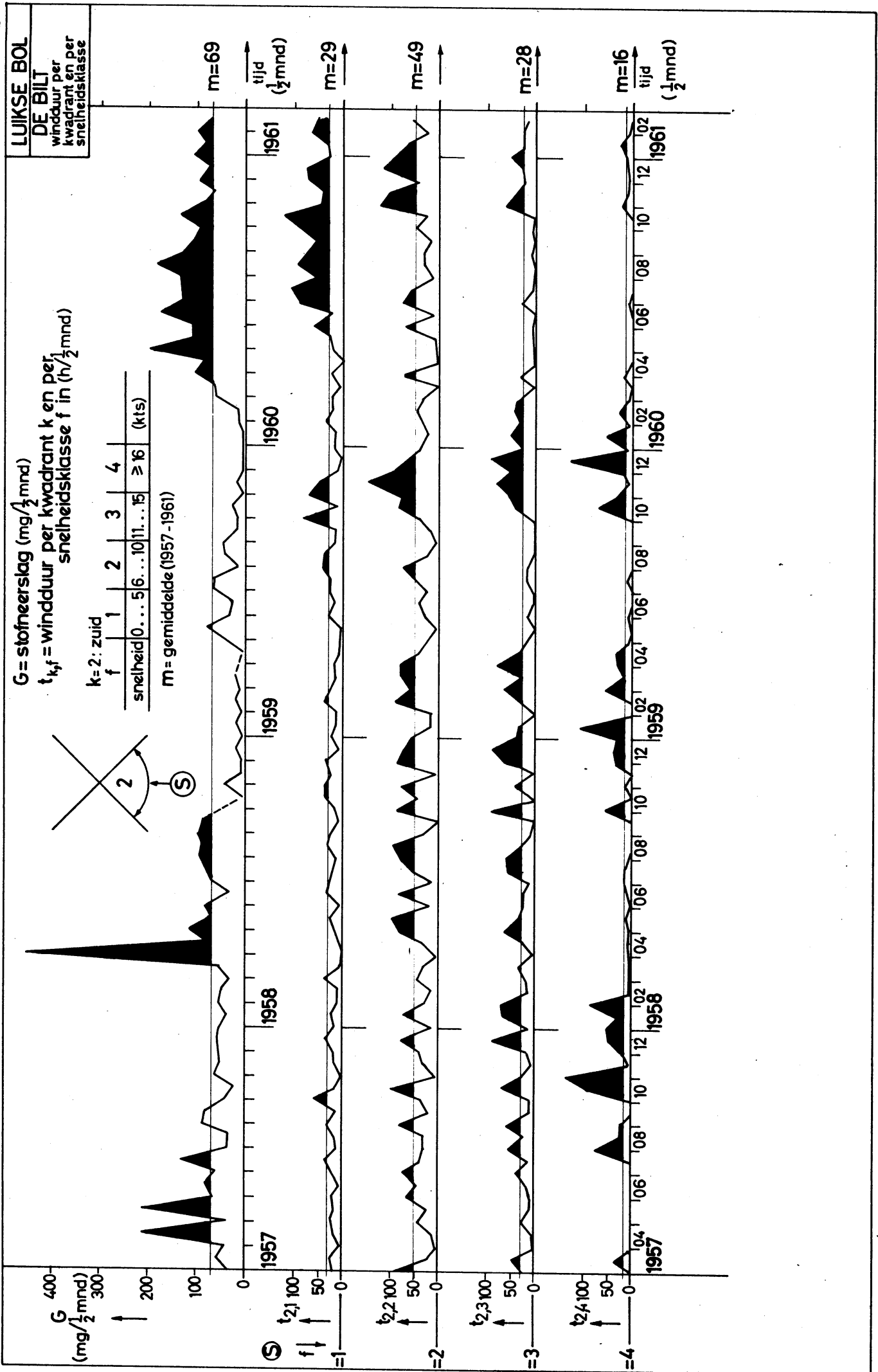
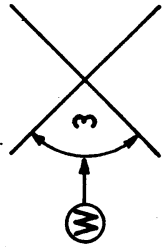


FIG 7-3

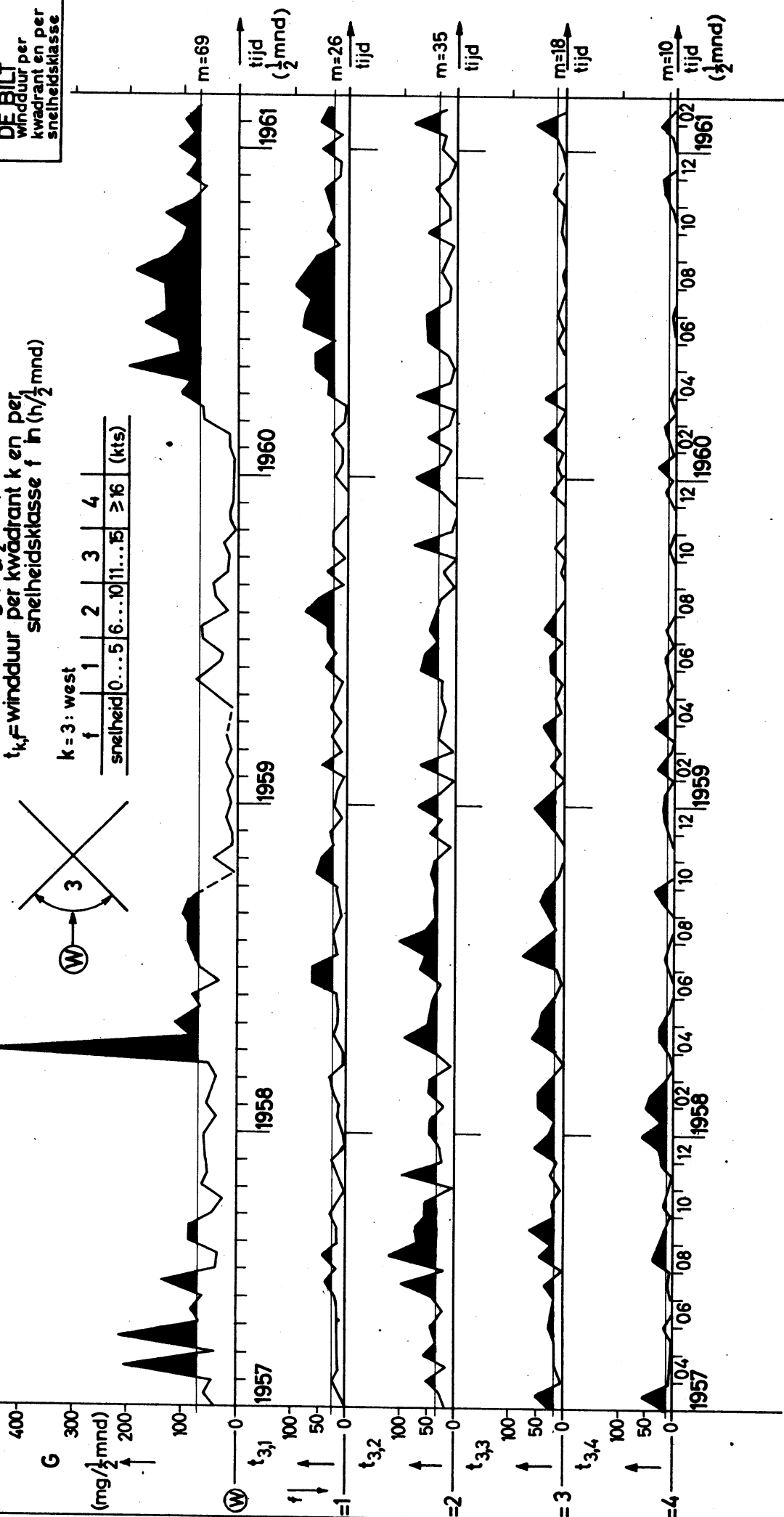
G = stofneerslag (mg/½ mnd)  
 $t_{k,f}$  = windduur per kwadrant k en per snelheidsklasse f in (h/½ mnd)

k = 3 : west

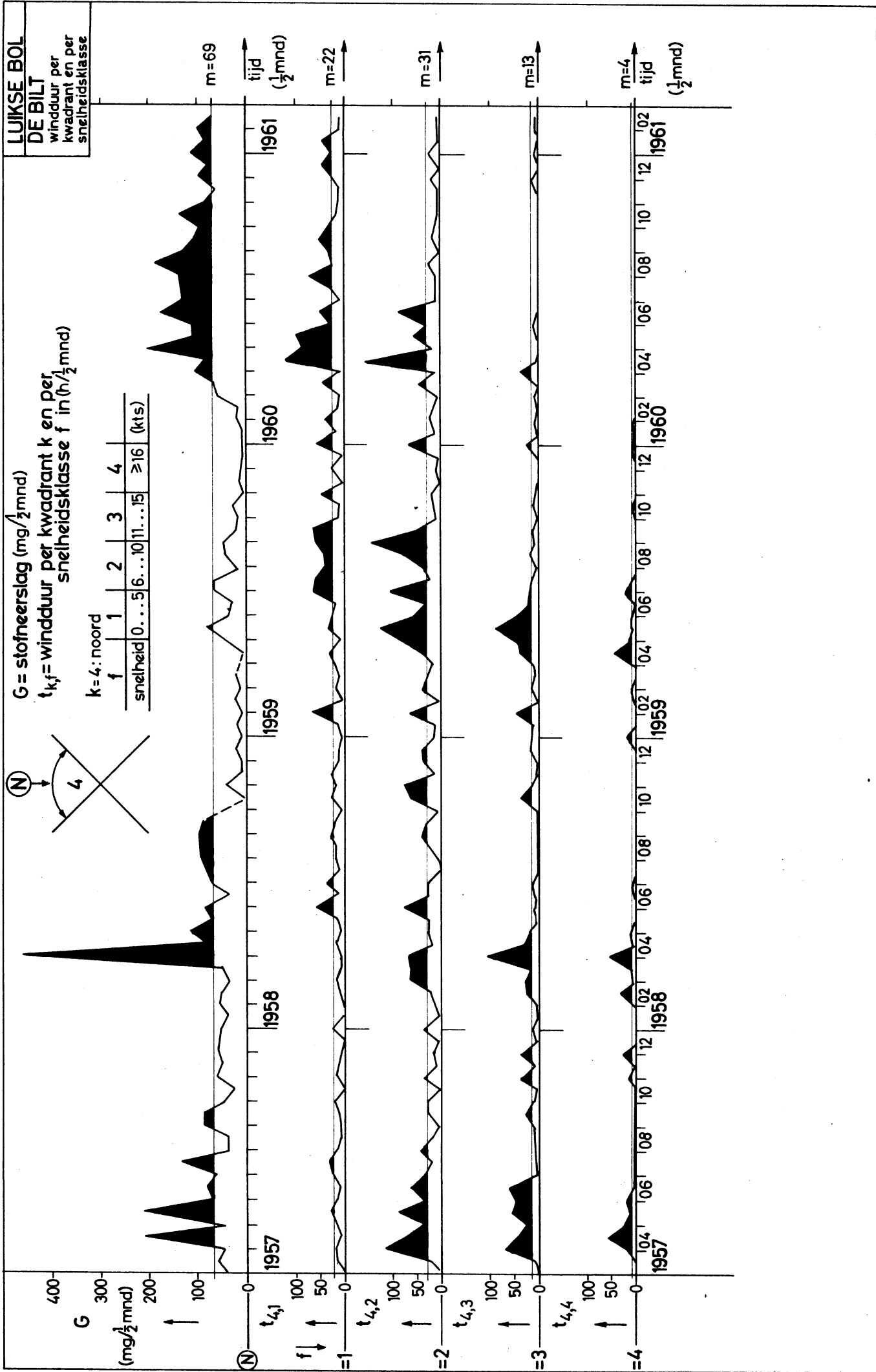


f	1	2	3	4
snelheid	0...5	6...10	11...15	≥ 16

LUIKSE BOL  
 DE BILT  
 winduur per kwadrant en per snelheidsklasse



# FIG. 7-4



**FIG. 8**

G = stofneerslag (mg/½ mnd)

t<sub>f</sub> = windduur per snelheidsklasse f afgezien van windrichting in (h/½ mnd)

f	1	2	3	4
snelheid	0...5	6...10	11...15	≥16 (kts)

LIJKSE BOL  
DE BILT  
windduur per  
snelheidsklasse

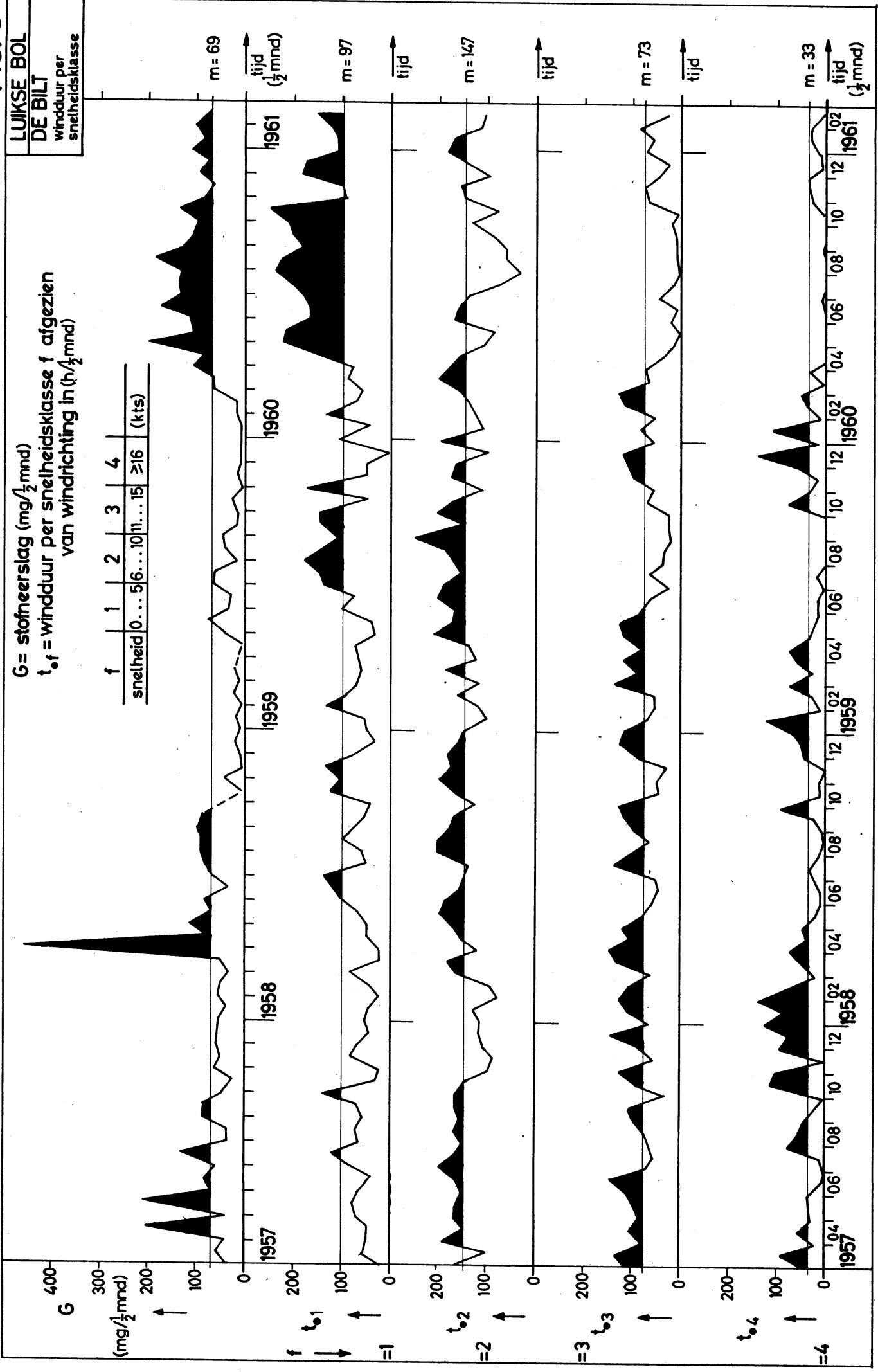


FIG 9-1

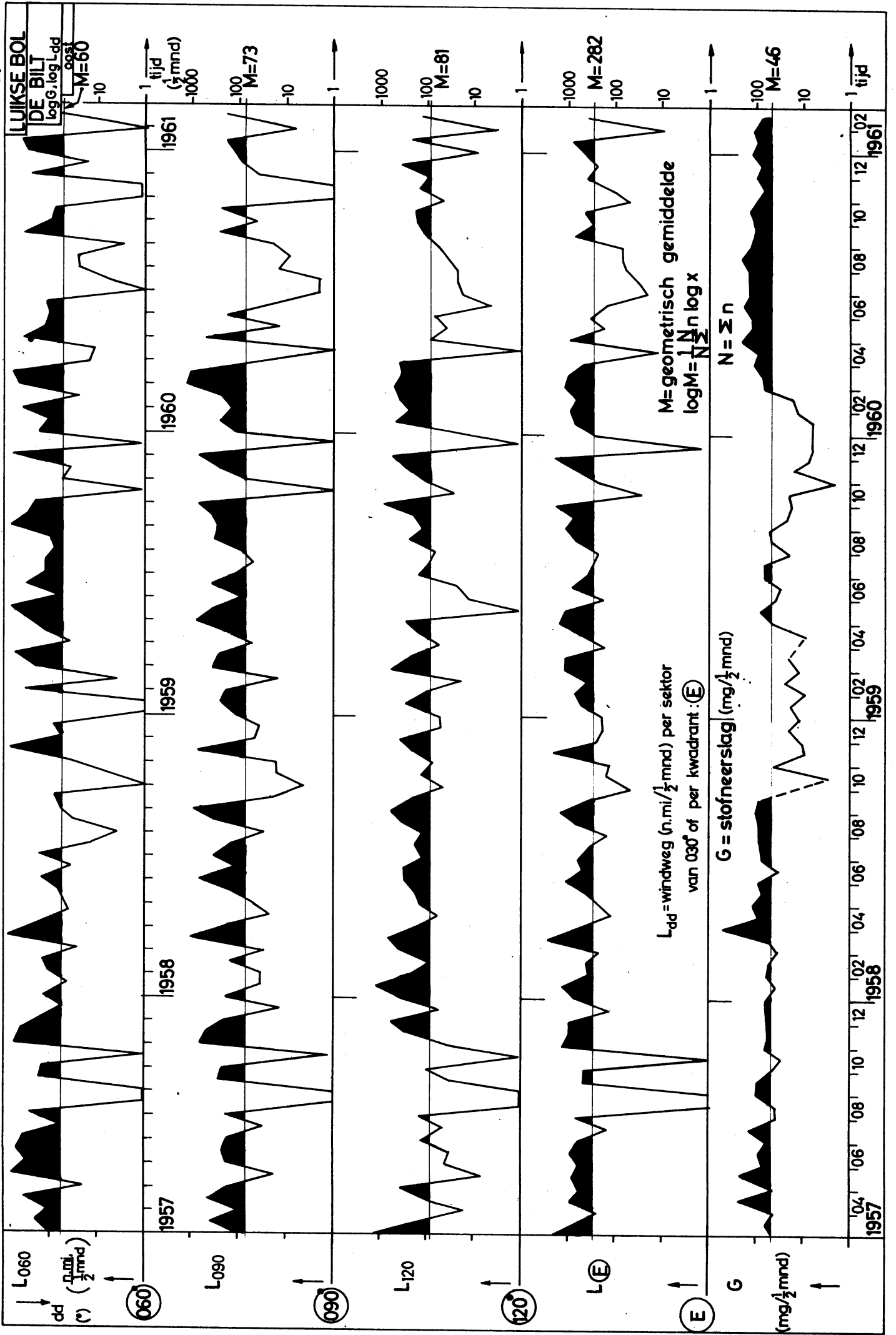


FIG. 9-2

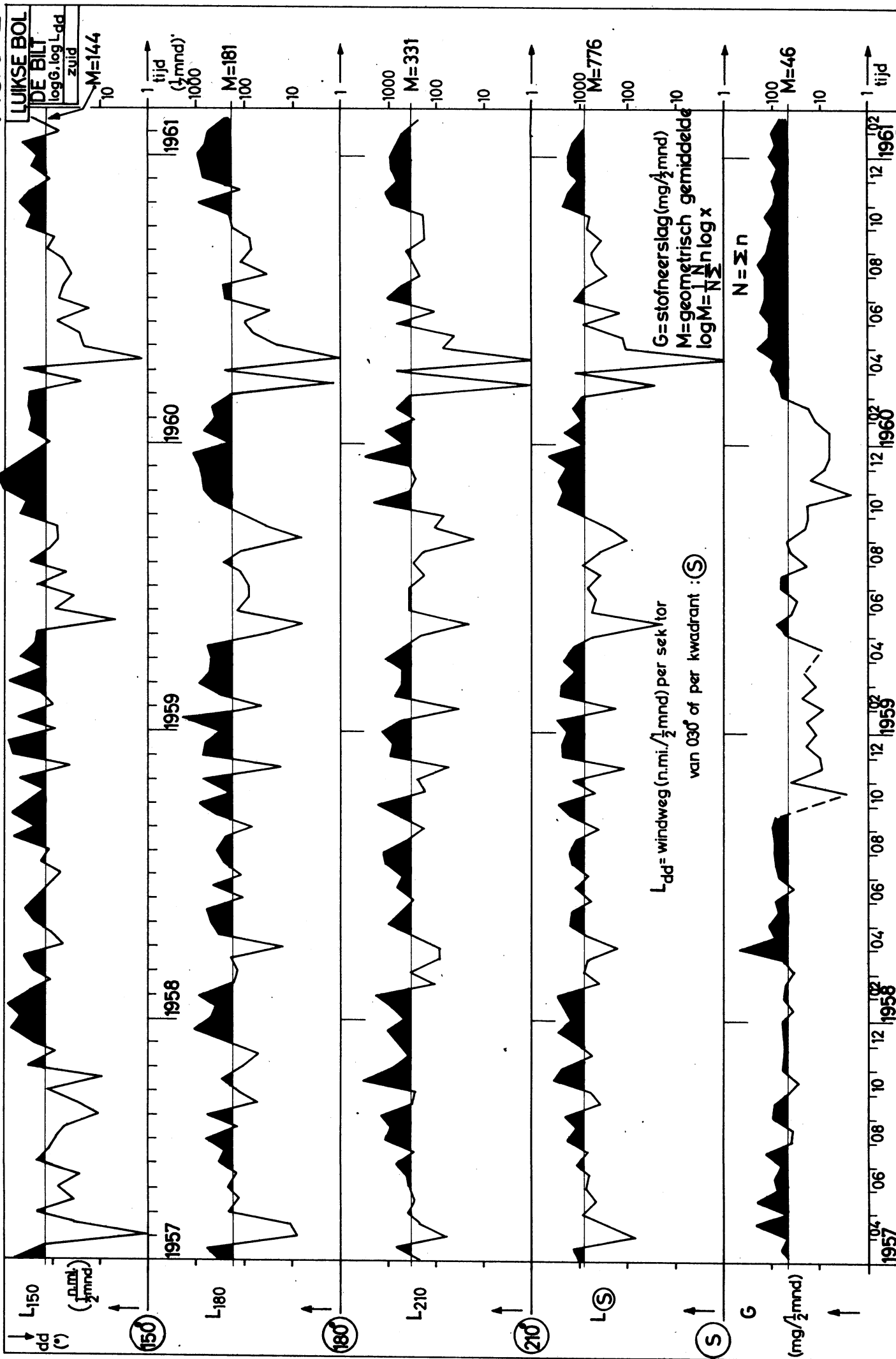


FIG. 9-3

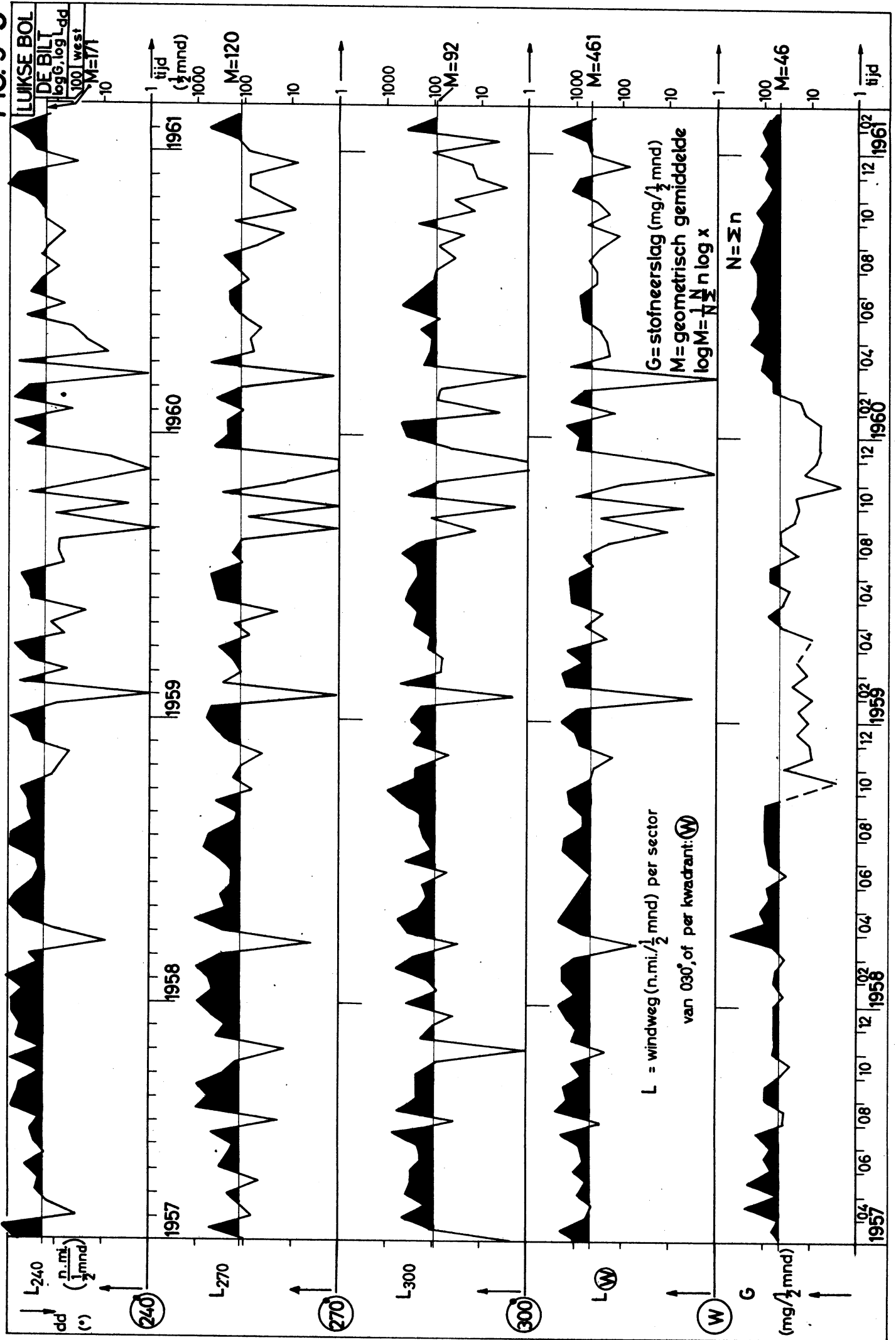




FIG. 9-4

