

KONINKLIJK NEDERLANDS  
METEOROLOGISCH INSTITUUT

D e B i l t

WETENSCHAPPELIJK RAPPORT

W.R. 75-4

H. van Dop, A.P. van Ulden  
en W.R. Raaff

Een onderzoek naar periodes waarin  
meteorologisch gezien ernstige  
luchtverontreiniging kan optreden.

De Bilt, 1975

Publikationsnummer: K.N.M.I. W.R. 75-4 (M.O.)

U.D.C.: 551.510.42

## ABSTRACT

In order to make an estimation of the frequency of the periods in which the air in the Rijnmond-area may be seriously polluted an air pollution index has been developed. This so-called AVA-index (AVA is an abbreviation of air pollution potential), ranging from 0-100, is a measure for the dispersion of air pollution originating from many sources at various heights in an industrialized, highly populated region. By means of giving each day an index value it has been tried to characterize the dispersion with a daily value. The connecting link between the AVA-index - which is based on meteorological considerations only - on the one hand and the concentrations of air pollution together with the nuisance it causes on the other, cannot be very well defined, as no study has been made of the nature and strength of the emissions and the location of possible sources with respect to the population centres.

Though in general a high index value corresponds to a clear or slightly cloudy sky, the possible formation of photochemical smog is left out of consideration.

It is assumed that when the index exceeds the value 50, the risk of serious air pollution increases, an assumption which is also confirmed by the index values of the smog period of September/October 1971.

A climatology was determined after a critical examination and reevaluation of the meteorological data collected at Zestienhoven (Rotterdam Airport) and from the soundings at De Bilt.

It appears that in autumn and winter the probability of the index exceeding the value 50 is significantly higher (24 %) than in spring and summer (9 %). The average annual index value is approximately 33. It was furthermore observed that index values higher than 50 often occur for some days in succession, especially in winter and autumn. Fig. 4 and table IVa give an indication of the frequency of episodes with values higher than 50. Remarkable during these episodes was the correlation between high values of the AVA-index and the circulation type: 67 % of the days correspond to only 5 out of the 28 circulation types, whereas irrespective of the index value only 18 % of the days fall under these 5 types.

## INHOUD

1. Inleiding	pag.	1
2. Meteorologische factoren		2
3. Resultaten		3
4. Discussie		7
Litteratuur		9
Tabellen		
Figuren		

## 1. Inleiding

In industriële en stedelijke gebieden worden per dag grote hoeveelheden afval geloosd. Voor een deel komen deze stoffen in de atmosfeer terecht, waaruit ze onder meer door depositie aan het aardoppervlak kunnen verdwijnen. In de atmosfeer worden deze stoffen door horizontale en verticale luchtbewegingen verspreid. Bij geringe verspreiding kunnen hoge concentraties van verontreinigende stoffen voorkomen. Als op het leefniveau hoge concentraties optreden, kan dit aanleiding geven tot overlast [1] (stankklachten, irritatie van de ogen en slijmvliezen, aantasting van de gezondheid etc.). In dit verband spreekt men van een sterke accumulatie van verontreinigende stoffen. De meteorologische omstandigheden spelen hierbij een belangrijke rol. De relatie tussen luchtverontreiniging en atmosferische omstandigheden kan worden onderzocht door weersituaties op grote schaal te beschouwen [2,3,4], of door uit te gaan van lokale meteorologische factoren [5,6,7]. Deze laatste methode brengt met zich dat men in het algemeen meteorologische waarnemingen moet extrapoleren naar die regio, waarin men is geïnteresseerd.

De index voor luchtverontreiniging, die in dit rapport wordt beschreven, is gebaseerd op meteorologische overwegingen waarbij getracht is zoveel mogelijk rekening te houden met de lokale meteorologische omstandigheden. In verband met de klimatologische verwachting wordt ook aandacht besteed aan de relatie met de weersituatie op grote schaal (circulatietype) en de bovengenoemde index.

## 2. Meteorologische factoren

Voor de mate waarin afvalstoffen in de atmosfeer in een gebied, waar vele hoge en lage bronnen aanwezig zijn, kunnen accumuleren, zijn meteorologisch gezien van belang:

- a. de windsnelheid;
- b. de verticale temperatuuropbouw van de atmosfeer.

- a. De windsnelheid bepaalt in de eerste plaats het transport in een gebied waar afvalstoffen in de atmosfeer worden geloosd. Als er van een zekere excentriciteit sprake is van het bronengebied ten opzichte van het leefgebied, speelt de windrichting (voornamelijk voor de daadwerkelijk opgetreden overlast) ook een rol.

Voor een schatting van de windsnelheid in het Rijnmondgebied wordt gebruikgemaakt van meteorologische waarnemingen van het vliegveld Zestienhoven. Uit uurlijkse metingen van de windsnelheid kan de over een dag<sup>\*)</sup> gemiddelde windsnelheid ( $\bar{u}$ ) worden bepaald.

- b. De verticale verspreiding van verontreinigende stoffen hangt nauw samen met de verticale temperatuuropbouw van de atmosfeer. In een atmosfeer in neutraal evenwicht daalt de temperatuur met ongeveer  $1^{\circ}$  C per 100 meter. Bij een sterkere daling is de atmosfeer onstabiel van opbouw en zullen verticale luchtbewegingen worden bevorderd. Bij een minder sterke daling is de atmosfeer stabiel van opbouw met als gevolg een geringe verticale verspreiding. De verticale temperatuuropbouw is afhankelijk van het tijdstip van de dag alsmede van het seizoen.

's-Nachts zal ten gevolge van afkoeling van het aardoppervlak de temperatuur in de aangrenzende luchtlaag dalen. Op deze wijze kan een zeer stabiele situatie ontstaan, waarin de temperatuur toeneemt met de hoogte (stralingsinversie). De verontreinigende stoffen, die worden geloosd, zullen dan slechts in geringe mate worden verspreid, zodat hoge

---

\*) De dag is gedefinieerd als de tijd (afgerond op hele uren), die verloopt tussen de twee tijdstippen waarop in- en uitstraling gemiddeld met elkaar in evenwicht zijn. Deze tijdstippen vallen ongeveer 1 uur na zonsopkomst en 1 uur voor zonsondergang.

concentraties kunnen optreden. In deze omstandigheden zal de emissie van hoge schoorstenen in het algemeen een geringe bijdrage leveren tot de concentratie op grondniveau, die echter wel hoog kan zijn ten gevolge van de emissie van lage bronnen. Karakteristiek voor een stralingsinversie is de hoogte en het temperatuurverschil over de inversie. De bepaling van deze laatste grootte, die bij de evaluatie van de index wordt gebruikt, stuit op technische problemen. In een goede benadering wordt hiervoor gebruikt het verschil tussen de temperatuur op 500 meter hoogte (bepaald uit de radiosondeopstijging te De Bilt om nul uur GMT) en de minimale temperatuur in Zestienhoven tussen nul en zes uur 's-ochtends.

Het potentiële temperatuurverschil - een in de meteorologie gebruikelijke grootte, die o.a. in [9] is gedefinieerd - wordt verkregen door hier  $5^{\circ}$  bij op te tellen. De verkregen waarde zal in het vervolg kortweg als inversiesterkte ( $\Delta\theta$ ) worden aangeduid.

Na zonsopkomst zal door de instraling de inversie geleidelijk worden afgebroken. De verontreiniging wordt in een steeds dikker wordende laag, de menglaag, gemengd. Bij het afbreken van de inversie kunnen zeer hoge concentraties voorkomen. Enerzijds kunnen deze ontstaan als de inversie boven een schoorsteen nog aanwezig is en verspreiding naar hogere luchtlagen verhindert; anderzijds kan ook het invangen in de menglaag van sterk vervuilde lucht tot hogere concentraties aanleiding geven. In deze omstandigheden kunnen hoge bronnen een aanzienlijke bijdrage leveren aan de concentraties op leefniveau. Op deze processen wordt in [9] uitvoerig ingegaan. In de loop van de dag zal door verdere temperatuurtoename van het aardoppervlak sterke verticale menging optreden en de atmosfeer steeds meer een neutrale tot onstabiele opbouw krijgen. Aangenomen wordt dat tot een zekere hoogte, de menghoogte [9], homogene menging plaatsvindt. De dagelijkse maximale menghoogte (L) is voor de Rijnmond berekend uit het temperatuurprofiel, dat om 12 uur 's-middags te De Bilt wordt bepaald, en de maximale temperatuur te Zestienhoven tussen 12 en 6 uur 's-middags, volgens een methode die door Holzworth is aangegeven [8].

Het zal duidelijk zijn dat meerdere factoren, zoals neerslag, frontpassages en bewolking ook een rol zullen spelen bij de verspreiding van luchtverontreiniging. Deze zullen bij de evaluatie van de index echter buiten beschouwing worden gelaten. Voor een meer gedetailleerde beschrijving moge wederom naar [9] worden verwezen.

Gebaseerd op gegevens uit de periode september-oktober 1971 [1,4] wordt ervan uitgegaan dat de gemiddelde windsnelheid ( $\bar{u}$ ), de maximale menghoogte (L) en de inversiesterkte ( $\Delta\theta$ ) de belangrijkste meteorologische factoren zijn bij de bepaling van een index voor de mate van verspreiding van luchtverontreiniging. Het produkt van maximale menghoogte en gemiddelde windsnelheid wordt aangeduid met de ventilatiefactor [7,9]. Een grootte die evenredig is met de mate van luchtverontreiniging is de inverse waarde hiervan, de stagnatiefactor  $(L \times \bar{u})^{-1}$ .

Voor de berekening van een index, die dagelijks de potentiële verontreiniging van de atmosfeer kan aangeven, wordt uitgegaan van een lineaire combinatie van de inversiesterkte en stagnatiefactor:

$$\text{AVA-index} = c_1 \Delta\theta + c_2 (L \bar{u})^{-1},$$

waarbij  $c_1 = 2,5^\circ \text{C}^{-1}$  en  $c_2 = 64000 \text{ m}^2/\text{s}$ .

Bij de bepaling van  $c_1$  en  $c_2$  is ervan uitgegaan dat onder normale omstandigheden de beide termen dezelfde grootte hebben. Een normale waarde voor  $\Delta\theta$  is  $\sim 4^\circ \text{C}$ , voor  $L \sim 1600 \text{ m}$  en voor  $\bar{u} \sim 4 \text{ m/s}$ . Zowel de eerste als de tweede term is dan gelijk aan 10, zodat de AVA-index dan gelijk is aan 20.

Verder zijn de volgende begrenzings gesteld:

- Als  $L \text{ (m)} < 600$  dan  $L = 600$ .

Bij deze maximale menghoogte gaat de verhouding tussen de emissies van hoge en lage bronnen een rol spelen. Bij lagere waarden van L is het mogelijk dat de bijdrage (op het leefniveau) van hoge bronnen afneemt. Dit leidt tot lagere concentraties dan op grond van de totale emissie kan worden verwacht. Door L op 600 m te begrenzen, wordt de AVA-index enigszins voor dit effect gecorrigeerd.

---

\*) AVA = Accumulerend Vermogen van de Atmosfeer.



- Als  $L \bar{u} \text{ (m}^2/\text{s)} < 1280$  dan  $L \bar{u} = 1280$ .

Hiermee wordt de tweede term van de index begrensd door de waarde 50, zodat het evenwicht tussen deze term en de eerste - die vrijwel nooit de waarde 50 overschrijdt - ook in extreme omstandigheden bewaard blijft.

- Als  $\bar{u} \text{ (m/s)} < 1$  dan  $\bar{u} = 1$ .

De onzekerheid bij het bepalen van de windsnelheid is ongeveer 1 m/s. Dit wordt hier als praktische begrenzing gehanteerd.

- Als  $\Delta\theta \text{ (}^\circ\text{C)} > 20$  dan  $\Delta\theta = 20$ .

Dit komt slechts zelden voor. Hiermee wordt het waardenbereik van de AVA-index maximaal 100.

### 3. Resultaten

De statistische bewerking strekte zich uit over de jaren 1960-1973. Voor nagenoeg iedere dag werd een AVA-index berekend. Hiertoe is het gegevensbestand geheel opnieuw bewerkt.

In tabel I is het gemiddeld jaarlijks verloop van de AVA-index gegeven (fig. 1). De waarden van september t/m februari steken duidelijk boven het gemiddelde uit. In tabel II (fig. 2) is voor iedere maand die waarde van de AVA-index gegeven waaronder 90 % van alle indices uit de maand vallen (de 90-percentiel-waarde). Ook hier treden de hogere waarden in het winterhalfjaar op. De voornaamste oorzaak hiervan is het jaarlijkse verloop in de menghoogte, die 's winters gemiddeld lager zal zijn dan in de zomer, ten gevolge van de zwakkere instraling.

In tabel III (fig. 3) is de cumulatieve frekwentieverdeling over deze periode gegeven. Uit de figuur blijkt, dat deze voor hogere waarden van de lognormale verdeling (in de figuur een rechte lijn) afwijkt. Dit is mede het gevolg van de kunstmatige begrenzing van de index. In  $\sim 16$  % van alle gevallen wordt de indexwaarde 50 overschreden. De mediaanwaarde is 29, het gemiddelde 33. Uit voorlopig onderzoek is gebleken dat de mate van luchtverontreiniging gemiddeld toeneemt bij hogere indexwaarden.

Een bepaalde grenswaarde waarboven wel en waaronder geen luchtverontreiniging optreedt kan echter niet worden aangegeven. Een 98- of 95-percentielwaarde is gezien de indexwaarden tijdens de smog-periode [1,4] te hoog. Mede op grond hiervan is de grenswaarde gesteld op 50, hetgeen overeenkomt met de 84-percentielwaarde.

Aangezien het om het voorkomen van langere periodes gaat, is in tabel IV een overzicht gegeven van het totale aantal episodes met een index boven de 50. In tabel IVb zijn de episodes vanaf 1960 t/m 1973, van drie dagen of langer, chronologisch gerangschikt.

In fig. 5 is de frekwentieverdeling uitgezet van de AVA-index tijdens de smog-periode in 1971 en vergeleken met de totale frekwentieverdeling in dat jaar.

De frekwentieverdeling van de smog-periode ligt significant hoger dan die van de hele periode. De mediaanwaarden bedragen respectievelijk 54 en 31. Meer dan de helft van het totaal aantal dagen uit de smog-periode heeft een indexwaarde boven de 50. Ook lagere indexwaarden komen voor, doch men dient dan wel op te merken dat de overlast tijdens deze periode niet altijd even ernstig was.

Een vergelijking tussen het verloop van de index en gemiddeld opgetreden  $SO_2$ -concentraties in de periode 1960-1974 is in fig. 6 gemaakt. Hiertoe zijn de gemiddelde waarden bepaald over de maanden oktober t/m maart van respectievelijk de AVA-index en de  $SO_2$ -concentraties (bepaald uit 11 meetpunten in het Rijnmondgebied). Tot en met 1967 is een zekere coherentie waarneembaar tussen de AVA-index en de  $SO_2$ -concentraties. In vroegere onderzoeken [3,11], die zich uitstrekten over de periode 1962-1967, werden al hoge correlaties gevonden tussen meteorologische factoren en  $SO_2$ -concentraties. Na 1967 wordt de correlatie echter zwakker [12], ten gevolge van de sterk veranderende emissies o.a. veroorzaakt door het op grote schaal overschakelen op aardgas, de aanvoer van zwavelarmere oliën (sluiting Suez-kanaal) en saneringsmaatregelen. De scherpe daling van de  $SO_2$ -concentraties na 1967 is dan ook voornamelijk een gevolg van de veranderde emissies. Hoewel de meteorologische omstandigheden ook hier de concentraties beïnvloeden, blijkt het verband minder duidelijk ten gevolge van de (onbekend) veranderende emissie [12].

#### 4. Discussie

Uit fig. 1 blijkt dat de AVA-index een jaarlijkse gang heeft, zodanig dat deze in herfst en winter  $\sim 20\%$  hoger is dan in lente en zomer. Fig. 2 laat zien dat ook de extreme waarden (90-percentiel) voornamelijk in het winterhalfjaar vallen. Met behulp van de gegevens uit tabel IV kan worden berekend hoe groot de kans is dat in een bepaalde maand een periode met een bepaalde lengte optreedt. Uit de statistische bewerking van deze gegevens blijkt dat er alleen tussen het zomer- en winterhalfjaar een significant verschil is. Verder valt het op dat dagen met een index  $\geq 50$  een zekere persistentie hebben. Dat wil zeggen, dat als de voorafgaande dag een index  $\geq 50$  heeft, de kans op het optreden van een dag met een index  $\geq 50$  (ongeveer 2x) groter is dan de kans op een dag met een index  $\geq 50$ , ongeacht wat de index de vorige dag is geweest. In fig. 4 is voor het zomer- en winterhalfjaar de frekwentie van episodes met een index  $\geq 50$  gegeven als functie van de episodelengte. Zo kan bijv. uit de figuur worden afgelezen dat in herfst en winter de kans op een zevendaagse periode tussen 0.06 en 0.20 ligt, wat neerkomt op gemiddeld één keer in de 5 à 16 jaar. Dit illustreert tevens de geringe betrouwbaarheid waarmee periodes van langere duur op klimatologische gronden voorspeld kunnen worden. Dit is echter niet verwonderlijk, gezien het geringe aantal jaren dat voor het onderzoek ter beschikking stond.

Ten slotte is onderzocht in hoeverre het weer in de periode 1960-1973 afwijkt van het gemiddelde weer in de periode 1881-1973, afgaande op de indeling naar circulatietype [10]. De verschillen zijn gering en voor dit onderzoek te verwaarlozen. De relatie tussen de AVA-index en het circulatietype blijkt duidelijk: dagen met een AVA-index  $\geq 50$  uit episodes van drie dagen of langer (tabel IVb) blijken voornamelijk bij bepaalde circulatietypes voor te komen. 67% van de dagen behoort slechts tot 5 van de 28 voorkomende circulatietypes, nl. HM, BM, SEA, SA en HFZ. Normaal bedraagt het aandeel van deze 5 types in het totaal 18%. Er is daarentegen een geringe voorkeur voor de weertypes WZ, WA, NWA, NWZ, WS en TM. Slechts 4% valt hieronder, tegen 36% normaal. Uitgaande van de circulatietypes is de relatie nog duidelijker:

51 % van de dagen uit tabel IV behoort tot het type HM, BM, SEA, SA en HFZ tegen slechts 1,2 % tot WZ, WA, NWA, NWZ, WS en TM.

Uit het bovenstaande mag duidelijk zijn, dat er een correlatie is tussen de AVA-index en het optreden van luchtverontreiniging. Op basis van meteorologische gegevens uit de periode 1960-1973 is gepoogd de frekwentie van vóórkomen van omstandigheden waar- bij ernstige luchtverontreiniging kan optreden aan te geven. De betrouwbaarheid hiervan neemt echter snel af als men extreme situaties beschouwt (langere episodes, zeer hoge indexwaarden). Met redelijke betrouwbaarheid mag men echter wel stellen dat periodes van drie dagen achtereen gemiddeld driemaal per jaar in het winterseizoen en bijna éénmaal per jaar in het zomerseizoen zullen voorkomen. Voor een periode van vier dagen is deze frekwentie respectievelijk tweemaal in de drie jaar en éénmaal in de zes jaar.

De auteurs zijn het hoofd van de Afdeling Buitenlucht van het Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek van het TNO, Ir. L.J. Brassier, erkentelijk voor het verstrekken van diverse meetgegevens.

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van Volksgezondheid om de frekwentie te bepalen van weersomstan- digheden waaronder in de Rijnmond sterk verhoogd gevaar voor ernstige luchtverontreiniging kan bestaan.

LITTERATUUR

1. Rapport inzake de luchtverontreinigingsepisode van 16 september tot en met 7 oktober 1971.  
Openbaar Lichaam Rijnmond (juli 1972).
2. Holzworth, G.C., Large Scale weather influences on community air pollution potential in the U.S.  
J. of Air Poll. Contr. Ass. 19 (1969), 248-254.
3. Velds, C.A., Relation between SO<sub>2</sub> concentration and circulation type in Rotterdam and surroundings.  
WMO Technical Note Nr. 108, Urban Climates, Genève (1970), 280.
4. Meteorologische aspecten van de periode met een verhoogte mate van luchtverontreiniging (15 september-4 oktober 1971), KNMI, De Bilt (1971).
5. Holzworth, G.C., Mixing heights, wind speeds and potential for urban air pollution through the contiguous United States.  
U.S. Environmental Protection Agency, No. AP 101 (1972).
6. Smith, F.B. and Jeffrey, G.H., The prediction of high concentration of sulphur dioxide in London and Manchester Air.  
Lecture in the UTSI-VKI Lecture series on atmospheric turbulence and diffusion and their effects on pollution.  
Von Karman Institute, Rhode-Saint Genese, België (1973).
7. Fett, W. Ein Index für das stagnieren der bodennahen Luft.  
Beilage zur Berliner Wetterkarte des Instituts für Meteorologie, Freie Universität Berlin, Berlin (1974).
8. Holzworth, G.C. Mixing depths, wind speed and air pollution potential for selected locations in the U.S.A.  
J. Appl. Met. 6 (1967), 1039.
9. Luchtverontreiniging en Weer, hoofdstuk 4 (1974).  
KNMI, Staatsuitgeverij Den Haag
10. Hess, P. u. Brezowsky, H. Katalog der Groszwetterlagen Europas.  
Berichte des Deutschen Wetterdienstes No. 113, Offenbach (1969).

11. Schmidt, F.H. and Velds, C.A.,  
On the relation between changing meteorological circumstances and the decrease of the sulphur dioxide concentration around Rotterdam.  
Atm. Environ., 3 (1969), 455-460.
12. van Dop, H., Schmidt, F.H. and Velds, C.A.,  
The decrease of sulphur dioxide concentrations near Rotterdam and their relation to some meteorological parameters during thirteen consecutive winters (1961-1974).  
Publikatie in voorbereiding.

TABEL I

Het maandelijkse gemiddelde van de AVA-index

maand	AVA-index	standaard-deviatie	standaard-fout	aantal dagen waarover het gemiddelde is bepaald
januari	37.9	16.9	0.8	428
februari	34.1	17.2	0.9	393
maart	30.8	17.2	0.8	430
april	28.3	15.3	0.8	414
mei	28.9	13.9	0.7	422
juni	29.1	13.1	0.6	415
juli	28.7	13.2	0.6	430
augustus	29.9	13.9	0.7	427
september	35.4	17.8	0.9	414
oktober	38.0	19.7	0.9	433
november	35.2	18.1	0.9	414
december	38.3	18.7	0.9	426

TABEL II

De 90 percentiel-waarde van de AVA-index per maand

maand	90 percentiel
januari	62
februari	58
maart	56
april	49
mei	47
juni	45
juli	45
augustus	49
september	63
oktober	68
november	62
december	65

TABEL III

Cumulative frekwentieverdeling van de AVA-index  
over de periode 1960-1973

percentage beneden aangegeven waarde	waarde AVA-index
0	5
1.59	10
9.02	15
23.04	20
37.65	25
51.79	30
62.27	35
71.37	40
78.38	45
83.38	50
87.04	55
90.89	60
94.02	65
96.22	70
97.74	75
98.65	80
99.37	85
99.70	90
99.88	95
100	100



TABEL IVa

Aantal episodes uit de periode 1960-1973 gerangschikt  
naar maand, en lengte, met een index  $\geq 50$ .

maand	episodelengte (dagen)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12
januari	34	11	10		2		3			
februari	30	11	2	2						1
maart	20	5	5		1					
april	23	4	3							
mei	23	3	3							
juni	19	4								
juli	27	5								
augustus	20	6	1	1						
september	30	16	3	1		2		1		
oktober	27	10	9	5		3	1			
november	27	9	10	5						
december	40	11		4	3		1		1	

TABEL IVb

Episodes van 3 of meer dagen met een AVA-index  $\geq 50$   
uit de periode 1960-1973

datum	index	datum	index	datum	index	datum	index
16 5 '60	69	17 9	63	8 10	50	3 3	87
17 5	63	18 9	52	9 10	80	4 3	78
18 5	50	19 9	53	10 10	80	14 9	81
6 11	61	20 9	55	13 10	54	15 9	58
7 11	60	21 9	60	14 10	59	16 9	64
8 11	70	22 9	52	15 10	59	24 10	56
15 12	57	23 9	68	25 11	69	25 10	53
16 12	55	24 9	79	26 11	61	26 10	76
17 12	58	2 10	67	27 11	60	27 10	63
18 12	67	3 10	100	28 11	56	28 10	85
16 1 '61	55	4 10	65	1 12	66	29 10	65
17 1	53	5 11	63	2 12	61	3 11	74
18 1	57	6 11	57	3 12	96	4 11	51
19 1	54	7 11	74	4 12	100	5 11	50
20 1	50	16 11	69	5 12	100	6 11	70
15 2	80	17 11	58	6 12	100	27 11	73
16 2	79	18 11	61	7 12	72	28 11	71
17 2	90	19 11	55	3 2 '63	58	29 11	64
18 2	65	21 11	55	4 2	55	30 11	53
5 3	62	22 11	94	5 2	78	15 12	67
6 3	90	23 11	61	21 2	59	16 12	76
7 3	66	18 12	55	22 2	84	17 12	73
8 3	74	19 12	73	23 2	85	18 12	65
9 3	84	20 12	72	24 2	86	19 12	59
30 8	64	21 12	60	25 2	83	20 12	74
31 8	70	22 12	59	26 2	58	21 12	68
1 9	64	24 4 '62	66	27 2	65	22 12	65
2 9	80	25 4	57	28 2	51	23 12	52
3 9	79	26 4	69	1 3	57	24 12	69
4 9	61			2 3	78		

TABEL IVb

datum	index	datum	index	datum	index	datum	index
2 1 '64	55	28 3 '65	50	12 2	52	13 12	71
3 1	60	29 3	88	13 2	57	14 12	72
4 1	82	30 3	62	14 2	62	27 12	62
18 1	85	2 4	92	15 1 '67	61	28 12	54
19 1	79	3 4	64	6 1	67	29 12	68
20 1	67	4 4	54	7 1	50	30 12	61
21 1	70	12 5	74	15 1	60	31 12	50
22 1	75	13 5	77	16 1	67	23 1 '69	57
23 1	52	14 5	54	17 1	51	24 1	58
24 1	59	21 9	60	17 11	51	25 1	52
16 5	57	22 9	68	18 11	82	5 3	50
17 5	60	23 9	60	19 11	70	6 3	55
18 5	74	4 10	52	20 1 '68	61	7 3	59
24 9	51	5 10	61	21 1	79	4 10	54
25 9	75	6 10	82	22 1	71	5 10	52
26 9	75	7 10	88	28 3	65	6 10	69
19 10	65	13 10	79	29 3	62	9 10	76
20 10	79	14 10	82	30 3	54	10 10	91
21 10	64	15 10	50	21 4	84	11 10	60
29 10	56	21 10	55	22 4	84	16 10	52
30 10	59	22 10	60	23 4	54	17 10	77
31 10	63	23 10	80	20 10	51	18 10	68
1 11	58	24 10	62	21 10	68	19 10	91
5 11	54	25 10	73	22 10	72	20 10	87
6 11	56	26 10	89	18 11	59	21 10	71
7 11	54	6 1 '66	55	19 11	59	22 10	74
9 11	65	7 1	73	20 11	59	8 12	51
10 11	83	8 1	66	27 11	71	9 12	67
11 11	50	14 1	63	28 11	65	10 12	69
23 12	56	15 1	55	29 11	93	11 12	78
24 12	54	16 1	61	11 12	68	12 12	70
25 12	61	17 1	60	12 12	98		
26 12	62	18 1	63				

TABEL IVb

datum	index	datum	index	datum	index
3 1 '70	64	9 1	52	1 1 '73	64
4 1	62	10 1	84	2 1	53
5 1	76	11 1	52	3 1	54
15 1	71	12 1	62	4 1	59
16 1	73	13 1	60	1 2	65
17 1	61	14 1	68	2 2	73
24 1	52	15 1	50	3 2	64
25 1	52	19 9	62	4 2	71
26 1	60	20 9	69	27 8	60
27 8	59	21 9	75	28 8	54
28 8	61	22 9	66	29 8	54
29 8	53	27 10	51	4 10	59
30 8	52	28 10	53	5 10	73
24 9	76	29 10	61	6 10	82
25 9	67	30 10	69	7 10	50
26 9	59	16 3 '72	82	26 10	50
27 9	66	17 3	58	27 10	50
28 9	56	18 3	80	28 10	53
29 9	59	20 3	70	2 11	71
8 10	58	21 3	71	3 11	55
9 10	60	22 3	83	4 11	50
10 10	56	6 10	55	21 11	66
11 10	54	7 10	71	22 11	66
12 10	83	8 10	88	23 11	50
13 10	75	9 10	71		
25 11	52	16 12	53		
26 11	66	17 12	81		
27 11	57	18 12	83		
28 11	61	19 12	55		
2 1 '71	54	29 12	85		
3 1	61	30 12	67		
4 1	63	31 12	80		

### Figuuronderschriften

1. Het jaarlijks verloop van de AVA-index, weergegeven door per maand gemiddelde waarden. Het gearceerde gebied geeft de 95% betrouwbaarheidsgrens van het gemiddelde weer.
2. De - per maand opgetreden - 90-percentielwaarde van de AVA-index.
3. Cumulatieve frekwentieverdeling van de AVA-index over de periode 1960-1973. De ordinaat heeft een logaritmische schaal, de abcis heeft een zgn. normale verdeling.
4. De frekwentie van episodes met een index  $\geq 50$  in twee halfjaarlijkse seizoenen als functie van hun lengte. Het gearceerde gebied geeft een globale schatting van de 95% betrouwbaarheidsgrens van de aangegeven waarde.
5. De cumulatieve frekwentieverdeling van de AVA-index in 1971
  - a. van het gehele jaar.
  - b. tijdens de smog-periode.
6. De gemiddelde waarde van de AVA-index en de  $\text{SO}_2$ -concentraties over de maanden oktober t/m maart, uitgedrukt in procenten van de waarde in 1961/62. De gemiddelde  $\text{SO}_2$ -concentratie was toen  $247 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en de AVA-index 33.

Fig.1

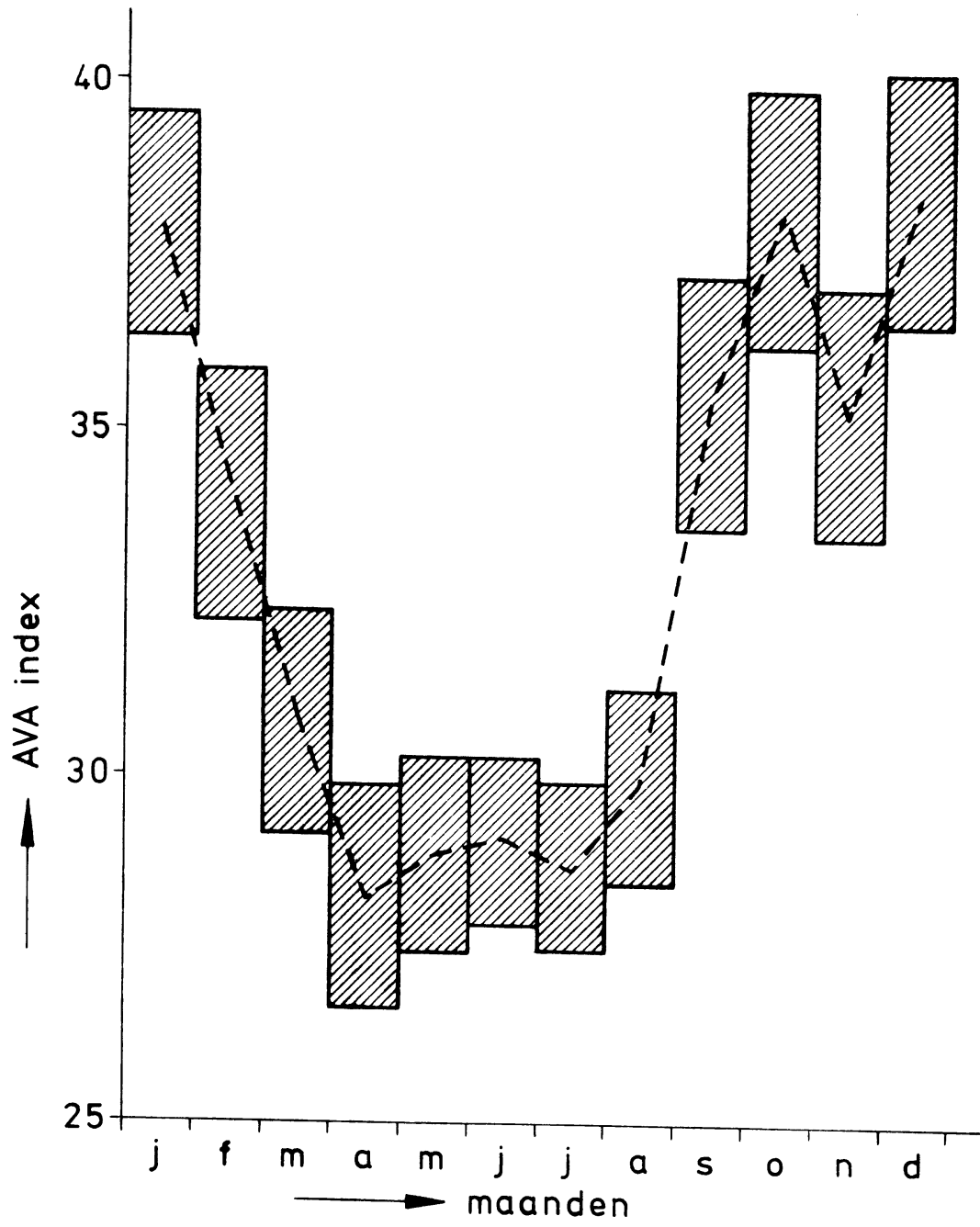
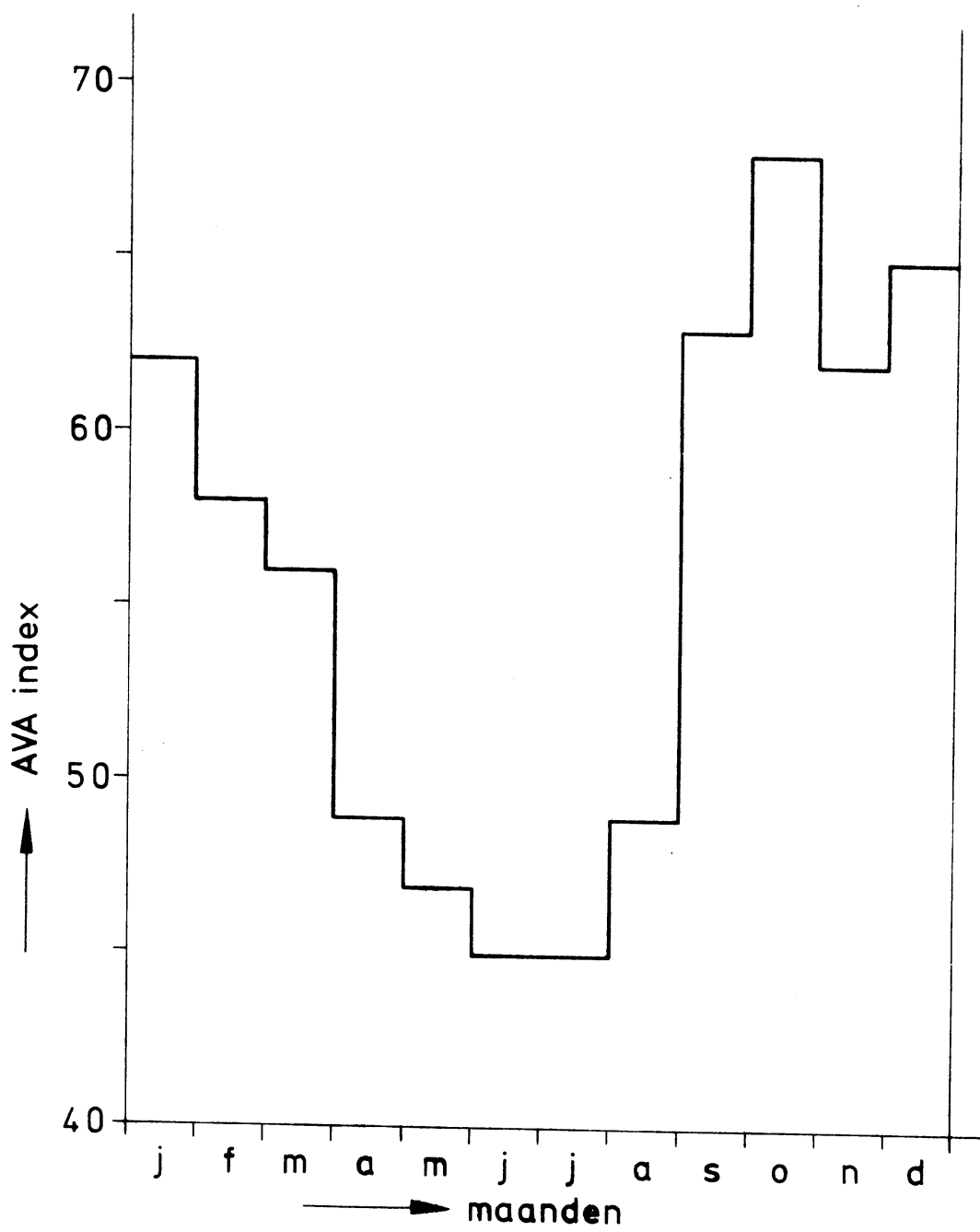
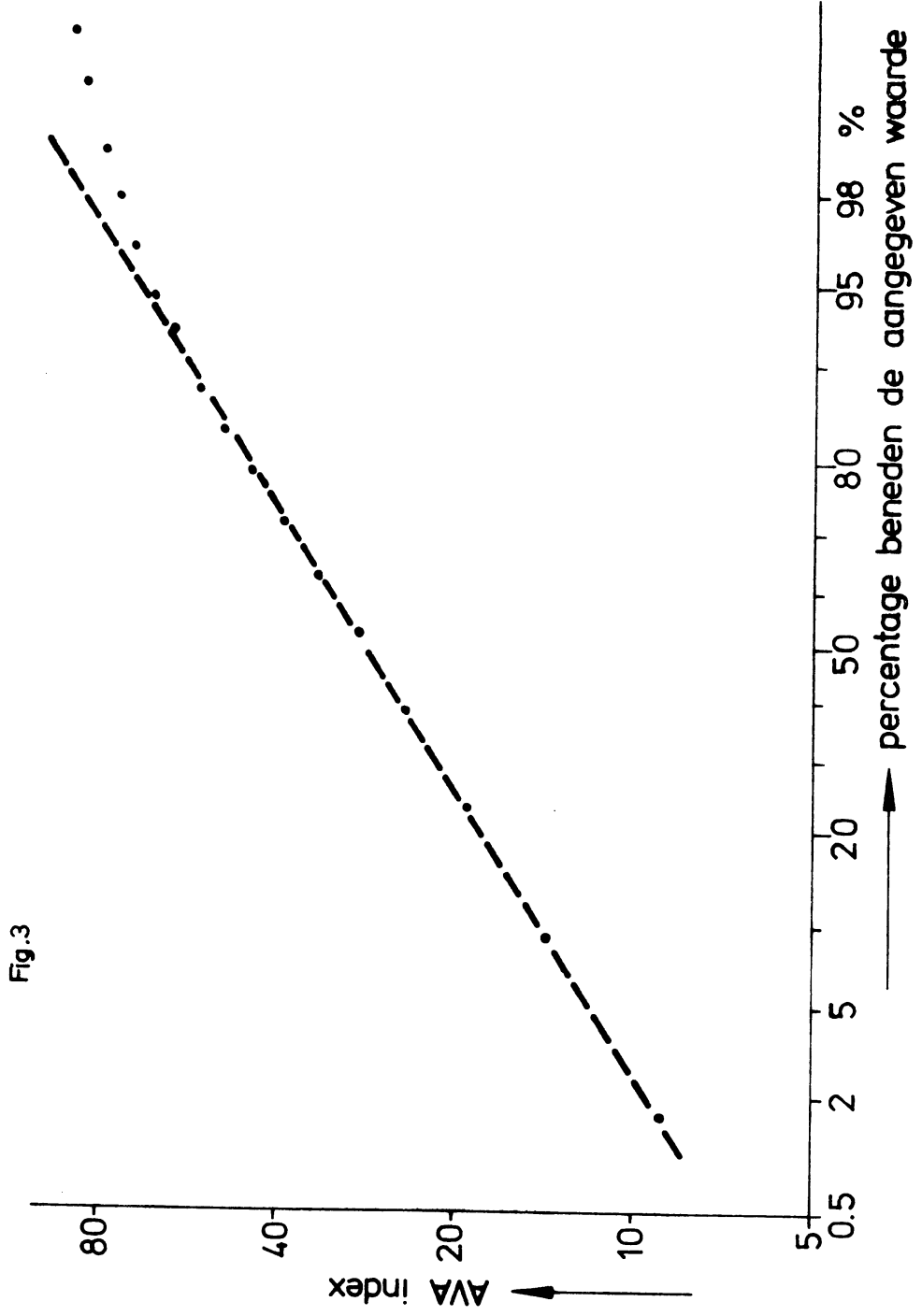


Fig. 2







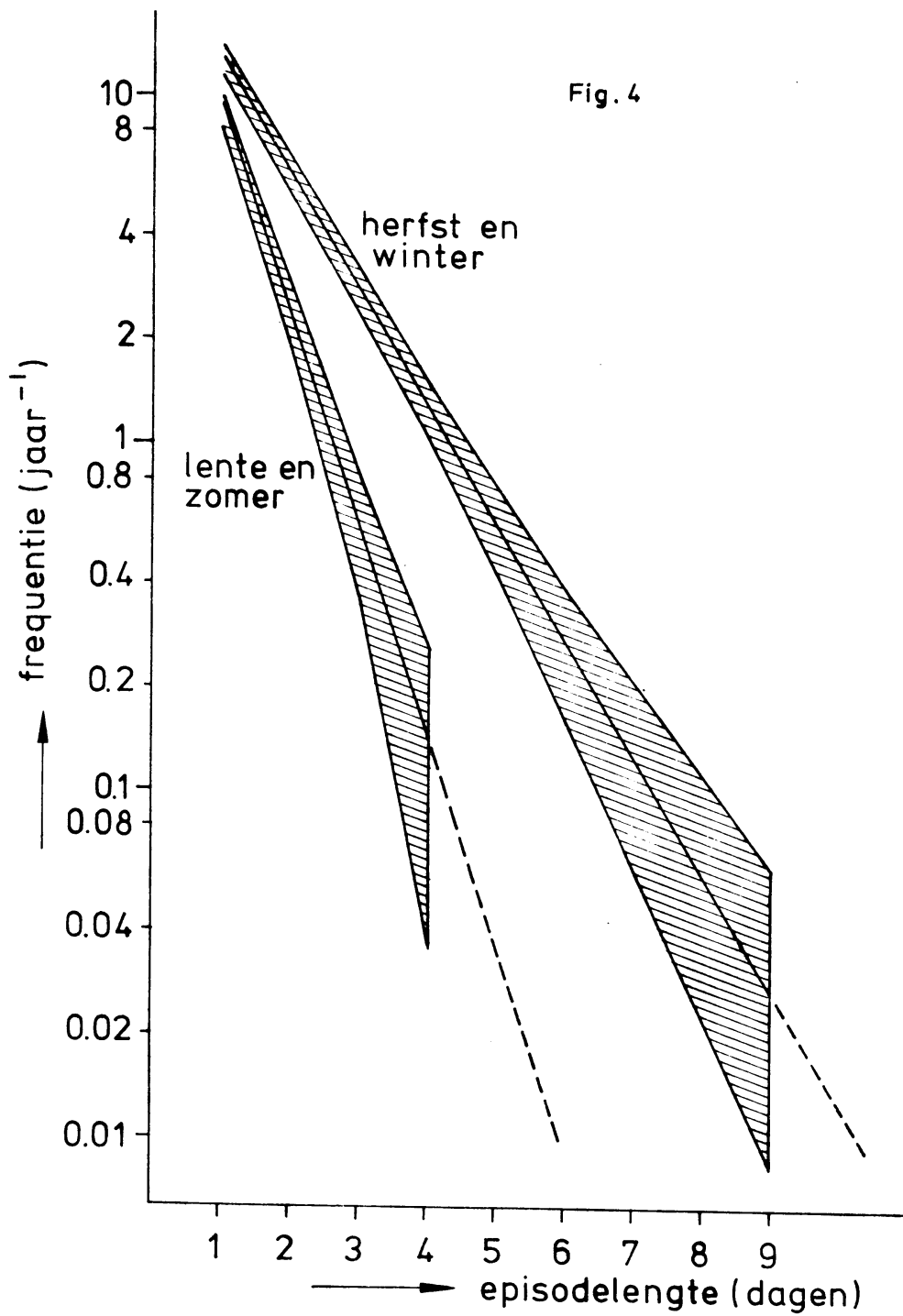


Fig. 5

