

27 juni 1962

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Verslagen V-107
(RIII-271-1962)

Eerste aanwijzingen omtrent kunstmatige versluieringen,
verkregen uit metingen van de totale straling op het
horizontale vlak op 7 posten in en rondom Rotterdam,
bij wolkenloze hemel en nagenoeg wolkenloze hemel van
november 1959 tot en met juli 1960.

door

551.510.42

H.P. Berlage

0. Het materiaal.

In het kader van het onderzoek naar de industriële luchtverontreiniging in het gebied van de Nieuwe Waterweg werden in het najaar 1959 zeven meetposten in en om Rotterdam ingericht, waar de totale straling van zon en hemel, op een horizontaal vlak ontvangen, wordt geregistreerd met behulp van solarimeters volgens Moll-Gorczynski van de firma Kipp en Zoonen te Delft.

Deze meetposten werden onderhouden

1. te Naaldwijk op het terrein van het Proefstation voor de Groente en Fruitteelt onder Glas (N), op de meteorologische hut, 2.50 m boven de grond;
2. te Maasland op het landbouwbedrijf van de heer Buitelaar (M), op het dak van een schuurtje, 3 m boven de grond;
3. op het Vliegveld Zestienhoven bij de Meteorologische Dienst van het K.N.M.I. (Z), op het dak van het kantoorgebouw, 4.50 m boven de grond;
4. bij de sluis van het Kralingse Verlaat (K), op een lantaarnmast, 4 m boven de grond;
5. op de Heliport (H), op het dak van het stationsgebouw, 5 m boven de grond;
6. te Poortugaal op het Termijnstation van het K.N.M.I. (P), op de meteorologische hut, 2.50 m boven de grond;
7. op de olieraffinaderij van de Kon. Shell te Pernis (S), op het dak van het TA-gebouw, 8 m boven de grond.

Alle betrokken waarnemers zij hierbij dank gebracht voor hun toewijding. De ligging der genoemde stations is op het kaartje, fig. 1, met zwarte stippen aangegeven. Hun keuze werd zodanig bepaald, dat een reductie der zonnestraling door versluiering van de dampkring, teweeggebracht door kunstmatige luchtverontreiniging afkomstig van de Zuid-Hollandse steden en de industriecomplexen langs de Nieuwe Waterweg zo goed mogelijk te onderscheiden zou zijn van de reductie der zonnestraling teweeggebracht door de natuurlijke bewolking.

Het was niet mogelijk, op alle stations onderbrekingen van de directe zonnestraling bij lage zonnestand door obstakels, zoals geboomte, woongebouwen en fabrieksschoorstenen, te vermijden. Wel is vermeden kunnen worden, dat de bestaande obstakels, zelfs in de wintermaanden, een uur voor en een uur na de middag zich in de weg der zonnestrallen bevonden. Het aandeel in de hemelstraling, dat zij onderschepten is slechts te

Poortugaal, bij het Kralingse Verlaat en op Shell Pernis, van noemenswaardige betekenis geweest. Opnamen van de hoogteprofielen der obstakels langs de horizon veroorloven een ruwe schatting van de daardoor teweeggebrachte vermindering in de ontvangst van hemelstraling. Dit percentage kan te Poortugaal en bij het Kralingse Verlaat, althans in de zomermaanden met bebladerd geboomte 1% bedragen hebben. Op Shell-Pernis, in het mastbos van schoorstenen bij dit bedrijf, bleef het tekort aan hemelstraling daar zelfs beneden. Deze bedragen konden, aangezien zij slechts op de hemelstraling betrekking hebben, bij volle zonneschijn of nagenoeg volle zonneschijn buiten beschouwing blijven.

De registraties werden dekadegewijs op het K.N.M.I. ontvangen en van alle noodzakelijke aanwijzingen ter aflezing voorzien. Op grond van de resultaten der ijkings van de stralingsmeters, die op het K.N.M.I. zijn uitgevoerd, werden tabellen vervaardigd, waarmee de geregistreeerde uitslagen kunnen worden omgerekend in cal/cm^2 per kwartier. De stroken werden afgelezen op de Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten T.N.O. door schatting der kwartiergemiddelden uit de geregistreeerde puntenreeks. De kwartieren werden genummerd per etmaal van 01 tot en met 96, van middernacht tot middernacht Nederlandse Tijd.

De bewerking loopt over de volgende uren van de dag in plaatselijke tijd.

jan 12-14	apr 9-17	jul 8-18	okt 11-15
feb 11-15	mei 8-18	aug 9-17	nov 12-14
mrt 10-16	jun 8-18	sep 10-16	dec 12-14

1. Steekproef en verificatie.

Uit het materiaal van november 1959 tot en met juli 1960, werd een eerste steekproef genomen, geheel onafhankelijk van de weersgesteldheid, ter controle, voor zover mogelijk, van de juistheid der door elke post opgeleverde meetresultaten. Tabel 1 bevat in tienden van caloriën de waarden der totale straling, gemeten in de vier opeenvolgende kwartieren 51, 52, 53 en 54, het uur rondom de hoogste zonnestand, op de 5° , 15° en 25° van elke maand. Er bij opgegeven is ook de over dat uur gemiddelde windrichting (dd, in tientallen graden) en windsnelheid (ff, in knopen) op het Vliegveld Zestienhoven.

Tabel 1

Totale straling in tienden van caloriën per cm² per uur rondom de middag.

Datum	dd	ff	Heli- port	Kral. Verlaat	Zestien- hoven	Naald- wijk	Maas- land	Poortu- gaal	Shell Pernis
<u>1959</u>									
5 nov	36	01/03	198	-	287	220	248	249	90
15 nov	18	09/13	24	19	30	-	39	32	28
25 nov	17	09/10	56	68	68	57	57	54	43
5 dec	21/22	10/11	163	177	166	112	-	160	112
15 dec	16/17	06/08	47	54	-	72	-	48	43
25 dec	21	09/10	114	107	-	147	-	157	157
<u>1960</u>									
5 jan	25	14/16	15	6	18	12	33	14	11
15 jan	05	07/08	215	202	245	-	221	189	188
25 jan	24	02/04	172	169	213	226	222	235	152
5 feb	00	00/01	97	80	357	143	166	157	139
15 feb	26	16/18	261	291	462	366	279	320	290
25 feb	12	15/16	53	42	54	51	60	48	43
5 mrt	12	03/05	394	448	447	-	465	219	209
15 mrt	06	07/10	444	427	450	452	437	401	-
25 mrt	09/10	10/11	253	265	211	277	215	209	264
5 apr	18	14/18	302	308	306	270	325	315	293
15 apr	28	13/15	371	240	414	603	482	288	390
25 apr	33/34	11/13	334	287	264	481	309	304	311
5 mei	99	02/03	675	601	628	670	659	660	611
15 mei	05	06/07	349	338	267	197	290	315	371
25 mei	24	08/10	531	445	575	645	632	572	593
5 jun	13/16	05	610	531	468	580	521	609	551
15 jun	30	09/10	739	519	675	711	-	707	698
25 jun	09/07	07/09	684	598	640	646	-	642	638
5 jul	19/18	09/10	102	92	126	84	-	97	83
15 jul	25/27	07/08	289	273	425	752	-	426	387
25 jul	28	07/08	349	275	290	293	284	403	285

Sommatie der stralingswaarden uit Tabel 1 van 15 nov. 1959 tot en met 5 apr. 1960 levert voor Heliport 2612 en voor het slechts 2 km daar van-

daan gelegen Kralingse Verlaat 2663 op, sommatie van 15 apr. 1960 tot en met 25 jul. 1960 voor Heliport 5032 en voor Kralingse Verlaat 4199. Dat bij het Kralingse Verlaat aan de rand van Rotterdam, vooral gedurende het stockseizoen, iets meer straling zou worden gemeten dan op Heliport, in het hart van Rotterdam, ligt geheel in de rede. Dus is kennelijk tussen 5 en 15 april 1960 een vermindering van de gevoeligheid van de stralingsmeter bij het Kralingse Verlaat opgetreden tot een bedrag van wellicht 20%. Tijdens een herijking van de beide betrokken stralingsapparaten op het K.N.M.I. in mei 1961, werd geen instrumentele fout vastgesteld en bleken de voor de berekening der ontvangen hoeveelheden straling tot dusver toegepaste schaalwaarden slechts een ondergeschikte wijziging te hebben ondergaan. Nadat de apparaten op 1 juni 1961 weer in bedrijf gesteld waren, bleef de stralingsmeter bij het Kralingse Verlaat ongeveer 12% te laag aanwijzen in verhouding tot die op Heliport.

Van de vermindering van de gevoeligheid van de stralingsmeter bij het Kralingse Verlaat werd helaas pas door een onderzoek op het K.N.M.I. in februari 1962 de verklaring gevonden. De betrokken registreerinrichting bleek abnormaal gevoelig te zijn voor kleine hellingsveranderingen in de ophanging en deze zijn ter plaatse, in een eenvoudig schuurtje met houten wanden, niet volstrekt vermeden. De onbepaaldheid van elke factor, die men ter correctie zou willen overwegen is aanleiding geweest, dat in dit Verslag geen verder rapport over de waarnemingen bij het Kralingse Verlaat wordt uitgebracht.

Tabel 2 bevat de som van de waarden der totale straling over elk der reeksen uit Tabel 1 voor zover de waarnemingen op alle stations volledig waren.

Tabel 2

Heli- port	Zestien- hoven	Naald- wijk	Maas- land	Poortu- gaal	Shell Pernis
4626	4882	4993	4782	4752	4437

Als volgens onze steekproef het te Naaldwijk, dicht bij de kust, gemeten stralingstotaal op 100% gesteld wordt, dan bedragen de overige stralingstotalen, in afnemende volgorde, voor Zestienhoven 97,7%, Maasland 95,7%, Poortugaal 95,1%, Heliport 92,6%, Shell-Pernis 88,8%. De overdag vaak landinwaarts toenemende natuurlijke bewolking naast kunstmatige versluiting van de hemel in aanmerking genomen, liggen deze getallen logisch ten opzichte van elkaar. Men mag aannemen, dat de metingen, met uitzondering

van die bij het Kralingse Verlaat, betrouwbaar zijn geweest, binnen de grenzen van onvermijdelijke meetfouten en de fouten, ontstaan door het tussen de schoonmaakbeurten op de ontvangers neer geslagen stof.

2. Versluieringen van stralingsposten op uitgezochte data.

Op grond van de veronderstelling, dat reeds veel geleerd kan worden over de kunstmatige versluiering van de hemel, wanneer we ons beperken tot de stralingswaarnemingen verricht op wolkenloze dagen, werd in Tabel 3 het totale materiaal uit de genoemde periode verzameld, verkregen bij bewolgingsgraad $N = 0$, gesorteerd volgens de klassen

(1) dd = 01-09, 10-18, 19-27, 28-36, in tientallen graden vanuit het noorden door het oosten gemeten.

(2) ff = 01-04, 05-08, 09-12, 13 en hoger, in knopen, zeemijlen per uur. De genoteerde waarden van de straling zijn gemiddelden berekend over de beschikbare reeksen van opeenvolgende kwartieren. Dit aantal kwartieren is vermeld. Daarnaast werd de over dezelfde periode gemiddelde zons-hoogte in graden opgegeven.

Tabel 3 (p. 18)

Uit Tabel 3 blijkt, hetgeen voor de hand lag, dat het aantal gevallen van onbewolkte hemel bij westelijke winden uiterst gering is. Er deden zich maar 3 gevallen voor in de klasse dd = 19-27 en 1 in de klasse dd = 28-36. Daarom werd in Tabel 4 eenzelfde lijst van gevallen aangelegd bij bewolgingsgraad $N = 1$. Deze omvat 20 gevallen in de klasse dd = 19-27 en 12 gevallen in de klasse 28-36.

Tabel 4 (p. 20)

Onder de 20 gevallen in de klasse dd = 19-27 zijn er 2 die onze bijzondere aandacht verdienen.

Op 3 en 4 mei 1960 bleven 18, respectievelijk 16, achtereenvolgende kwartieren nagenoeg wolkenloos (op Zestienhoven) bij windrichtingen dd = 19-27, respectievelijk dd = 22-27, windsnelheid ff = 05-08 en gemiddelde zonshoogte 48° , respectievelijk 50° . Op Heliport werd op 4 mei geen registratie verkregen. Overigens lagen de gemiddelde stralingswaarden, in tienden van caloriën per cm^2 per kwartier, als volgt verdeeld:

	Heli- port	Zestien- hoven	Naald- wijk	Maas- land	Poortu- gaal	Shell Pernis
3 mei	154	141	150	153	150	136
4 mei	-	141	149	144	150	131

De voortreffelijke overeenkomst tussen de waarnemingsresultaten van Naaldwijk, Maasland en Poortugaal, waarborgt een grote mate van betrouwbaarheid. Deze drie stations liggen met Pernis nagenoeg op een rechte lijn, NW=20, loodrecht op de heersende windrichting. Men mag zelfs veronderstellen, dat het op deze plaatsen wolkenloos geweest is en gedeeltelijke bewolking slechts boven Zestienhoven heerste, hetgeen bij deze windrichting niet onwaarschijnlijk is.

Nu ligt bij deze windrichting het punt waar op het bedrijf Shell-Pernis de straling gemeten wordt, rechtstreeks onder de rook van de kern van het bedrijf, op 500 m van het centrum. De versluiering op de post Shell-Pernis is dus maximaal, terwijl de versluiering boven Naaldwijk, Maasland en Poortugaal zonder twijfel juist minimaal is. Deze optimale verscheidenheid van omstandigheden bezorgt ons een betrekkelijk nauwkeurig reductiecijfer van de totale straling op 500 m van het genoemde centrum, namelijk $(149,3-133,5):149,3 = 15,8:149,3 = 10,6 \pm 1,2\%$. De fout, die bij dit verschilpercentage genoemd is en de fouten die bij volgende percentages genoemd zullen worden, zijn berekend op grond van het ervaringsfeit, dat de fout van één waarneming met de pyranometer van Moll-Gorczynski 5% bedragen kan.

Over het geheel zijn de gebruikte waarnemingsuren van 3 mei rijker aan zonnestraling geweest dan die van 4 mei. Er moet op 4 mei iets meer bewolking geweest zijn, die bovendien landinwaarts toenam. In De Bilt, waar de metingen van de straling op de toren van het K.N.M.I., op 36 m hoogte, worden verricht, werden de volgende uurtotalen verkregen in caloriën per cm^2 :

	10-11	11-12	12-13	13-14
3 mei	64,6	66,1	66,0	61,1
4 mei	59,9	58,4	49,1	46,6

of 161 en 134 als gemiddelde kwartierwaarden in tienden van caloriën per cm^2 .

Bijzonder helder tussen momenten van geringe bewolking was het gedurende 4 kwartieren op 17 juni en gedurende 2 kwartieren op 18 juni bij zonshoogten 60° en 59° en windrichtingen dd = 25-26 en 23. In deze tijdvakken werden de volgende gemiddelde stralingswaarden in tienden van caloriën gemeten:

	De Bilt	Heli- port	Zestien- hoven	Naald- wijk	Maas- land	Poortu- gaal	Shell Pernis
17 jun	168	167	162	168	-	168	162
18 jun	164	171	144	164	-	166	152

Het tegenbeeld van dat bij zuidwestelijke windrichting verkrijgen we bij noordoostelijke windrichting. Een mooi voorbeeld is dat van 6 mei 1960, dd = 01-09, ff = 05-08, waarop 14 kwartieren achtereen wolkenloos bleven (N = 0) bij een gemiddelde zonshoogte van 52°. Deze reeks leverde de volgende gemiddelde stralingswaarden op:

	Heli- port	Zestien- hoven	Naald- wijk	Maas- land	Poortu- gaal	Shell Pernis
6 mei	156	143	149	145	147	139

Er is in dit tijdvak sprake van een verzwakking van de straling op het bedrijf Shell-Pernis ten opzichte van die op de stations Naaldwijk, Maasland en Poortugaal van $(147,0-139):147,0 = 8,0:147,0 = 5,5 \pm 2,0\%$. Naar de ligging te oordelen zouden bij Pernis voornamelijk de rookgas-
sen van Vlaardingen, Schiedam en Rotterdam tot reductie van de straling bijgedragen kunnen hebben. De windrichting verliep in het betreffende tijdvak, dat is van 11.00 tot 14.30, van N50°E naar N70°E.

Op 8 mei volgden 10 kwartieren wolkenloos, dd = 01-09, ff = 09-12, bij gemiddelde zonshoogte 45°, waarin de volgende stralingswaarden werden gemeten:

	Heli- port	Zestien- hoven	Naald- wijk	Maas- land	Poortu- gaal	Shell Pernis
8 mei	131	120	124	127	122	112

De verzwakking van de straling op het bedrijf Shell-Pernis ten opzichte van de stations Naaldwijk, Maasland en Poortugaal bedroeg in dit tijd-
vak $(124,3-112):124,3 = 12,3:124,3 = 9,9 \pm 2,0\%$.

Op 8 mei volgden nog 8 kwartieren wolkenloos dd = 01-09, ff = 13 en ho-
ger, bij gemiddelde zonshoogte 53°, waarin de volgende stralingswaarden werden gemeten:

	Heli- port	Zestien- hoven	Naald- wijk	Maas- land	Poortu- gaal	Shell Pernis
8 mei	151	142	145	147	147	137

De verzwakking van de straling op het bedrijf Shell-Pernis ten opzichte

van de stations Naaldwijk, Maasland en Poortugaal bedroeg in dit tijdvak (146,3-137):146,3 = 9,3:146,3 = 6,4 ± 1,9%.

Het percentage reductie zonnestraling te Pernis bij dd = 01-09 bedroeg over het geheel gemiddeld 7,2 ± 1,4%.

Zuidoostelijk van Shell-Pernis bevindt zich geen industrie of andere bron van luchtverontreiniging van enige betekenis. Het is daarom interessant na te gaan, hoe de verhouding Shell-Pernis tot Poortugaal ligt bij dd = 10-18.

Alle gevallen tezamen genomen, onafhankelijk van de zonshoogte, leveren over 72 kwartieren:

Poortugaal	1667
Shell-Pernis	1593

Dit betekent een reductie van 4,4% van de straling op Shell-Pernis ten opzichte van die bij Poortugaal. Wanneer we alle gevallen bij zonnestand boven 40° tezamen nemen, verkrijgen we over 26 kwartieren:

Poortugaal	994
Shell-Pernis	973

hetgeen een reductie op Shell-Pernis van 2,1 ± 1,9% betekent.

Binnen de sektor dd = 28-36, blijft met wolkenloze hemel slechts 6 mei over, waarop met noordenwind en geringe snelheid, namelijk ff = 03, gedurende 2 kwartieren bij een gemiddelde zonshoogte van 47° de volgende stralingswaarden langs de lijn Naaldwijk-Poortugaal gemeten werden:

Naaldwijk	Maasland	Shell-Pernis	Poortugaal
133	141	119	117

De reductie der straling op Shell-Pernis, tegenover die te Naaldwijk en Maasland gemiddeld, bedroeg toen (137-119):119 = 18:119 = 13,1 ± 4,4%.

In dit geval is de versluiering dus wel heel zwaar geweest. Ook Poortugaal schijnt daarin te delen, maar in een mate, dat men daar wat normale bewolking bij zou willen veronderstellen. Een aantal metingen bij nagenoeg wolkenloze hemel (N=1) gedurende 23 kwartieren onafhankelijk van de zonshoogte gesommeerd, leverde de volgende resultaten:

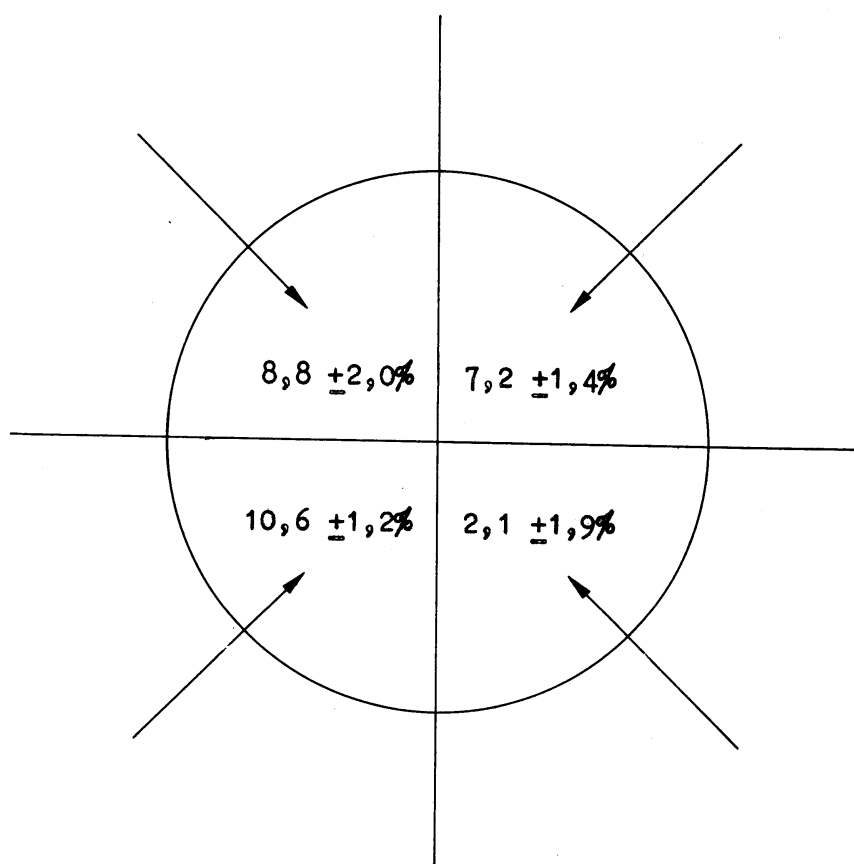
Naaldwijk	Maasland	Shell-Pernis	Poortugaal
761	789	707	768

De hierbij op Shell-Pernis opgetreden reductie van de straling ten opzichte van die te Naaldwijk en Maasland gemiddeld, bedroeg (775-707):775 = 68:775 = 8,8 ± 2,0%.

Het is de moeite waard de omstandigheden die op 6 mei heersten iets nader te beschrijven. De wind, na gedurende 2 kwartieren heel zwak noord geweest te zijn (dd = 36, ff = 01-04) waarbij de stralingspost van Shell-Pernis versluierd was tot een bedrag van $13,1 \pm 4,4\%$ verliep naar NtO en NNO en was wat krachtiger (dd = 01, 02, 03, ff = 05-08) gedurende de 14 kwartieren dat de lucht wolkenloos bleef en, zoals eerder beschreven, een versluiering van deze post van $5,5 \pm 2,0\%$ optrad.

Het versluieringspatroon van de post Shell-Pernis bij wolkenloze hemel en betrekkelijk hoge zonnestand is dus gemiddeld overeenkomstig fig. 2.

Fig. 2



Men verkrijgt uit dit patroon de indruk, dat de hoge waarde der versluiering bij ZW wind berust op de bronnen van luchtverontreiniging in de kern van het bedrijf Shell-Pernis zelf. Daar staat een minimale versluiering bij ZO wind tegenover, die zelfs niet significant van nul verschillend is.

De relatief hoge stralingsreductie op Shell-Pernis bij NW en N wind, is ook typisch van industriële oorsprong. In deze richtingen ten opzichte

van de stralingspost op Shell-Pernis liggen verschillende chemische bedrijven langs de Nieuwe Waterweg. Er kan tevens enige versluiering van eigen bedrijfs-technische oorsprong bij meewerken. Bij NO wind speelt zonder twijfel tevens versluiering mee, teweeggebracht door de steden Vlaardingen, Schiedam en Rotterdam. Toch doen de versluieringen van de stralingspost op Shell-Pernis bij winden met een noordelijke component, ook al brengt men de rookgassen afkomstig van het scheepsverkeer er bij in rekening, verrassend hoog aan.

Uit het tot dusver bewerkte materiaal blijken zelfs nog geen significante verschillen te bestaan tussen de versluiering teweeggebracht bij windrichtingen in het zuidwestelijke, noordwestelijke en noordoostelijke kwadrant. Het is echter niet ondenkbaar, dat de studie van meer materiaal tenslotte wel significante verschillen tussen de versluieringen bij zuidwestelijke en bij noordoostelijke winden zou kunnen opleveren.

Bij winden met een noordelijke component gaat echter een tot dusver nog niet aangeroerd effect meetellen. De kunstmatige cumulus, die zich zo vaak boven de kern van het bedrijf Shell-Pernis ontwikkelt, zal juist als ze met noordenwind aan de zuidzijde staat in de uren rondom de middag het zonlicht op de stralingspost rechtstreeks onderscheppen. Deze stapelwolk reikt, zoals fotografisch materiaal bewijst, waarvoor wij in het bijzonder de heer F.R. Quast te Vlaardingen te danken hebben, niet zelden tot hoogten tussen 800 en 1000 m. Op 6 mei, toen pas boven 1000 m de wind een zuidelijke component vertoonde, waren de omstandigheden voor een versluiering van deze aard dan ook bepaald gunstig. Het is dus wel verstandig, wanneer we de invloed der kunstmatige luchtverontreiniging op de reductie der straling over een betrekkelijk groot gebied buiten de industrie-complexen beschouwen, aan de genoemde cijfers van Shell-Pernis bij winden met een noordelijke component een niet te groot gewicht te hechten.

3. Reductie van straling onder verschillende omstandigheden.

Aangezien de zonnestraling bij afnemende zonshoogte een steeds langere weg door de dampkring moet afleggen, neemt ook de relatieve versluiering van een stralingspost met afnemende zonshoogte toe. Tabel 5 bevestigt dit verband voor Shell-Pernis tegenover Naaldwijk, Maasland en Poortugaal in de gevallen dd = 19-27 bij wolkenloze hemel ($N = 0$).

Tabel 5

Totale straling in cal/cm² kwartier bij zuidwestelijke windrichting

zonshoogte h°	sin h	S	$\frac{1}{3}(N+M+P)$	verschil	verlies Pernis %
14	0.24	3.1	5.0	1.9	38
22	0.38	5.8	7.7	1.9	25
23	0.39	6.1	7.7	1.6	21
24	0.41	6.5	8.6	2.1	24
26	0.44	7.6	9.6	2.0	21
27	0.45	7.8	9.2	1.4	15
37	0.60	10.7	12.4	1.7	14
39	0.63	10.6	12.1	1.5	12
40	0.64	12.5	13.0	0.5	4
42	0.67	12.2	13.8	1.6	12
48	0.74	13.6	15.1	1.5	10
50	0.77	13.1	14.8	1.7	11
52	0.79	14.8	15.7	0.9	6
59	0.86	15.2	16.5	1.3	8
60	0.87	16.2	16.8	0.6	4

Een bijzonder eenvoudig en bruikbaar gegeven is wel, dat het verschil in stralingsontvangst tussen de post Shell-Pernis en de drie overige posten nagenoeg onafhankelijk van de zonshoogte is en dus ook onafhankelijk van het moment van de dag. Op de post Shell-Pernis gaat bij zuidwestelijke wind en wolkenloze hemel gemiddeld 1,5 cal/cm² per kwartier verloren. Dit betekent een verlies van 6 cal/cm² per uur zonneshijn.

Daar deze maatstaf ruw is, maken we geen fouten van betekenis als we voor het verdere gegevens uit De Bilt betrekken.

Te De Bilt werden van 1901-1930 in de Tabel 6 verzamelde maandelijkse aantallen uren zonneshijn waargenomen (1).

Tabel 6

Aantal uren zonneshijn te De Bilt

jan	55,2	jul	205,1
feb	74,6	aug	186,2
mrt	117,5	sep	151,9
apr	162,3	okt	103,4
mei	215,5	nov	61,7
jun	203,3	dec	39,7

Te De Bilt werden van 1931-1953 op het horizontale vlak ontvangen de in Tabel 7 verzamelde maandsommen totale straling (2).

Tabel 7

Maandsommen der totale straling te De Bilt in cal/cm²

jan	1652	jul	12651
feb	2802	aug	10940
mrt	6053	sep	7909
apr	9225	okt	4844
mei	12641	nov	1903
jun	13419	dec	1315

Gaan daarvan 6 cal/cm² per uur zonneshijn verloren, dan betekent dit de in Tabel 8 verzamelde percentages verlies.

Tabel 8

Percentages verlies totale straling Shell-Pernis tegenover Naaldwijk, Maasland en Poortugaal bij zuidwestelijke windrichting.

jan	20,1	jul	9,7
feb	15,9	aug	10,2
mrt	11,7	sep	11,5
apr	10,6	okt	12,8
mei	10,2	nov	19,4
jun	9,1	dec	18,2

Laten we de maanden maart tot en met september als groeiseizoen der cultuurgewassen zwaar wegen, dan is het goed met een over alle zonshoogten gemiddeld verlies aan globale straling van 10,4% te rekenen op de post Shell-Pernis bij winden in het zuidwestelijke kwadrant.

4. Versluieringen teweeggebracht door het bedrijf Shell-Pernis.

Veronderstellen we:

- (1) dat een cirkelvormig gebied met een straal van 0,5 km rondom de stralingspost van Shell-Pernis een verlies van 10,4% vertoont,
- (2) dat de sluier zich horizontaal circulair uitbreidt en
- (3) dat de doorzichtigheid van de atmosfeer eenvoudig toeneemt omgekeerd evenredig met de hoeveelheid stof in de sluier, dan bedraagt in een gordel begrensd door de stralen 0,5 km en 1 km het stralingsverlies $10,4:3 = 3,5\%$ en in een gordel begrensd door de stralen 1 km en 1,5 km $10,4:5 = 2,1\%$. De waarden der verliezen op nog grotere afstanden zijn in Tabel 9 samengevat.

Tabel 9

km	%	km	%
1,5 - 2	1,5	4,5 - 5	0,5
2 - 2,5	1,2	5 - 5,5	0,5
2,5 - 3	1,0	5,5 - 6	0,5
3 - 3,5	0,8	6 - 6,5	0,4
3,5 - 4	0,7	6,5 - 7	0,4
4 - 4,5	0,6	7 - 7,5	0,4

In het Westland moet met een versluiering volgens Tabel 9, ten gevolge van de aanwezigheid van het bedrijf Shell-Pernis, bij zuidoostelijke windrichting gerekend worden. Bij deze windrichting komt daar echter het grotestadseffect van Rotterdam, Schiedam en Vlaardingen bij. Een juiste bepaling daarvan moet nog aan verder onderzoek voorbehouden blijven, maar er hebben zich in de hier beschouwde periode reeds enkele gevallen voorgedaan die een schatting veroorloven.

5. De huidige versluieringen van het Westland.

Een fraaie meetreeks was die gedurende 17 kwartieren tussen 10.30 en 16.00 op 23 maart 1960, bij wolkenloze hemel, dd = 10-11, ff = 13-16 en gemiddelde zonshoogte van 36° . Deze meetreeks leverde voor Shell-Pernis het lokaal sterk gestoorde bedrag 100, maar overigens, met De Bilt er in betrokken,

De Bilt	Heliport	Zestienhoven	Poortugaal	Maasland	Naaldwijk
110	106	109	111	112	115

Op 24 maart, bij N = 1, dd = 10-11, ff = 15-18, gemiddelde zonshoogte 35°, gedurende 10 achtereenvolgende kwartieren, van 10.15-12.45, zien we heel precies hetzelfde gebeuren. Op Shell-Pernis werd 98 geregistreerd, maar overigens

De Bilt	Heliport	Zestienhoven	Poortugaal	Maasland	Naaldwijk
121	112	116	116	118	121

Uit deze cijfers spreekt een duidelijke tendentie. Neemt men in aanmerking, dat bij windrichtingen N100°O en N110°O de sluier teweeggebracht door Rotterdam, Schiedam en Vlaardingen, met de daarin altijd bestaande spreiding, enerzijds over Poortugaal, anderzijds over Zestienhoven en Maasland, maar misschien niet over Naaldwijk getrokken kan zijn, dan is men geneigd te besluiten, dat er bij nagenoeg wolkenloze hemel en oostzuidoostelijke windrichting 3-5% van de straling over het Westland afgaat door de nabijheid van de grote stad. Bij totaal bewolkte hemel, als de stofsluiers zich onder het wolkendek bevinden, bereikt de reductie van de daaruit voortkomende diffuse straling waarschijnlijk een hogere waarde, maar anderzijds zijn wijzigingen in de bij bewolkte hemel ontvangen hoeveelheid straling van geringe invloed op de totale stralingsom gemeten over een tijdvak van langere duur, waarin de bewolkinggraad wisselt. We blijven daarom aan de veilige kant, als we een vermindering van de straling over het Westland bij oostzuidoostelijke windrichting van 5% veronderstellen, onafhankelijk van de natuurlijke bewolkinggraad.

Deze versluiering van het Westland is van een orde van grootte die we wel verwachten mogen, als we ze vergelijken met de vermindering van de zonnenschijnduur, door Veryard met zonnenschijnmeters van Campbell Stokes waargenomen (3), noordoostelijk van Londen in de jaren 1949-1953. Deze vermindering bedroeg ongeveer 10% in een gebied ongeveer zo groot als Londen, oostnoordoostelijk van deze stad en ongeveer 5% over een groter district in dezelfde richting, waarbij in aanmerking genomen moet worden, dat ze geldt als gemiddelde met de wind overwegend uit westzuidwestelijke richting.

Deze hoge waarden der grotestads-effecten in verhouding tot de cijfers volgens Tabel 9 bevestigen de slotsom waartoe Brasser komt (4), dat in en om Rotterdam de rookproductie slechts voor 20% van de industrie komt.

Van de bevolking komt 50%, van het scheepsverkeer 7%, van het wegverkeer 3%. Aangenomen, dat bij winden tussen oost en zuidoost Rotterdam 5% reductie van de straling over het Westland teweegbrengt, dan is het dus niet onredelijk daarvan 1% aan de industrie te wijten. Meer nabij Rotterdam, zeg tussen Vlaardingen en Maassluis, kunnen deze bedragen dan op ongeveer 10% en 2% begroot worden. Aangezien winden tussen oost en zuidoost 1/10 van de tijd heersen en slechts deze de stofsluier van Rotterdam over het Westland voeren, zou dit neerkomen op gemiddeld 0,5% reductie van de straling in het Westland door de aanwezigheid van Rotterdam alleen. Den Haag en Delft zouden volgens Brasser (4) Rotterdam wel kunnen evenaren, wat betreft versluiering hunner omgeving door de industrie. Deze steden bezorgen het Westland versluiering bij windrichtingen van oost tot noordoost, die ongeveer even vaak voorkomen als die van oost tot zuidoost. Hun stadseffecten zullen geringer zijn, maar zij liggen dichterbij het bedreigde gebied. Nogmaals een gemiddelde stralingsvermindering van 0,5% is dus waarschijnlijk wel redelijk geschat. Dit zou betekenen een gemiddelde stralingsreductie over het Westland van 1% tengevolge van de aanwezigheid van de Zuid-Hollandse steden en de industrieën langs de Nieuwe Waterweg in hun huidige omvang en structuur.

6. De versluiering van het Westland bij de vestiging van nieuwe industrieën

Stellen we tenslotte de vraag, hoe veel nieuwe stralingsvermindering over het Westland te verwachten is bij vestiging van industrieën nabij de mond van de Nieuwe Waterweg, dan bezitten we daaromtrent in Tabel 9 een eerste aanwijzing. Bij een versluiering gelijk aan die teweeggebracht door het bedrijf Shell-Pernis, zou de stralingsreductie bij zuidwestelijke windrichting op de van hier kortere afstand naar de Westlandse kwekerijen wellicht 1% bedragen. Aangezien deze ongunstige windrichting, die inderdaad zeer frequent is, gedurende de helft van de tijd voorkomt, zou sprake kunnen zijn van een gemiddelde stralingsreductie van 0,5%.

Gezien het feit, dat door de bestaande bronnen van kunstmatige luchtverontreiniging waarschijnlijk boven het Westland reeds een stralingsverlies van 1% wordt teweeggebracht, zou de veronderstelde vestiging van een industrie met een versluieringscapaciteit als die van Shell-Pernis nabij de Europoort het totale bedrag aan stralingsverlies tot 1,5% kunnen doen aangroeien.

7. Slotopmerkingen.

Bij het afsluiten van dit rapport waren de stralingsmeters met hun registreerinrichtingen van Heliport, Kralingse Verlaat, Zestienhoven, Shell-Pernis en Poortugaal voor revisie ten behoeve van verdere programmering verwijderd en naar het K.N.M.I. teruggebracht. Bij een herijking dezer apparaten, die nog niet is uitgevoerd, zou kunnen blijken, dat de meetresultaten op de verschillende stations zich kwantitatief enigszins anders verhouden hebben dan hier vermeld werd.

Een tweede punt waarop de aandacht gevestigd moet worden is, dat wolkenloze en nagenoeg wolkenloze hemel in de regel met geringere windsnelheden gepaard gaan dan hogere bewolgingsgraden. Zo treedt de invloed van de windsnelheid en van de stabiliteit in de onderste luchtlagen op de meetresultaten bij het hiermee voltooide voorlopige onderzoek over een betrekkelijk kort tijdvak, nog niet duidelijk te voorschijn. Ook zal bij geringe windsnelheid de op het Vliegveld Zestienhoven gemeten windrichting soms minder goed toepasselijk zijn voor één of meer der overige posten. Er zij tevens aan herinnerd, dat de door het bedrijf Shell-Pernis teweeggebrachte versluierungen op het groeiseizoen der gewassen werden betrokken. In de wintermaanden rondom de laagste zonnestand kunnen volgens tabel 8 versluierungen relatief sterker zijn.

Op deze gronden worden in dit verslag slechts eerste aanwijzingen omtrent het bestaan van kunstmatige versluierungen in het bestudeerde gebied gegeven. Een verder onderzoek van alle materiaal zal pas het geven van nauwkeuriger antwoorden op de in velerlei zin te stellen nadere vragen veroorloven. Het moeilijke probleem, of bepaalde voor de gewassen vitale delen van het stralingsspectrum door kunstmatige versluierungen in het bijzonder getroffen worden, vereist eveneens een speciale studie.

Literatuur

1. C. Braak Het Klimaat van Nederland F. Zonneschijn en bewolking.
K.N.M.I. Med. en Verh. No. 40, 1937

2. H.J. de Boer Normalen van de dekadesommen van de totale straling te De Bilt.
K.N.M.I. Verslag R III 176, 1956.

3. R.G. Veryard Some climatological aspects of air pollution.
Smokeless Air No. 106, p. 277, 1958.

4. L.J. Brasser Enige beschouwingen over de bronnen van de verontreiniging van de buitenlucht in het gebied rondom de Nieuwe Waterweg.
Inst. Gezondheidstechniek T.N.O. Werkrapport F 700, 1958.

Tabel 3

Gemiddelde waarden der totale straling bij bewolgingsgraad N = 0
(in tienden van caloriën per kwartier)

dd	ff	maand	dag	aantal kwartieren	H	N	M	P	Z	S	gemiddelde zonshoogte in graden
01-09	01-04	05	07	6	127	107	-	117	115	098	47
		06	25	2	144	144	-	128	136	137	54
	05-08	01	10	2	060	056	061	053	058	050	16
		01	15	4	056	-	056	046	062	047	17
		05	06	14	156	149	145	147	143	139	52
		05	08	3	117	114	113	109	106	099	41
		06	02	2	126	126	136	117	123	125	41
		06	03	4	141	138	-	131	136	133	47
		06	25	2	157	153	-	137	146	143	57
		09-12	01	15	1	057	-	053	042	062	039
	02	07	9	074	074	-	076	-	067	21	
	05	08	10	131	124	127	122	120	112	45	
	06	03	4	140	141	-	130	138	133	48	
	06	04	4	121	119	-	112	117	116	42	
	13-	02	07	7	076	074	-	073	-	068	20
		03	06	3	072	073	093	072	073	072	22
		03	07	2	098	101	104	096	094	093	29
		03	08	4	089	100	093	089	087	085	28
		03	23	2	112	123	123	118	116	104	37
		05	08	8	151	145	147	147	142	137	53
		06	26	6	153	145	-	142	141	143	50
		10-18	01-04	11	08	5	060	061	060	054	056
	05-08	03	22	3	114	106	103	099	095	089	32
		04	02	14	111	108	116	112	107	101	37
		06	04	2	129	126	-	114	123	123	42

Tabel 4

Gemiddelde waarden der totale straling bij bewolgingsgraad N = 1
(in tienden van caloriën per kwartier)

dd	ff	maand	dag	aantal kwartieren	H	N	M	P	Z	S	gemiddelde zonshoogte in graden
01-09	01-04	01	10	4	056	054	060	055	055	048	15
		01	13	4	-	-	060	027	062	052	16
		03	05	2	096	-	104	101	093	090	28
		04	20	2	109	-	106	100	106	092	38
		05	06	1	104	101	112	093	094	081	36
		05	07	7	121	107	-	104	107	091	47
		06	22	2	140	135	-	108	124	136	46
	05-08	01	10	2	059	056	061	058	059	053	16
		01	13	2	-	-	058	026	061	045	16
		01	15	3	051	023	051	046	056	045	16
		03	15	13	102	104	104	101	098	-	33
		03	19	2	090	088	098	093	086	081	27
		03	22	6	108	-	101	096	091	083	32
		04	20	6	113	-	108	109	105	105	41
		05	06	6	128	123	087	116	116	091	43
		05	07	5	095	080	096	091	083	081	33
		06	01	6	131	115	115	098	114	107	39
		06	02	16	138	134	138	114	132	125	48
		06	03	4	162	155	-	158	135	156	59
		06	23	10	161	148	-	146	140	137	52
		06	25	6	166	159	-	156	151	151	58
	09-12	02	09	7	076	075	079	073	082	069	21
		03	06	2	095	100	111	096	095	096	29
		03	15	2	101	110	101	106	093	099	35
		03	19	1	079	078	084	082	078	072	25
		03	22	1	073	076	075	071	070	055	26
		04	18	8	135	140	155	148	129	127	47
		04	20	2	095	089	096	072	086	075	33
		05	10	3	120	115	-	114	114	098	39
		05	11	1	117	109	121	096	105	081	37

Tabel 4 (vervolg)

dd	ff	maand	dag	aantal kwartieren	H	N	M	P	Z	S	gemiddelde zonshoogte in graden
		06	02	6	171	156	143	137	165	153	58
		06	03	4	129	131	-	138	136	139	47
		06	23	14	160	155	-	146	145	148	53
		06	25	12	165	155	-	149	148	139	59
		06	26	2	183	180	-	166	140	173	59
	13-	01	09	8	056	051	059	054	056	056	15
		03	06	6	099	102	111	097	098	098	29
		03	07	9	092	-	093	089	088	087	27
		03	08	13	091	092	104	096	094	093	30
		04	19	2	154	-	104	128	114	113	45
		05	10	8	149	144	-	144	142	126	48
		05	11	4	123	120	142	113	111	097	42
		06	04	2	140	133	121	147	133	145	51
		06	25	4	124	117	-	110	111	110	38
		06	26	18	169	164	-	155	153	147	55
10-18	01-04	11	22	7	052	050	051	045	048	045	17
		01	13	2	-	-	061	027	066	053	16
		02	18	3	080	074	073	079	077	077	23
		03	05	8	097	-	108	078	098	086	29
		03	13	4	091	096	103	093	088	088	28
	05-08	11	21	8	057	054	056	053	053	054	17
		02	18	7	083	083	076	083	082	072	24
		03	12	1	069	067	087	056	070	072	22
		04	02	5	088	087	093	088	084	076	31
		05	23	2	181	176	179	170	170	157	58
		06	05	6	113	114	122	109	099	119	45
		06	23	2	184	176	-	172	167	173	61
	09-12	02	18	2	077	070	073	075	070	078	23
		03	12	2	113	120	123	119	114	-	34
		05	08	3	084	076	083	080	079	068	31

Tabel 4 (vervolg)

dd	ff	maand	dag	aantal kwartieren	H	N	M	P	Z	S	gemiddelde zonshoogte in graden	
			06	03	10	140	136	-	133	127	129	47
			06	04	4	120	101	112	115	113	112	41
			06	23	4	162	155	-	149	149	147	52
	13-		11	29	3	048	047	049	045	049	053	15
			12	06	5	047	048	-	047	048	047	14
			03	07	12	103	-	108	103	100	102	31
			03	08	4	082	086	094	088	087	085	28
			03	24	10	112	121	118	116	116	098	35
			05	10	8	158	158	-	156	148	137	51
			06	04	8	154	147	142	149	142	148	55
19-27	01-04		01	03	1	049	049	048	053	046	031	14
			03	12	2	093	095	089	093	081	078	27
			03	13	1	069	076	084	071	067	061	23
	05-08		02	17	1	088	078	078	076	-	058	22
			03	12	7	103	107	102	108	099	-	31
			05	03	18	154	150	153	150	141	136	48
			05	04	16	-	149	144	150	141	131	50
			06	15	2	130	155	-	124	165	114	60
			06	17	4	167	168	-	168	162	162	60
			06	18	2	171	164	-	166	144	152	59
			07	16	6	112	137	-	139	134	122	42
	09-12		02	17	4	093	088	086	085	128	065	24
			03	12	2	110	117	111	115	108	-	34
			05	03	4	170	159	156	161	150	148	52
			06	13	4	112	110	-	117	-	108	38
			07	16	2	128	129	-	131	124	125	40
	13-		02	19	2	100	086	093	085	-	-	26
			02	21	2	092	091	099	097	-	076	26
			04	14	10	125	-	125	123	118	107	37
			07	18	5	122	118	-	129	122	143	39

Tabel 4 (vervolg)

dd	ff	maand	dag	aantal kwartieren	H	N	M	P	Z	S	gemiddelde zonshoogte in graden
28-36	01-04	01	03	2	055	045	052	046	049	037	15
		05	05	2	170	168	169	163	160	149	53
		06	24	2	122	117	-	110	111	113	46
	05-08	05	04	9	126	116	115	126	117	114	39
		05	05	2	142	136	127	133	131	123	44
		06	15	6	136	129	-	122	124	123	40
	09-12	04	20	3	079	069	079	067	072	065	27
			25	2	123	112	124	115	108	110	27
			15	12	175	173	-	166	164	167	58
			19	2	152	179	-	149	174	-	56
	13-	05	24	3	128	115	123	118	114	109	34
			26	6	137	139	-	126	118	123	41