

KONINKLIJK NEDERLANDS  
METEOROLOGISCH INSTITUUT

De Bilt

WETENSCHAPPELIJK RAPPORT

W.R. 75-3

F.Th.M. Nieuwstadt

Stabiliteitsklassen  
en  
dispersiecoëfficiënten

De Bilt, 1975

Publikationsnummer: K.N.M.I. W.R. 75-3 (M.O.-B)

U.D.C.: 551.551

## Summary

In this report a comparative study is made of several stability class definitions and the related dispersion coefficients.

The stability class definitions of Pasquill, Turner, KNMI and Klug, which are all based on synoptic parameters, are discussed. The stability class definition of Singer and Smith, based on wind fluctuation data, and the definition of Bultynck et al., based on temperature gradient measurements, are also considered.

The dispersion parameters of Pasquill, Turner and Klug, which are based on experiments with low sources, and the dispersion parameters of Singer and Smith and of Bultynck et al., based on experiments with high sources, are discussed.

For the use in the Gaussian plume model dispersion parameters are recommended: for low sources (less than  $\pm 50$  m) the Pasquill coefficients and for high sources (more than  $\pm 50$  m) the Singer and Smith parameters.

Legends to figures

1. Global radiation for 0 - 1/8 clouds at a geographical latitude of 51°N in mW/cm<sup>2</sup>.
2. Standard deviation of horizontal wind direction  $\sigma_A$  from Lima and Church [11].
3. Standard deviation of vertical wind direction  $\sigma_A$  from Lima and Church [11].
4. Analogous registration of wind direction.
5. Lateral dispersion coefficient  $\sigma_y$ .
6. Vertical dispersion coefficient  $\sigma_z$ .
7. Lateral dispersion coefficient  $\sigma_y$ .
8. Vertical dispersion coefficient  $\sigma_z$ .
9. Analogous registration of wind direction.
10. Analogous registration of wind direction.

## Inhoud

Inleiding

I. Stabiliteitsklasse-definities

II. Dispersiecoëfficiënten

III. Conclusies

Appendix I. Definities van stabiliteitsklassen

Appendix II. Dispersiecoëfficiënten

Referenties

Tabellen

Figuren

## Inleiding

Bij concentratieberekeningen met behulp van het Gaussische pluimmodel, dat uitgebreid in [1] wordt beschreven, wordt gebruikgemaakt van zogenaamde dispersiecoëfficiënten, die de verspreiding van de pluim loodrecht op de windrichting door turbulentie karakteriseren. Voor een uitgebreide beschouwing van de theoretische achtergronden van deze dispersiecoëfficiënten wordt eveneens verwezen naar [1].

De dispersiecoëfficiënten zijn afhankelijk van een groot aantal factoren, zoals de atmosferische turbulentie, geklassificeerd volgens de hier te bespreken stabiliteitsklassen, de hoogte boven het aardoppervlak en de terreinomstandigheden.

Een aantal stabiliteitsklassedefinities en de bijbehorende dispersiecoëfficiënten zullen hier nader worden beschouwd, opdat voor het gebruik in het Gaussische pluimmodel een verantwoorde keuze kan worden gemaakt, waarvoor als eindconclusie aanbevelingen worden gedaan.

De verschillende stabiliteitsklassedefinities zijn met elkaar vergeleken. Hierbij is gebruikgemaakt van één maand synoptische gegevens (augustus 1972) van het station Schiphol. Hoewel uit de gegevens van slechts één maand geen algemeen geldende conclusies kunnen worden getrokken, kan hiermee toch een indruk worden verkregen van de overeenkomst tussen de diverse stabiliteitsklassedefinities.

## I. Stabiliteitsklassedefinities

Verspreiding van een pluim in de atmosfeer loodrecht op de windrichting geschiedt voornamelijk door atmosferische turbulentie.

Atmosferische turbulentie wordt in de eerste plaats geproduceerd door de wind of, beter geformuleerd, door de windgradiënt in de buurt van het aardoppervlak. In de tweede plaats kan atmosferische turbulentie worden geproduceerd, maar ook worden tegengewerkt, door respectievelijk opwarming en afkoeling van lucht aan het aardoppervlak, dat weer op zijn beurt wordt opgewarmd en afgekoeld door respectievelijk in- en uitstraling.

Voor de berekening van de verspreiding van een pluim wordt gebruikgemaakt van zogenaamde dispersiecoëfficiënten, die direkt samenhangen met de atmosferische turbulentie. Deze dispersiecoëfficiënten, die in het volgende hoofdstuk nader zullen worden besproken, volgen in de meeste gevallen uit experimenten. Uit de resultaten van deze experimenten worden de dispersiecoëfficiënten bepaald voor verschillende toestanden van de atmosfeer, die worden gekarakteriseerd met behulp van een zogenaamde stabiliteitsklasse.

Zoals volgt uit het bovenstaande, zal de definitie van deze stabiliteitsklasse in de eerste plaats afhangen van de factoren bepalend voor de atmosferische turbulentie-intensiteit: wind en straling aan het aardoppervlak.

Er zullen zes verschillende definities van stabiliteitsklassen worden besproken: (Zie Appendix I voor de juiste definities).

- |             |                    |
|-------------|--------------------|
| 1. Pasquill | 4. Klug            |
| 2. Turner   | 5. Singer en Smith |
| 3. K.N.M.I. | 6. Bultynck e.a.   |

Deze zes definities zijn ruwweg in drie groepen te verdelen:

- I. De definities 1 tot en met 4 maken alleen gebruik van synoptische gegevens en zijn dus praktisch zeer bruikbaar, omdat synoptische gegevens op een groot aantal meteorologische stations routinematig worden verzameld.
- II. Definitie 5 maakt gebruik van windfluctuatie-registraties. Deze methode is van theoretisch standpunt gezien zonder meer te prefereren. Een nadeel van deze methode is, dat een classificatie met behulp van analoge registraties zeer subjectief is. Het is bijvoorbeeld onmogelijk met deze methode met behulp van de computer een klimatologie van stabiliteitsklassen te vervaardigen.
- III. Definitie 6 maakt gebruik van metingen aan een meteorologische mast, die niet overal verkrijgbaar zijn. Een zorgvuldige vergelijking van deze definitie met andere stabiliteitsklassedefinities is niet gemaakt, zodat de resultaten gebaseerd op deze definitie moeilijk vergeleken kunnen worden met resultaten gebaseerd op een andere stabiliteitsklassedefinitie.

Allereerst zal nader worden ingegaan op de stabiliteitsklassedefinities hierboven in groep I ondergebracht. De definitie van Pasquill, die aan de overige definities binnen groep I ten grondslag ligt, maakt gebruik van niet nader gekwantificeerde begrippen, zoals sterke, matige en zwakke instraling. In de literatuur (Golder [2], Smith [3]) worden de volgende waarden bij deze begrippen gekozen: sterke instraling voor een globale straling groter dan  $70 \text{ mW/cm}^2$  en zwakke instraling voor een globale straling kleiner dan  $35 \text{ mW/cm}^2$ , met daartussen het gebied van de matige instraling. Omdat op de meeste meteorologische stations geen straling wordt gemeten, moet de instraling worden geschat uit de bewolgingsgraad en de tijd van de dag en van het jaar. Door Smith [3] is aangegeven de gemiddelde instraling als functie van de tijd en de bewolking voor de breedtegraad  $51^\circ\text{N}$ . (figuur 1). Deze resultaten kunnen worden toegepast op de Nederlandse situatie. Met behulp van deze figuur kunnen de Pasquill-stabiliteitsklassen worden bepaald uit synoptische gegevens.

Een nadeel, dat de Pasquill-stabiliteitsklassedefinitie deelt met de overige stabiliteitsklassedefinities binnen groep I, is de vrij



willekeurige definitie van dag en nacht. Bij Pasquill wordt de tijd tussen één uur na zonsopgang en één uur voor zonsondergang als de dag gedefinieerd. Bij Turner en Klug geldt de tijd tussen zonsopkomst en zonsondergang als de dag. Beter is het de grenzen van de dag te leggen op het tijdstip van het omslaan van de stralingsbalans, omdat dit tijdstip van grote invloed is op het ontstaan en de afbraak van de nachtelijke inversie. Dit tijdstip ligt op 1.1 tot 1.8 uur na zonsopgang respectievelijk voor zonsondergang, afhankelijk van de tijd van het jaar (Van Ulden [4]). Bij de definitie van dag en nacht voor de KNMI-stabiliteitsklassen is rekening gehouden met dit omslaan van de energiebalans.

Een toepassing hiervan op de methode van Pasquill zou bestaan uit het leggen van de grens dag/nacht op het tijdstip dat de instraling minder dan  $10 \text{ mW/cm}^2$  wordt.

Het willekeurige definiëren van de dag/nacht-grens kan tot aanzienlijke fouten leiden bij de bepaling van de stabiliteitsklassen gedurende de overgang dag/nacht. Dit nadeel tracht men te onder- vangen door gebruik te maken van speciale regels voor de overgang van dag/nacht (zie hiervoor o.a. de definities van Pasquill 1 en Klug 4 in appendix I). De moeilijkheden worden echter hierdoor niet geheel opgelost. In de berekeningen, die zijn uitgevoerd voor de maand augustus 1972, is het meermalen voorgekomen dat kort na zons- opgang tengevolge van een lage bewolgingsgraad en een lage wind- snelheid met de definities uit groep I een onstabiele stabiliteits- categorie werd berekend, terwijl uit de overige gegevens duidelijk was dat er eerder sprake was van een stabiele situatie.

Voor de maand augustus 1972 zijn de stabiliteitsklassen volgens Pasquill, waarbij de instraling is bepaald volgens de hierboven besproken gegevens van Smith, bepaald uit de synoptische gegevens van het station Schiphol. Omdat in de Pasquill-methode gedurende de nacht bij een windsnelheid kleiner dan 2 m/s geen stabiliteits- klasse is gedefinieerd, is bij de berekening dit geval ondergebracht in klasse G. In tabel 1 is aangegeven hoe de verschillende stabili- teitsklassen procentueel over deze maand zijn verdeeld.

De stabiliteitsklassedefinitie van Turner heeft het voordeel boven die van Pasquill, dat hierin geen niet-gekwantificeerde begrippen

voorkomen. De mate van instraling wordt hier bepaald uit de zonshoogte en de bewolking. De zonshoogte  $a$  in graden is een functie van de plaats op aarde, de tijd van het jaar en de tijd van de dag, volgens de formule

$$a = \text{arc sin} \{ \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega (t-t_0) \} \quad (1)$$

Hierin is  $\varphi$  de geografische breedte, voor Nederland  $\varphi = 52^\circ$ . De  $\delta$  is de declinatie van de zon en wordt bij benadering gegeven door de uitdrukking

$$\delta = 23^\circ 26' \sin \left\{ 90^\circ \left( \frac{527-2n}{183} \right) \right\} \quad (2)$$

Hier is  $n$  het nummer van de dag: 1 januari is  $n = 1$  en 31 december is  $n = 365$ . De  $t$  is het tijdstip van de dag in GMT en  $t_0$  is het tijdstip van de hoogste zonnestand, in Nederland ongeveer 11 uur 38 min. GMT. De  $\omega$  is de cirkelfrekwentie van de aardrotatie en dus gelijk aan  $\omega = 360^\circ/24$ .

De definitie van de globale straling aan de hand van de zonshoogte in de methode van Turner (zie appendix I) zou, indien de hierboven besproken grenzen m.b.t. sterke, matige en zwakke straling genomen worden, voor de omstandigheden in Nederland als volgt moeten worden gewijzigd: sterke instraling voor een zonshoogte groter dan  $55^\circ$  en zwakke instraling voor een zonshoogte kleiner dan  $30^\circ$ .

In de methode van Turner wordt de dag gedefinieerd als de tijd tussen zonsopgang en zonsondergang. De bezwaren van een dergelijke definitie zijn reeds besproken. Een betere definitie van de grens dag/nacht, die enigszins rekening houdt met het omslaan van de stralingsbalans, is het bereiken van een zonshoogte van  $10^\circ$ .

In de literatuur is onderzoek gedaan naar het verband tussen de Pasquill- en de Turner-stabiliteitsklassen (Golder [2]). In dit artikel worden de resultaten gegeven van een gelijktijdige berekening van Pasquill- en Turner-stabiliteitsklassen voor verschillende experimenten. (Zie tabel 2). Uit deze tabel volgt, dat uitgaande van de Pasquill-klassen het volgende verband tussen beide stabiliteitscategorieën bestaat:  $A \rightarrow 1$ ,  $B \rightarrow 2$ ,  $C \rightarrow 3$ ,  $D \rightarrow 4$ ,  $E \rightarrow 6$  en  $F \rightarrow 7$ .

Uitgaande van de Turner-stabiliteitscategorieën is een verband moeilijker te leggen. Klasse 1 correspondeert zowel met A en B, 2 → B, 3 → C; de klassen 4 en 5 corresponderen beide met D, 6 → E en 7 → F.

Dat er een verband bestaat tussen de Turner- en de Pasquill-stabiliteitsklassen is echter zonder meer duidelijk. Omdat de methode van Turner volledig objectief is en vrij gemakkelijk op een computer kan worden geprogrammeerd, verdient deze methode de voorkeur.

De stabiliteitsklassedefinitie van het KNMI is alleen gebaseerd op windsnelheid, bewolking en jaargetijde. Deze stabiliteitsklassen moeten corresponderen met die van Pasquill. In de KNMI-methode echter komen de onstabiele stabiliteitsklassen te vaak voor. Zo is het duidelijk uit figuur 2 dat in de maanden december, januari en februari op geen enkel tijdstip de waarde van sterke instraling:  $70 \text{ mW/cm}^2$  gehaald wordt, zodat volgens de Pasquill-definitie in deze maanden nooit stabiliteitsklasse A kan voorkomen. Bij de KNMI-methode echter wordt tijdens de winter voor een aanzienlijk aantal gevallen stabiliteitsklasse A gekozen, zodat deze in dit opzicht niet met de Pasquill-methode correspondeert.

Voor de maand augustus 1972 zijn met de synoptische gegevens van het station Schiphol de stabiliteitsklassen volgens de KNMI-definitie berekend. De resultaten zijn vermeld in tabel 3, tesamen met de resultaten van de stabiliteitsklimatologie (KNMI [5]) voor het station Schiphol. Het blijkt dat in deze maand ten opzichte van de klimatologie betrekkelijk weinig gevallen van stabiliteitsklasse A voorkomen en vrij veel gevallen van stabiliteitsklasse E. Hierbij moet natuurlijk rekening worden gehouden dat de berekeningen zijn uitgevoerd voor slechts één maand in één jaar en dus niet representatief zijn voor een klimatologie.

Tevens is een vergelijking gemaakt met de stabiliteitsklassen berekend met dezelfde gegevens volgens de Pasquill-methode (tabel 4). De resultaten zijn zodanig dat geen eenduidig verband tussen de stabiliteitsklassen volgens het KNMI en die volgens Pasquill gegeven kan worden. Vooral voor de onstabiele categorieën is geen enkele correlatie tussen beide definities te vinden. Omdat er echter voor

deze onstabiele categorieën te weinig gevallen zijn gevonden, kan hieruit geen definitieve conclusie worden getrokken. De stabiliteitscategorie D volgens Pasquill blijkt redelijk overeen te komen met stabiliteitsklasse D volgens het KNMI. Zowel bij de Pasquill- als bij de KNMI-methode blijkt dat stabiliteitsklasse D verdeeld is over een groot aantal categorieën van de andere methode. Eén van de oorzaken hiervoor is de door beide methoden, niet voor alle gevallen juiste behandeling van de grens dag/nacht en de uren in de buurt van deze grens. Het verband tussen de stabiele categorieën van beide methoden is redelijk.

De stabiliteitsklassedefinitie volgens Klug komt, voor wat de berekeningsmethode betreft, het meest in de buurt van de KNMI-methode. Voor dezelfde gegevens als hierboven zijn gebruikt, is een stabiliteitsberekening volgens Klug uitgevoerd, waarvan de resultaten in tabel 5 zijn vermeld. In tabel 6 zijn deze resultaten vergeleken met de berekeningen volgens de KNMI-methode. Het is duidelijk dat het verband tussen beide methoden vrij slecht is, hetgeen voornamelijk is te wijten aan de slechte behandeling van de grens dag/nacht in de methode Klug.

Hiermee is groep I van de stabiliteitsklassedefinities, die zijn gebaseerd op synoptische gegevens, besproken.

Zoals reeds benadrukt, zijn de stabiliteitsklassen een maat voor de atmosferische turbulentie, zodat er een verband moet bestaan tussen stabiliteitsklassen en windfluctuaties. In de literatuur zijn enige artikelen bekend, waarin wordt getracht windfluctuatiegeraden te correleren met stabiliteitsklassen gedefinieerd met behulp van synoptische gegevens. In het artikel van Luna and Church [6] wordt het verband onderzocht tussen de stabiliteitsklassen berekend volgens een enigszins gewijzigde methode van Turner (de benaming van de stabiliteitsklassen is gelijk gekozen aan die van Pasquill) en de standaarddeviaties van de windrichtingsfluctuaties zowel vertikaal als horizontaal ten opzichte van een 10-minutengemiddelde gemeten op 92 m hoogte aan een TV-mast, die zelf weer op de top van een heuvel was gelegen.

In de figuren 2 en 3 zijn twee diagrammen uit het geciteerde artikel overgenomen. In figuur 2 is de cumulatieve frekwentieverdeling uitgezet voor de standaarddeviatie van de windfluctuaties in horizontale richting (azimuth:  $\sigma A$ ) en in figuur 3 is eenzelfde verdeling uitgezet voor de standaarddeviatie van de windfluctuaties in verticale richting (elevatie:  $\sigma E$ ) geklassificeerd naar de stabiliteitsklasse. Uit beide figuren is duidelijk dat voor elke stabiliteitsklasse een grote "range" van standaarddeviaties kan voorkomen. Ook is duidelijk dat, zoals verwacht mag worden, naarmate de stabiliteit kleiner wordt, de frekwentieverdeling verschuift naar de grotere standaarddeviaties. In tabel 7 zijn eveneens uit dit artikel de mediaanwaarden van de  $\sigma A$  en  $\sigma E$  voor elke stabiliteitsklasse overgenomen. Hierbij moet in acht worden genomen dat deze standaarddeviaties zijn berekend uit metingen op 92 m hoogte.

Een andere poging om een verband te leggen tussen de windfluctuaties en de stabiliteitscategorieën is van Skibin [12]. In dit artikel worden de stabiliteitsklassen, berekend volgens Pasquill, vergeleken met de gemiddelde breedte van de analoge registratie van de windrichting op verschillende hoogten. Deze breedte hangt samen met de standaarddeviatie van de windfluctuaties. Deze breedte neemt af naarmate de stabiliteit toeneemt, behalve voor de zeer stabiele klassen F en G, waar de breedte van de horizontale windrichtingsregistratie weer toeneemt.

Er kan dus worden geconcludeerd dat er zonder twijfel een verband bestaat tussen stabiliteitsklasedefinities gebaseerd op synoptische gegevens en windfluctuatiegegevens, zodat dergelijke stabiliteitsklasedefinities toepasbaar zijn bij de classificatie van dispersiecoëfficiënten. Het verband is echter niet eenvoudig en ook vaak niet eenduidig, zodat de windfluctuaties zelf de voorkeur verdienen als maat voor de atmosferische turbulentie.

De definitie van Singer en Smith, die behoort tot groep II, is gebaseerd op het klassificeren met behulp van fluctuaties in de horizontale windrichting. Een aantal patronen van de analoge registratie van de windrichting wordt onderscheiden (zie appendix I, 5).

Deze klassificatie is uitgevoerd voor de reeds eerdergenoemde gegevens van Schiphol. De resultaten zijn vermeld in tabel 8. De voordelen van een klassificatie naar windfluctuaties blijkt uit het volgende voorbeeld. De analoog-registratie van de windrichting op het station Schiphol van 2 augustus 1972 is gegeven in figuur 4. Het grootste gedeelte van de dag wordt, wanneer de stabiliteitsklassedefinitie van het KNMI wordt gebruikt, ten gevolge van de hoge bewolgingsgraad als klasse D geklassificeerd. Uit figuur 6 is duidelijk dat met behulp van de Singer en Smith classificatie een groot gedeelte van de dag (de ochtend en de voormiddag) als klasse  $B_2$  benoemd zou moeten worden, hetgeen ook in overeenstemming is met het weer van die dag: gedurende de ochtend en voormiddag een zwakke wind en een onstabiel opgebouwde atmosfeer, wat aanleiding gaf tot het ontstaan van cumulonimbi en gedurende de namiddag en avond vrijwel continu onweer. Hiermee is duidelijk aangetoond, dat voor speciale gevallen de stabiliteitsklassebepaling met behulp van synoptische gegevens niet het juiste resultaat geeft. Terzijde moet worden opgemerkt, dat de stabiliteitsklassedefinitie van Pasquill het er beter afbracht en voor de ochtend en middag de stabiliteitsklassen B en C aangaf.

De classificatie volgens Singer en Smith is vergeleken met de stabiliteitsklassedefinities van het KNMI en van Pasquill in respectievelijk tabel 9 en 10. Uit deze tabellen is duidelijk, dat zowel klasse  $B_1$  als klasse C met klasse D van Pasquill en het KNMI correspondeert. Uit het oorspronkelijke werk van Singer en Smith [5] blijkt, dat zowel  $B_1$  als C het meest voorkomt bij een ongeveer neutrale temperatuurgradiënt, maar dat de gemiddelde snelheid voor klasse C hoger is dan voor klasse  $B_1$ . Beide klassen kunnen dan ook als neutraal benoemd worden. Het verband tussen de onstabiele klasse  $B_2$  en de onstabiele klassen van Pasquill is beter dan het verband met de onstabiele klassen van het KNMI. De overeenkomst van de stabiele klasse D met de stabiele klassen van beide stabiliteitsklassedefinities is redelijk.

De stabiliteitsklassedefinitie van Bultynck e.a., die tot groep III behoort, is gebaseerd op de meting van temperatuurgradiënten en de windsnelheid op grote hoogte en vereist als

zodanig de aanwezigheid van een meteorologische toren. Hierdoor is een vergelijking met andere stabiliteitsklassedefinities moeilijk. In het rapport van Bultynck e.a. is een vergelijking gemaakt tussen de Bultynck-stabiliteitsklassen en de Pasquill-klassen gebaseerd op standaarddeviaties van de horizontale windrichtingsfluctuaties  $\sigma_A$  (tabel 11). Voor de standaarddeviaties behorende bij de Pasquill-klasse zijn de waarden gebruikt, die vermeld zijn in het werk van Slade [9]. Echter, uit enige berekeningen gedaan op het KNMI, is voor de standaarddeviatie van de horizontale windrichtingsfluctuaties van de 10 m wind bij de stabiliteitsklasse D ca.  $7^\circ$  gevonden, zodat verwacht mag worden dat de standaarddeviaties vermeld in Slade iets aan de hoge kant zijn. Ook dient te worden benadrukt dat deze standaarddeviaties zijn bepaald uit windmetingen op lage hoogte, terwijl de standaarddeviaties gebruikt door Bultynck e.a. zijn bepaald uit windmetingen op 69 m. Deze beide standaarddeviaties zijn niet zonder meer vergelijkbaar.

Uit het bovenstaande is duidelijk, dat het verband tussen de Bultynck-stabiliteitsklassen en de Pasquill-klassen, zoals dit is vermeld in tabel 11, niet zonder meer bruikbaar is. Een verdere studie van dit verband zou gewenst zijn, opdat de resultaten van Bultynck e.a. kunnen worden vergeleken met die van andere experimenten.

## II. Dispersiecoëfficiënten

In de inleiding is aangegeven, dat de dispersiecoëfficiënten van belang zijn in de berekening van de dispersie van een pluim volgens het Gaussische pluimmodel.

Als kan worden aangenomen, dat de turbulentie stationair en homogeen is, kan een theoretische expressie voor de dispersiecoëfficiënten worden gevonden, waarop in [1] nader wordt ingegaan. Met behulp van deze theorie is het mogelijk de dispersiecoëfficiënten als functie van de reistijd of de afgelegde weg te berekenen; indien ter plaatse van de bron windfluctuatietingen bekend zijn. Omdat deze theorie echter is gebaseerd op de veronderstelling van homogene en stationaire turbulentie, zijn de resultaten niet zonder meer bruikbaar in de atmosfeer. In de atmosfeer dienen de dispersiecoëfficiënten in de eerste plaats te zijn gebaseerd op dispersieproeven.

Bij de meting van de dispersiecoëfficiënten heeft de meetduur, waarover de dispersiecoëfficiënten worden bepaald, een grote invloed op de waarde van deze coëfficiënten. In [1] wordt hieraan uitgebreid aandacht geschonken. Bij de specificatie van de dispersiecoëfficiënten dient dus de waarde van de middelingsduur gegeven te worden.

Hieronder volgt de bespreking van enige dispersiecoëfficiënten opgenomen in appendix II. Bij het gebruik van een bepaalde dispersiecoëfficiënt dient tevens gebruik te worden gemaakt van de bijbehorende stabiliteitsklassedefinitie. Daarom worden in dit hoofdstuk alleen die dispersiecoëfficiënten behandeld, waarvan de stabiliteitsklassedefinitie in hoofdstuk I is besproken. (De nummering van de dispersiecoëfficiënten correspondeert met die van de stabiliteitsklassedefinities in appendix I). Er moet onderscheid worden gemaakt tussen twee groepen: de dispersiecoëfficiënten berekend uit bronnen op lage hoogte en de dispersiecoëfficiënten berekend uit bronnen op grote hoogte.



Tot de eerste groep behoren de dispersiecoëfficiënten in appendix II, genummerd 1 t/m 4. Tot de tweede groep behoren de overige twee dispersiecoëfficiënten.

De dispersiecoëfficiënten voor de lage bronnen zijn voor een groot deel gebaseerd op het experiment bekend onder de naam "Prairie-grass", dat omstreeks 1957 in O'Neill (Neb) is uitgevoerd.

Een van de eerste resultaten van dit experiment voor wat betreft de dispersiecoëfficiënten is gepubliceerd door H. Cramer [10]. Deze resultaten zijn uitgezet in de figuren 5 en 6, tezamen met de andere dispersiecoëfficiënten, die op dit experiment zijn gebaseerd. Ondanks deze gezamenlijke basis is een aanmerkelijke spreiding tussen de verschillende dispersiecoëfficiënten te zien, die slechts gedeeltelijk kan worden verklaard uit de verschillende toegepaste stabiliteitsklassedefinities. Er kan geconcludeerd worden, dat de atmosferische dispersie niet zonder meer op een eenvoudige manier met behulp van stabiliteitsklassen mag worden behandeld, tenzij een vrij ruwe klassificatie van de dispersiecoëfficiënten wordt gevraagd.

De dispersiecoëfficiënten 1, zoals die door Pasquill en Gifford worden gegeven, zijn behalve gebaseerd op de Prairie-grass experimenten ook gebaseerd op windfluctuatieberekeningen volgens de hierboven genoemde theorie. De meetduur voor deze experimenten bedraagt ongeveer 10 minuten.

De dispersiecoëfficiënten van Turner [21] zijn zonder meer gebaseerd op de dispersiecoëfficiënten van Pasquill. In het artikel van Turner wordt gesteld dat, indien getransformeerd wordt van reistijd naar afgelegde weg met behulp van een wind van 5 m/s, de Pasquill-coëfficiënten goed worden benaderd, hetgeen ook volgt uit de figuren 5 en 6. Indien alleen afgegaan wordt op deze figuren, is het volgende verband tussen de Pasquill- en de Turner-stabiliteitsklassen te geven: A ↔ 1, B ↔ 2, C ↔ 3, D ↔ 4 en E ↔ 5. Dit is niet in overeenstemming met het verband gevonden door Golder [2], dat is besproken in het vorige hoofdstuk, zodat dit punt nader onderzocht dient te worden.

De dispersiecoëfficiënten van het KNMI zijn volledig identiek aan die van Pasquill.

De dispersiecoëfficiënten van Klug zijn eveneens gebaseerd op de "Prairie-grass" experimenten. De meetduur wordt niet genoemd, maar omdat deze dispersiecoëfficiënten op voornoemde experimenten zijn gebaseerd, zal deze ongeveer 10 minuten bedragen.

Zoals bij de meeste dispersieproeven gebeurt, wordt de  $\sigma_y$  rechtstreeks gemeten. De  $\sigma_z$  kan dan worden berekend, als aangenomen wordt dat de verticale concentratieverdeling Gaussisch is.

Behalve deze verdeling moet dan ook de windsnelheid bekend zijn, die in de noemer van de formule van het Gaussische pluimmodel [1] staat. Deze windsnelheid kan op vele manieren worden gekozen, waarvan de meest gebruikelijke de wind op bronhoogte is. De bepaling van de windsnelheid bij Klug is echter anders. Deze door hem gebruikte methode is ontwikkeld door Singer en Smith [11] en wordt ook gebruikt bij de toepassing van hun dispersiecoëfficiënten, die in de volgende alinea besproken zullen worden.

De dispersiecoëfficiënten van Klug, bepaald volgens deze windsnelheidsberekening, zijn gegeven in de figuren 5 en 6. De verschillen kunnen gedeeltelijk uit de afwijkende berekening van de wind worden verklaard. Bij het toepassen van de dispersiecoëfficiënten van Klug voor concentratieberekeningen is het duidelijk, dat alleen consistente resultaten verkregen kunnen worden als de afwijkende windsnelheidsberekening wordt toegepast.

De volgende groep dispersiecoëfficiënten is gebaseerd op dispersieproeven uit hoge bronnen. De dispersiecoëfficiënten van Singer en Smith zijn berekend uit vele dispersieproeven met een 108 m hoge bron. Voor de meetduur kan ongeveer één uur worden genomen. Voor de windsnelheidsberekening geldt dezelfde opmerking als gemaakt bij de dispersiecoëfficiënten van Klug. Deze dispersiecoëfficiënten zijn afgebeeld in de figuren 7 en 8.

De dispersiecoëfficiënten van Bultynck zijn gebaseerd op zowel theoretische berekeningen als op dispersieproeven met een 69 m hoge bron. De meetduur is ongeveer één uur. De dispersiecoëfficiënten zijn opgenomen in de figuren 7 en 8.

De invloed van de ruwheid van het aardoppervlak op de dispersiecoëfficiënten is hierboven niet ter sprake gekomen. Omdat een grotere ruwheid van het aardoppervlak een grotere turbulentiegraad

ten gevolge heeft, zal de invloed van de ruwheid in het bijzonder op de dispersiecoëfficiënten voor lage bronnen aanzienlijk kunnen zijn. De dispersiecoëfficiënten gebaseerd op de "Prairie-grass" experimenten zijn alleen geldig voor oppervlakken met een lage ruwheid, overeenkomstig het oppervlak, waar de experimenten zijn uitgevoerd: redelijk vlak grasland. De invloed van bijvoorbeeld stedelijke ruwheid is o.a. onderzocht door Mc Elroy [12]. Gevonden wordt, dat de  $\sigma_y$ -waarden aanvankelijk groter zijn dan de  $\sigma_z$ -waarden voor een oppervlak met lage ruwheid. Als echter de afstand tot de bron toeneemt, naderen beide  $\sigma_y$ -waarden tot elkaar. De  $\sigma_z$ -waarden voor een ruw oppervlak zijn voor alle afstanden groter dan de  $\sigma_z$ -waarden voor oppervlakken met een lage ruwheid. Als eerste benadering mag worden gesteld, dat de  $\sigma_z$ -waarden voor ruwe oppervlakken bij een bepaalde stabiliteitsklasse ongeveer overeenkomen met de  $\sigma_z$ -waarden voor oppervlakken met een lage ruwheid bij een stabiliteitsklasse, die één klasse is verschoven naar de onstabiele kant. Dit resultaat wordt ook bevestigd door Ludwig [13].

### III. Conclusies

Bij een berekening van de verspreiding van een pluim in de atmosfeer met behulp van het Gaussische pluimmodel wordt de atmosferische turbulentie en daarmee de dispersiecoëfficiënten van het model in zogenaamde stabiliteitsklassen ingedeeld. De dispersiecoëfficiënten en de bijbehorende stabiliteitsklassedefinities volgen uit experimenten.

De meest praktische stabiliteitsklassedefinities maken slechts gebruik van synoptische weerparameters. Hieronder vallen de stabiliteitsklassedefinities van Pasquill, Turner, KNMI en Klug. Hoewel deze definities eenvoudig zijn toe te passen en in de meeste gevallen bruikbare resultaten opleveren, zijn toch enige algemene bezwaren tegen dergelijke methoden te formuleren. Niet alleen is het onmogelijk de atmosferische turbulentie in een discreet aantal klassen onder te brengen maar ook een eenduidige beschrijving ervan met een aantal eenvoudige, synoptische weerparameters is onmogelijk.

Gemiddeld bestaat er echter een verband tussen de atmosferische turbulentie en deze stabiliteitsklassen maar de spreiding is zeer groot. In sommige gevallen zelfs kan de schatting van de atmosferische turbulentie met behulp van de stabiliteitsklassedefinitie volledig in tegenspraak zijn met de in werkelijkheid aanwezige atmosferische turbulentie.

Een verbetering van deze stabiliteitsklassedefinities door bijvoorbeeld een uitbreiding van het aantal te gebruiken weerparameters lijkt niet mogelijk.

Een stabiliteitsklassedefinitie zou gebaseerd moeten zijn op windfluctuaties, die de juiste maat vormen voor de atmosferische turbulentie-intensiteit. In de stabiliteitsklassedefinitie van Singer en Smith wordt dit het best benaderd. De toepassing van deze methode stuit echter op praktische bezwaren.

De dispersiecoëfficiënten, die de verspreiding van de pluim loodrecht op de windrichting beschrijven, zijn een funktie van de atmosferische turbulentie. Uit experimenten worden door toepassing van een stabiliteitsklassedefinitie dispersiecoëfficiënten gevonden

voor verschillende toestanden van de atmosfeer. Omdat de stabiliteitsklassen in de meeste gevallen slechts een ruwe begrenzing van de atmosferische turbulentie vormen, zullen zelfs binnen één klasse de uit metingen verkregen dispersiecoëfficiënten in reële gevallen aanzienlijk kunnen afwijken van de in werkelijkheid optredende dispersiecoëfficiënten.

Omdat de atmosferische turbulentie een functie is van de hoogte boven en de toestand van het aardoppervlak, kunnen de uit metingen bepaalde dispersiecoëfficiënten alleen worden toegepast op een situatie voor wat betreft terreinomstandigheden en bronhoogte, die overeenkomt met de situatie waarvoor de experimenten zijn uitgevoerd. Dit leidt tot het gebruik van verschillende dispersiecoëfficiënten voor verschillende bronhoogten.

Als eindconclusie worden voor toepassing van het Gaussische pluimmodel de volgende parameters aanbevolen.

Het gebruik van een stabiliteitsklassedefinitie, die is gebaseerd op synoptische weerparameters, wordt op praktische gronden aanbevolen. De toepassing van de definitie volgens Pasquill of de toepassing van de definities volgens Turner, het KNMI of Klug, die eigenlijk op de definitie van Pasquill zijn gebaseerd, zullen gemiddeld genomen dezelfde resultaten opleveren. Een gefundeerde keuze tussen deze definities is daarom niet mogelijk.

Bij de dispersiecoëfficiënten wordt een onderscheid gemaakt tussen hoge en lage bronnen. Voor lage bronnen, bronhoogte lager dan ca. 50 m, worden de dispersiecoëfficiënten van Pasquill-Gifford aanbevolen. Voor hoge bronnen, bronhoogte hoger dan ca. 50 m, worden de dispersiecoëfficiënten van Singer en Smith aanbevolen. Bij het gebruik van deze laatste dispersiecoëfficiënten moet een verband aangegeven worden tussen de stabiliteitsklassen volgens Pasquill en die volgens Singer en Smith. Dit verband is aangegeven in tabel 12.

Definities van stabiliteitsklassen

1. Pasquill [14]

De stabiliteit wordt bepaald uit de instraling, de bewolking en de windsnelheid met behulp van onderstaande tabel:

windsnelheid op 10 m in m/s	straling			nacht	
	sterk	matig	zwak	$\geq 4/8$ lage bewolking	$\leq 3/8$ bewolking
< 2	A	AB	B	-	-
2-3	AB	B	C	E	F
3-5	B	BC	C	D	E
5-6	C	CD	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

De dag wordt gedefinieerd van 1 uur na zonsopgang tot 1 uur voor zonsondergang.

De neutrale klasse D geldt altijd, zowel dag als nacht en ongeacht de windsnelheid, bij een geheel bewolkte hemel. Gedurende het uur voorafgaand en volgend op de nacht wordt stabiliteitsklasse D genomen.

De stabiliteitscategorieën hebben de volgende benaming:

A sterk onstabiel, B matig onstabiel, C licht onstabiel, D neutraal, E licht stabiel, F matig stabiel.

2. Turner [15]

Deze methode is een kwantificering van het Pasquill-systeem 1. De instraling wordt bepaald uit de zonshoogte:

zonshoogte (a)	instraling	stralingsgetal
$60^\circ < a$	sterk	4
$35^\circ \leq a \leq 60^\circ$	matig	3
$15^\circ \leq a \leq 35^\circ$	klein	2
$15^\circ \leq a$	zwak	1

1. Als de totale bewolking  $8/8$  bedraagt en de basis is lager dan 7000 ft, wordt het netto stralingsgetal gelijk aan nul gesteld.
2. Gedurende de nacht (tussen zonsondergang en zonsopgang) geldt:
  - a. als de bewolking  $\leq 3/8$ , wordt het netto stralingsgetal gelijk aan -2;
  - b. als de bewolking  $> 3/8$ , wordt het netto stralingsgetal gelijk aan -1;
3. Gedurende de dag:
  - a. met behulp van de zonshoogte wordt het stralingsgetal bepaald;
  - b. als de bewolking  $\leq 4/8$ , wordt het netto stralingsgetal gelijk aan het stralingsgetal;
  - c. als de bewolking  $\geq 5/8$ , wordt het stralingsgetal op de volgende wijze gemodificeerd om het netto stralingsgetal te verkrijgen:
    1. als de basishoogte  $< 7000$  ft, trek 2 van het stralingsgetal af;
    2. als de basishoogte  $\geq 7000$  ft, maar  $< 16000$  ft, trek 1 van het **stralingsgetal af**;
    3. als de bewolking  $8/8$  is (de basis is dan uiteraard  $\geq 7000$  ft), trek 1 van het stralingsgetal af;
    4. als het netto stralingsgetal kleiner dan 1 wordt, stel dan dit getal weer gelijk aan 1.

De stabiliteitsklassen kunnen dan met onderstaande tabel worden bepaald:

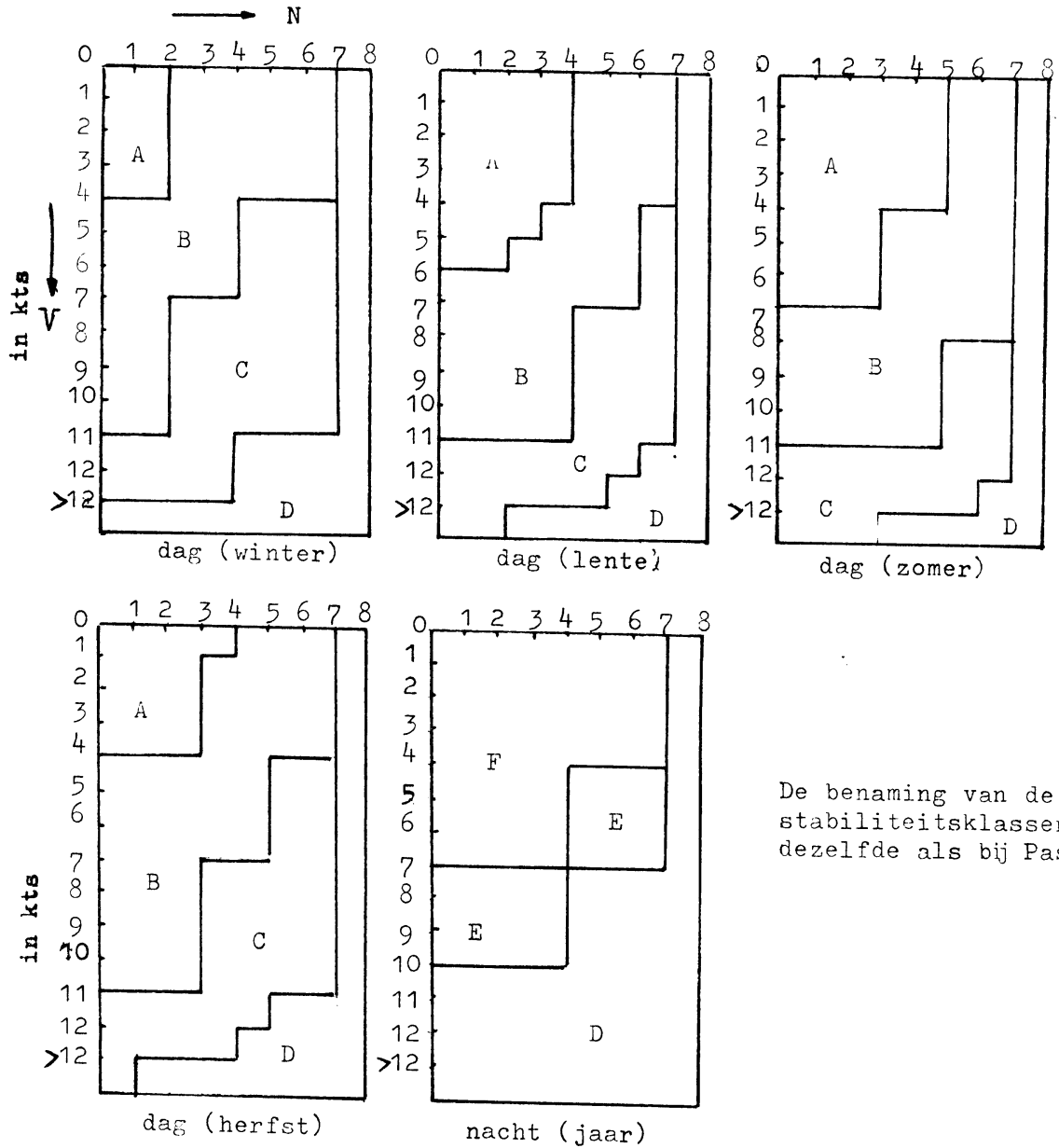
windsnelheid in kts	netto stralingsgetal						
	4	3	2	1	0	-1	-2
0, 1	1	1	2	3	4	6	7
2, 3	1	2	2	3	4	6	7
4, 5	1	2	3	4	4	5	6
6	2	2	3	4	4	5	6
7	2	2	3	4	4	4	5
8, 9	2	3	3	4	4	4	5
10	3	3	4	4	4	4	5
11	3	3	4	4	4	4	4
$\geq 12$	3	4	4	4	4	4	4

De stabiliteitsklassen zijn gedefinieerd als:

- 1 sterk onstabiel; 2 onstabiel; 3 licht onstabiel; 4 neutraal;
- 5 licht stabiel; 6 stabiel; 7 sterk stabiel.

3. K.N.M.I. [5]

De stabiliteitsklasse wordt bepaald aan de hand van de bewolking, de windsnelheid en het jaargetijde uit de volgende figuren:



De benaming van de stabiliteitsklassen is dezelfde als bij Pasquill.

**Definities van de seizoenen en de tijden van de dag in GMT zijn:**

		dag	nacht		dag	nacht		
winter	{	december	11-14	15-10	zomer	juni	6-18	19- 5
		januari	10-14	15- 9		juli	6-18	19- 5
		februari	9-15	16- 8		augustus	7-18	13- 6
lente	{	maart	8-16	17- 7	herfst	september	8-17	13- 7
		april	7-17	18- 6		oktober	9-16	17- 8
		mei	6-18	19- 5		november	10-15	15- 9



4. Klug [16]

De stabiliteit wordt uit de bewolgingsgraad en de windsnelheid bepaald met behulp van de volgende tabel.

windsnelheid op 10 m in m/s	nacht		dag		
	0/8-6/8	7/8-8/8	0/8-2/8	3/8-5/8	6/8-8/8
< 1,5	I	II	IV	IV	IV
2	I	II	IV	IV	III <sub>2</sub>
3	II	III <sub>1</sub>	IV	IV	III <sub>2</sub>
4	III <sub>1</sub>	III <sub>1</sub>	IV	III <sub>2</sub>	III <sub>2</sub>
≥ 5	III <sub>1</sub>	III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	III <sub>1</sub>	III <sub>1</sub>

1. Gedurende de maanden juni en juli tussen 11 en 15 uur en gedurende de maanden augustus en mei tussen 12 en 14 uur (plaatselijke tijd) wordt, als de bewolgingsgraad  $\leq 5/8$  en de windsnelheid  $< 5$  m/s zijn, één hogere stabiliteitsklasse gekozen. Hierdoor is een stabiliteitsklasse V mogelijk.
2. In de maanden december, januari en februari wordt de stabiliteitsklasse IV door III<sub>2</sub> vervangen.
3. Voor bronnen waarvan de effectieve hoogte  $> 100$  m, wordt de stabiliteitsklasse van de nacht nog 2 uur na zonsopgang gebruikt. Indien de effectieve hoogte  $< 100$  m en het niet een grondbron betreft, wordt de stabiliteitsklasse van de nacht nog 1 uur na zonsopgang gebruikt. Bij de berekening van concentraties uit bronnen waarvan de effectieve hoogte  $> 150$  m is, wordt de stabiliteitsklasse I door II vervangen.
4. Gedurende 2 uur voor zonsondergang gelden de volgende regels:
  - a. als de stabiliteitsklassen van de dag en de nacht één klasse verschillen (bijv. III<sub>2</sub> en III<sub>1</sub> resp.), wordt de stabiliteitsklasse behorende bij de dag gebruikt;
  - b. als de stabiliteitsklassen van de dag en de nacht twee of drie klassen verschillen, wordt de stabiliteitsklasse van de dag één klasse lager gekozen;
  - c. bedraagt het verschil vier klassen, dan wordt de stabiliteitsklasse van de dag twee klassen lager gekozen.

5. Voor het geval dat de bewolking alleen uit hoge bewolking bestaat, wordt de bewolkingsgraad met  $3/8$  verminderd.
6. De dag wordt gedefinieerd als de tijd tussen zonsopgang en zonsondergang.

De stabiliteitsklassen V, IV en III<sub>2</sub> vormen de onstabiele klassen, klasse III<sub>1</sub> is de neutrale klasse en de klassen I en II zijn de stabiele categorieën.

#### 5. Singer en Smith [8]

Singer en Smith bepalen de stabiliteitsklassen uit een patroon van de analoge registratie van een windvaan. Omdat de klassificatie is gedaan aan de hand van metingen op 355 ft, zijn hun definities van de stabiliteitsklassen niet zonder meer toepasbaar op de analoge registraties van de 10m-wind, die van de verschillende Nederlandse stations op het KNMI beschikbaar zijn. Getracht is aan de hand van één maand (augustus 1972) uit de analoge windrichtingsregistraties van het station Schiphol tot een overeenkomstige definitie van stabiliteitsklassen te komen.

Een nadeel van een dergelijke methode om de stabiliteitsklassen te definiëren is, dat deze methode zeer subjectief is (een computer kan een dergelijke klassificatie onmogelijk uitvoeren). Een sluitende definitie van de stabiliteitsklassen is daarom niet te geven. Dit is ook onmogelijk, omdat het analoge patroon afhankelijk zal zijn van de gebruikte windvaan. Een klassificatie volgens deze methode zal daarom alleen gedaan kunnen worden door een deskundige, waarbij zo mogelijk gebruikgemaakt moet worden van andere ter beschikking staande gegevens.

Bij de bepaling van de stabiliteitsklasse wordt het patroon gedurende één uur voorafgaand aan het tijdstip van de definitie beschouwd.

#### Klasse A

Het patroon vertoont zeer veel laagfrequente fluctuaties (het patroon maakt een volledig opengewerkte indruk). De "range" van de fluctuaties is groot en ligt in de buurt van  $150^\circ$  of groter.

Klasse B<sub>2</sub>

Het patroon vertoont veel laagfrequente fluctuaties (het patroon maakt een opengewerkte indruk). De "range" van de fluctuaties is groter dan ongeveer 60° en kleiner dan ongeveer 150°.

Klasse B<sub>1</sub>

In het patroon is een niet onderbroken band te herkennen. Laagfrequente fluctuaties zijn nog aanwezig. De "range" van de fluctuaties is groter dan 30°.

Klasse C

Een vrij omvangrijke, niet onderbroken band van minstens 20° breed is te herkennen. Weinig tot geen laagfrequente fluctuaties.

Klasse D

Het patroon nadert hier tot een vloeiende lijn met eventueel fluctuaties met een beperkte "range", kleiner dan ongeveer 30°.

De klassen A en B<sub>2</sub> zijn de onstabiele categorieën, de klassen B<sub>1</sub> en C de neutrale categorieën en klasse D de stabiele categorie. Voorbeelden van de patronen behorende bij de hierboven gedefiniëerde stabiliteitsklassen zijn te vinden in de figuren 9 en 10.

6. Bultynck [17]

De stabiliteit van de atmosfeer wordt beschreven met behulp van de indicatoren S en λ :

$$S = \frac{\partial\theta/\partial z}{\bar{u}_{69}^2} \quad \lambda = \log_{10} [ |S| 10^6 ]$$

Hier is  $\partial\theta/\partial z$  de potentiële temperatuurgradiënt, bepaald uit de temperatuur op 8 m en 114 m, en  $\bar{u}_{69}$  is de windsnelheid op 69 m.

De stabiliteitsklassen volgen dan uit de onderstaande tabel:

Stabiliteits- categorie	$s > 0$	$s < 0$	
$E_1$	$\lambda \geq 2.75$		$\bar{u} \leq 11 \text{ m/s}$
$E_2$	$1.75 < \lambda < 2.75$		
$E_3$	$\lambda \leq 1.75$	$\lambda \leq 2$	
$E_4$		$2 < \lambda < 2.75$	
$E_5$		$2.75 \leq \lambda < 3.3$	
$E_6$		$\lambda \geq 3.3$	
$E_7$	$\bar{u} > 11 \text{ m/s}$		

De stabiliteitsklassen  $E_1$  en  $E_2$  vormen de stabiele categorieën, de klassen  $E_3$  en  $E_7$  de neutrale en de klassen  $E_4$ ,  $E_5$  en  $E_6$  de onstabiele categorieën.



Dispersiecoëfficiënten

1. Pasquill [14]

Bij de bepaling van deze dispersiecoëfficiënten is gebruikgemaakt van de theorie ontwikkeld door Hay en Pasquill [18] en voor een groot gedeelte ook van dispersie-experimenten, o.a. de "Prairie-grass" experimenten. Door Gifford [11, 19] en ook door Turner [20] zijn deze dispersiecoëfficiënten in de hier gepresenteerde vorm gebracht (de figuren 5 en 6). De meetduur bedraagt ongeveer 10 minuten.

Deze dispersiecoëfficiënten zijn te benaderen door een functie van de volgende vorm:

$$\sigma_z = ax^b + c, \quad \sigma_y = ax^\beta$$

stabiliteitsklasse	x < 1000 m					x > 1000 m				
	a	b	c	a	$\beta$	a	b	c	a	$\beta$
A	0.0015	1.941	9.27	0.3658	0.9031	0.00024	2.94	-9.6	0.3658	0.9031
B	0.038	1.149	3.3	0.2751	0.9031	0.055	1.098	2.0	0.2751	0.9031
C	0.113	0.911	0	0.2089	0.9031	0.113	0.911	0	0.2089	0.9031
D	0.222	0.725	-1.7	0.1474	0.9031	1.26	0.516	-13	0.1474	0.9031
E	0.211	0.678	-1.3	0.1046	0.9031	6.73	0.305	-34	0.1046	0.9031
F	0.086	0.74	-0.35	0.0722	0.9031	18.05	0.18	-48.6	0.0722	0.9031

Deze benaderingen zijn afkomstig van Martin en Tikvart.

2. Turner [21]

In het oorspronkelijke werk zijn de dispersiecoëfficiënten gegeven als functie van de reistijd. Door een transformatie toe te passen van reistijd naar afgelegde weg met behulp van een windsnelheid van 5 m/s blijken de dispersiecoëfficiënten vrijwel overeen te komen met die van Pasquill (figuren 5 en 6).

3. K.N.M.I.

De dispersiecoëfficiënten zijn gelijk aan die van Pasquill. Er is echter voor een andere funktiebenadering gekozen. De vorm van de funktie is gelijk aan die, gebruikt door Martin en Tikvart, de coëfficiënten zijn echter verschillend.

$$\sigma_z = ax^b + c, \quad \sigma_y = ax^\beta$$

	100 < x < 400 m			x < 1000 m			x > 1000 m		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
stabiliteitsklasse A	0.006008	1.5548	6.2686	0.0000938	2.2217	16.3731	0.00024	2.094	-9.6
B	0.0371	1.1530	3.1914	0.0371	1.1530	3.1914	0.054	1.0997	2.5397
C	0.0992	0.9289	0.2444	0.0992	0.9289	0.2444	0.0991	0.9255	1.7383
D	0.2066	0.7338	-1.3659	0.2066	0.7338	-1.3659	0.9248	0.5474	-9.0641
E	0.1975	0.6865	-1.1644	0.1975	0.6865	-1.1644	2.3441	0.4026	-16.3186
F	0.09842	0.7210	-0.3231	0.09842	0.7210	-0.3231	6.5286	0.2593	-25.1583

stabiliteitsklasse	a	β
A	0.5269	0.8649
B	0.3710	0.8664
C	0.2092	0.8971
D	0.1277	0.9050
E	0.0975	0.9019
F	0.0653	0.9023

4. Klug [16]

De dispersiecoëfficiënten zijn hier eveneens op de dispersieproeven van het project "Prairie-grass" gebaseerd. De coëfficiënten zijn opgenomen in de figuren 5 en 6 en kunnen door de volgende functie worden benaderd:

$$\sigma_z = ax^b, \quad \sigma_y = ax^\beta$$

		a	b	a	$\beta$
stabiliteitsklasse	V	0.017	1.380	0.469	0.903
	IV	0.072	1.021	0.306	0.885
	III <sub>2</sub>	0.076	0.879	0.230	0.855
	III <sub>1</sub>	0.14	0.727	0.219	0.764
	II	0.217	0.610	0.237	0.691
	I	0.262	0.500	0.273	0.594

5. Singer en Smith [22]

Deze dispersiecoëfficiënten zijn gebaseerd op een groot aantal dispersieproeven op het terrein van het "Brookhaven National Laboratory" met een bron op  $\pm 100$  m hoogte. De middelingstijden variëren van 30 tot 90 minuten. De dispersiecoëfficiënten zijn opgenomen in de figuren 7 en 8. (Voor stabiliteitsklasse A zijn geen dispersiecoëfficiënten gegeven). De benadering door een functie volgt hieronder:

$$\sigma_z = ax^b, \quad \sigma_y = ax^\beta$$

		a	b	a	$\beta$
stabiliteits- klasse	A	-	-	-	-
	B <sub>2</sub>	0.411	0.907	0.40	0.91
	B <sub>1</sub>	0.326	0.859	0.36	0.86
	C	0.223	0.776	0.32	0.78
	D	0.062	0.709	0.31	0.71



6. Mol [17]

De dispersiecoëfficiënten zijn zowel berekend met behulp van de Hay-Pasquill methode als bepaald met behulp van de dispersieproeven met een bronhoogte van 69 m. De middelingstijd bedraagt één uur. De dispersiecoëfficiënten zijn opgenomen in de figuren 7 en 8. De functiebenadering is:

$$\sigma_z = ax^b, \quad \sigma_y = \alpha x^\beta$$

	a	b	$\alpha$	$\beta$	
stabiliteitsklasse	E <sub>1</sub>	0.311	0.711	0.235	0.796
	E <sub>2</sub>	0.382	0.711	0.297	0.796
	E <sub>3</sub>	0.520	0.711	0.418	0.796
	E <sub>4</sub>	0.700	0.711	0.586	0.796
	E <sub>5</sub>	0.950	0.711	0.826	0.796
	E <sub>6</sub>	1.321	0.711	0.946	0.796
	E <sub>7</sub>	0.819	0.669	1.043	0.698

Referenties

1. F.T.M. Nieuwstadt      Het Gaussische pluimmodel.  
KNMI-WR 74-15.
2. D. Golder              Relations among stability parameters in  
the surface layer.  
B.L.M. 3 (1972) 47-58.
3. F.B. Smith             Lecture in the UTSI-VKI Lecture series on  
atmospheric turbulence and diffusion and  
their effects on pollution.  
Von Kármán Institute, Rhode-Saint Genese,  
België.
4. A.P. van Ulden        Privé-mededeling.
5. K.N.M.I.                Klimatologische gegevens van Nederlandse  
stations, No. 8 Frequentietabellen van de  
stabiliteit van de atmosfeer.
6. R.E. Luna,  
H.W. Church             A comparison of turbulence intensity and  
stability ratio measurements to Pasquill  
stability classes.  
J. Appl. Met., Vol. 11, June 1972, 663.
7. D. Skibin             Comparative study of different dispersion  
estimation methods.  
J. Met. Soc. Jap., Vol. 50, No. 5, Oct. 1972.
8. I.A. Singer,  
M.E. Smith             Relation of gustiness to other meteorological  
parameters.  
J. of Met., Vol. 10, April 1953.
9. D.H. Slade (ed.)      Meteorology and atomic energy.  
U.S. Atomic Energy Commission, July 1968.
10. H.E. Cramer            A brief survey of the meteorological aspects  
of atmospheric pollution.  
Bull. Am. Met. Soc., 40 (1959) 165.
11. I.A. Singer  
M.E. Smith             An improved method of estimating concentrations  
and related phenomena from a point source  
emission.  
J. Appl. Met., Vol. 5, Oct. 1966, 631.
12. J.L. McElroy          A comparative study of urban and rural  
dispersion.  
J. Appl. Met., Vol. 8, Febr. 1969, 19.
13. F.L. Ludwig,  
W.F. Dabberdt          Effects of urbanisation on turbulent diffusion  
and mixing depth.  
Int. J. Biometeor., Vol.17, No.1 (1973) 1-11.

14. F. Pasquill           The estimation of the dispersion of windborne material.  
The Met. Mag., Vol.90, No.1,063, Feb. 1961.
15. D.B. Turner           Relationships between 24-hour mean air quality measurements and meteorological factors in Nashville, Tennessee.
16. W. Klug               Ein Verfahren zur Bestimmung der Ausbreitungsbedingungen aus synoptischen Beobachtungen.  
Staub-Reinhalt. Luft 29, No. 4, April 1969.
17. H. Bultynck,  
L.M. Malet               Evaluation of atmospheric dilution factors for effluents diffused from an elevated continuous point source.  
Tellus, Vol. 24, No. 5 (1972).
18. J.S. Hay,  
F. Pasquill              Diffusion from a continuous source in relation to the spectrum and scale of turbulence.  
Adv. in Geophysics, Vol. 6 (1959).
19. F.A. Gifford         Use of routine meteorological observations for estimating atmospheric dispersion.  
Nuclear Safety 2, 4, 47-51.
20. D.B. Turner           Workbook of atmospheric dispersion estimates.  
U.S. department of Health, Education and Welfare (1969).
21. D.B. Turner           A diffusion model for an urban area.  
J. Appl. Met., Vol. 3, Febr. 1964.
22. I.A. Singer,  
M.E. Smith               Atmospheric dispersion at Brookhaven National Laboratory.  
Air Water Poll. Int. J., Vol. 10 (1966) 125-135.

Tabel 1 Stabiliteitsklassedefinities volgens Pasquill. Percentage van de stabiliteitsklassen berekend uit uurwaarden voor augustus 1972 (station Schiphol).

A	AB	B	BC	C	CD	D	E	F	G
0.1%	0.1%	1.5%	2.3%	9.0%	1.9%	56.3%	16.1%	6.3%	6.5%

Tabel 2 Vergelijking van een gelijktijdig berekende klassificatie met Pasquill- en Turner-stabiliteitsklassen. Overgenomen uit Golder [2]. Aangegeven het aantal gevallen.

		Pasquill						
		A	B	C	D	E	F	G
Turner	1	12	13					
	2	2	46	33				
	3		2	85	33			
	4			6	85			
	5				30	8		
	6				17	86	1	3
	7					4	40	9

Tabel 3 Stabiliteitsklassedefinitie volgens het K.N.M.I. Percentage van de stabiliteitsklassen berekend uit uurwaarden voor augustus 1972 (station Schiphol) en vergeleken met de stabiliteitsklimatologie van Schiphol.

	A	B	C	D	E	F
augustus 1972	0.7%	8.9%	10.1%	54.7%	11.6%	14.0%
stabiliteits- klimatologie (zomerseizoen)	4%	1.0%	9%	60%	6%	12%

Tabel 4 Vergelijking tussen de K.N.M.I- en de Pasquill-stabiliteitsklassen. Berekend uit uurlijkse synoptische gegevens van augustus 1972 voor het station Schiphol. Aangegeven is het aantal gevallen.

		Pasquill									
		A	AB	B	BC	C	CD	D	E	F	G
K.N.M.I.	A			1		1		1	2		
	B		1	3	13	18	3	21	2		
	C				3	4	11	57			
	D			7	1	43		324	20		9
	E							11	67	3	2
	F								27	43	37

Tabel 5 Stabiliteitsklassedefinitie volgens Klug.  
 Percentage van de stabiliteitsklassen berekend  
 uit uurwaarden voor augustus 1972 (station Schiphol).

V	IV	III <sub>2</sub>	III <sub>1</sub>	II	I
0.4%	7.0%	25.0%	49.1%	11.3%	7.2%

Tabel 6 Vergelijking tussen de K.N.M.I.- en de Klug-  
 stabiliteitsklassen. Berekend uit uurlijkse synop-  
 tische gegevens van augustus 1972 voor het station  
 Schiphol. Aangegeven is het aantal gevallen.

		K.N.M.I.					
		A	B	C	D	E	F
Klug	V		3				
	IV	3	17		12	5	15
	III <sub>2</sub>	1	32	44	92	12	4
	III <sub>1</sub>	1	13	31	277	38	3
	II		1		19	21	43
	I				5	10	38

Tabel 7 Mediaanwaarden van de horizontale en verticale windrichtings-standaarddeviatie ( $\sigma_A$  en  $\sigma_E$ ) als functie van de stabiliteitsklasse. (Overgenomen uit Luna en Church [11]).

stabiliteits- klasse	$\sigma_A$	$\sigma_E$
A	10°	14°
B	8°	12°
C	7°	8°
D	4°	4°
E	1.4°	1.4°
F	1°	1°

Tabel 8 Stabiliteitsklassedefinitie volgens Singer en Smith. Percentage van de stabiliteitsklassen berekend uit uurwaarden voor augustus 1972 (station Schiphol).

A	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	C	D
1.2%	11.9%	44.1%	14.9%	27.9%

Tabel 9      Vergelijking tussen de Singer en Smith- en de K.N.M.I.-stabiliteitsklassen. Berekend uit uurlijkse gegevens van augustus 1972 voor het station Schiphol. Aangegeven is het aantal gevallen.

		K.N.M.I.					
		A	B	C	D	E	F
Singer en Smith	A		4		5		
	B <sub>2</sub>	5	27	11	44		
	B <sub>1</sub>		25	60	207	20	10
	C			8	87	13	1
	D		2	1	53	48	100

Tabel 10      Vergelijking tussen de Singer en Smith- en de Pasquill-stabiliteitsklassen. Berekend uit uurlijkse gegevens van augustus 1972 voor het station Schiphol. Aangegeven is het aantal gevallen.

		Pasquill									
		A	AB	B	BC	C	CD	D	E	F	G
Singer en Smith	A		1	3		5					
	B <sub>2</sub>			7	14	32	5	21	2		
	B <sub>1</sub>			1	3	30	9	262	34	4	2
	C							90	12		
	D							35	70	42	44

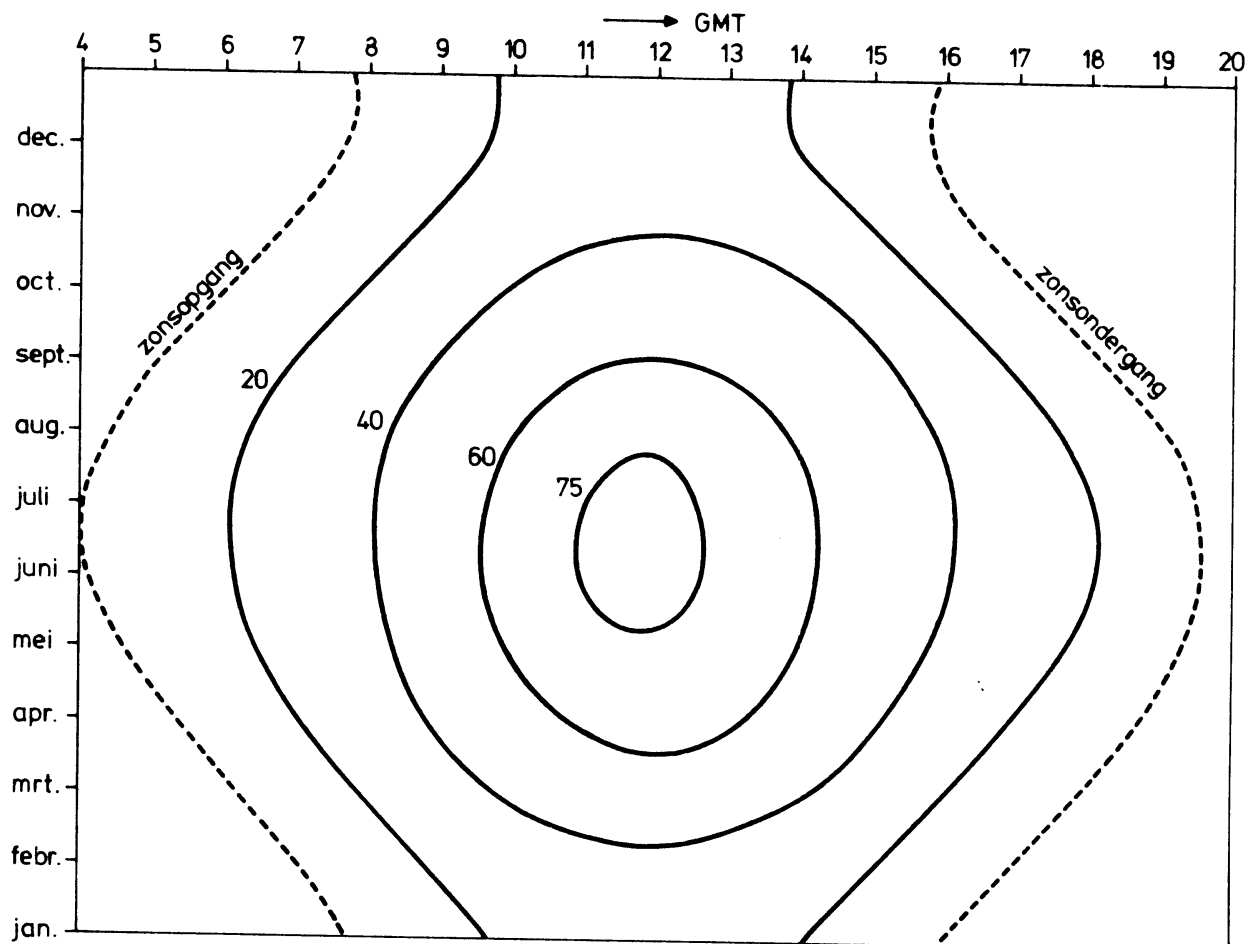


Tabel 11      Vergelijking van de stabiliteitsklassedefinities van Bultynck e.a. en Pasquill, met behulp van de standaarddeviatie van de horizontale windrichting  $\sigma_A$ .

Bultynck e.a. stabiliteitsklasse	$\sigma_A$	Pasquill stabiliteitsklasse	$\sigma_A$
E <sub>6</sub>	21°	B	20°
E <sub>4</sub>	14°	C	15°
E <sub>3</sub>	9.2°	D	10°
E <sub>1</sub>	5.6°	E	5°

Tabel 12      Verband tussen de stabiliteitsklassen van Singer en Smith en die van Pasquill.

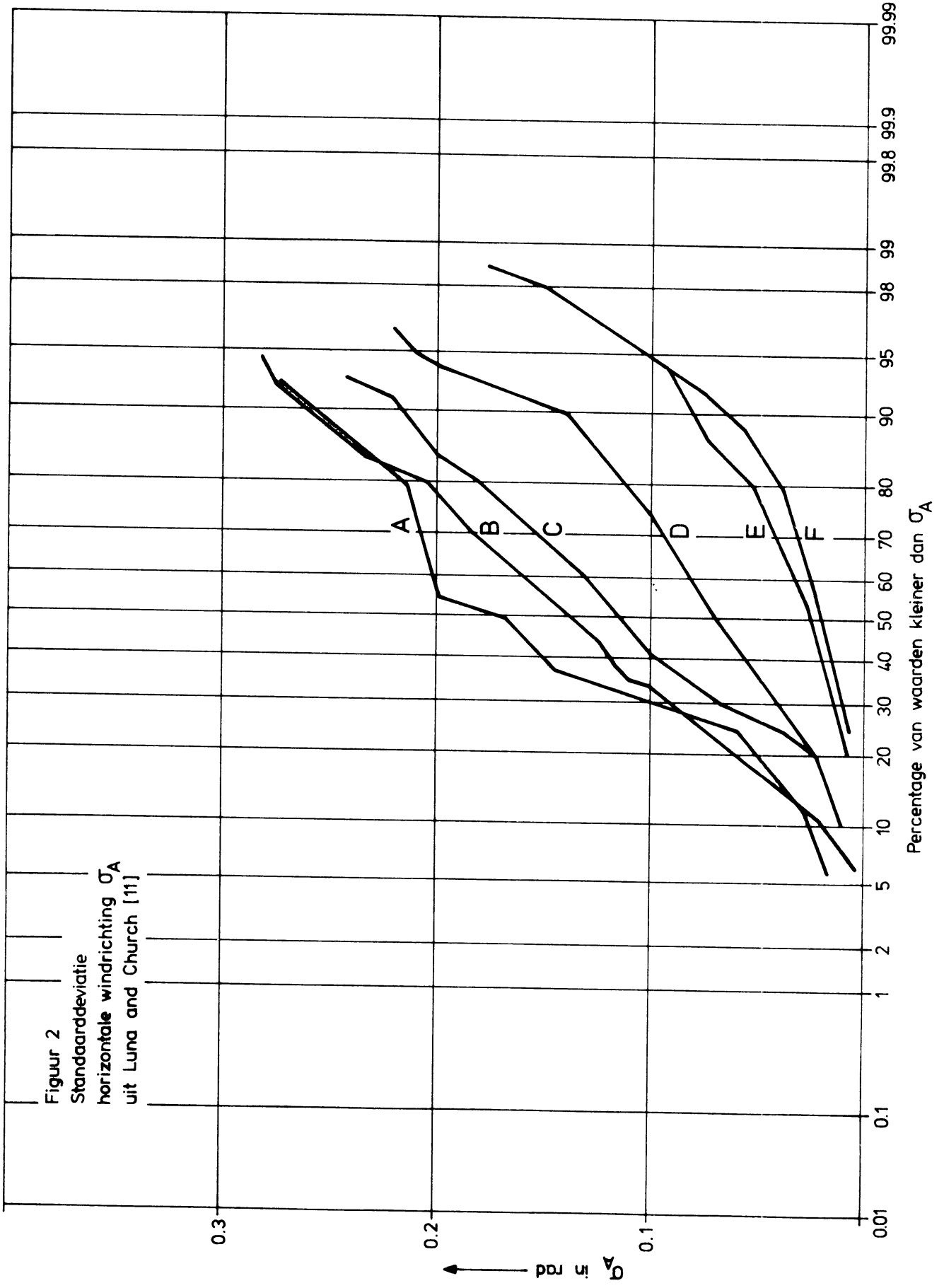
Pasquill	Singer en Smith
A	B <sub>2</sub>
B	B <sub>2</sub>
C	B <sub>1</sub>
D <sup>-</sup> (U < +11 kts)	B <sub>1</sub>
D (U > +11 kts)	C
E	D
F	D



Globalestraling bij 0-1/8 bewolking  
 voor een geografische breedte 51° N  
 in mW/cm<sup>2</sup>

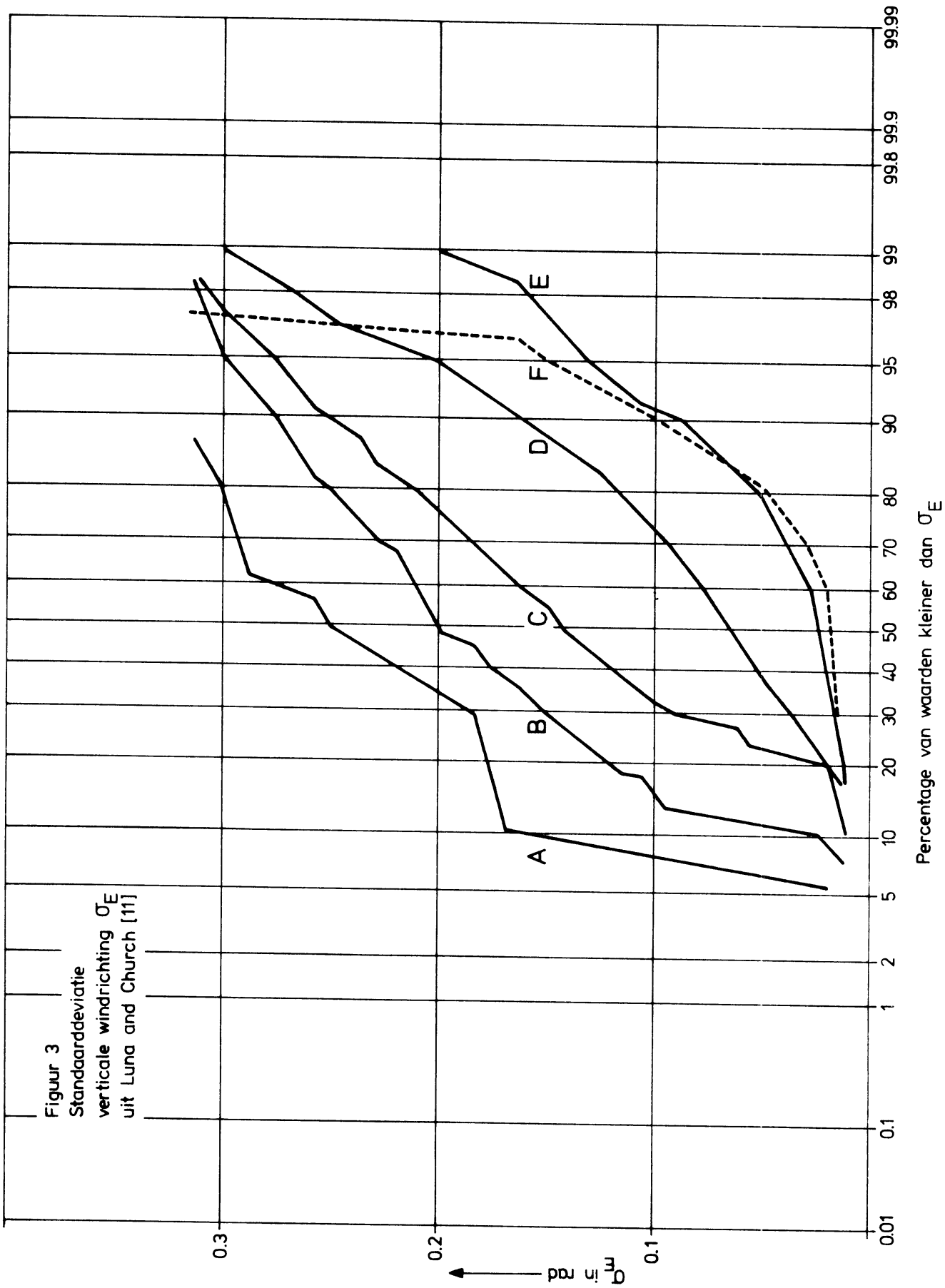
Figuur 1

Wolkenfactoren	
bewolking	factor
0	1.07
1/8	0.89
2/8	0.84
3/8	0.78
4/8	0.72
5/8	0.67
6/8	0.59
7/8	0.45
8/8	0.23

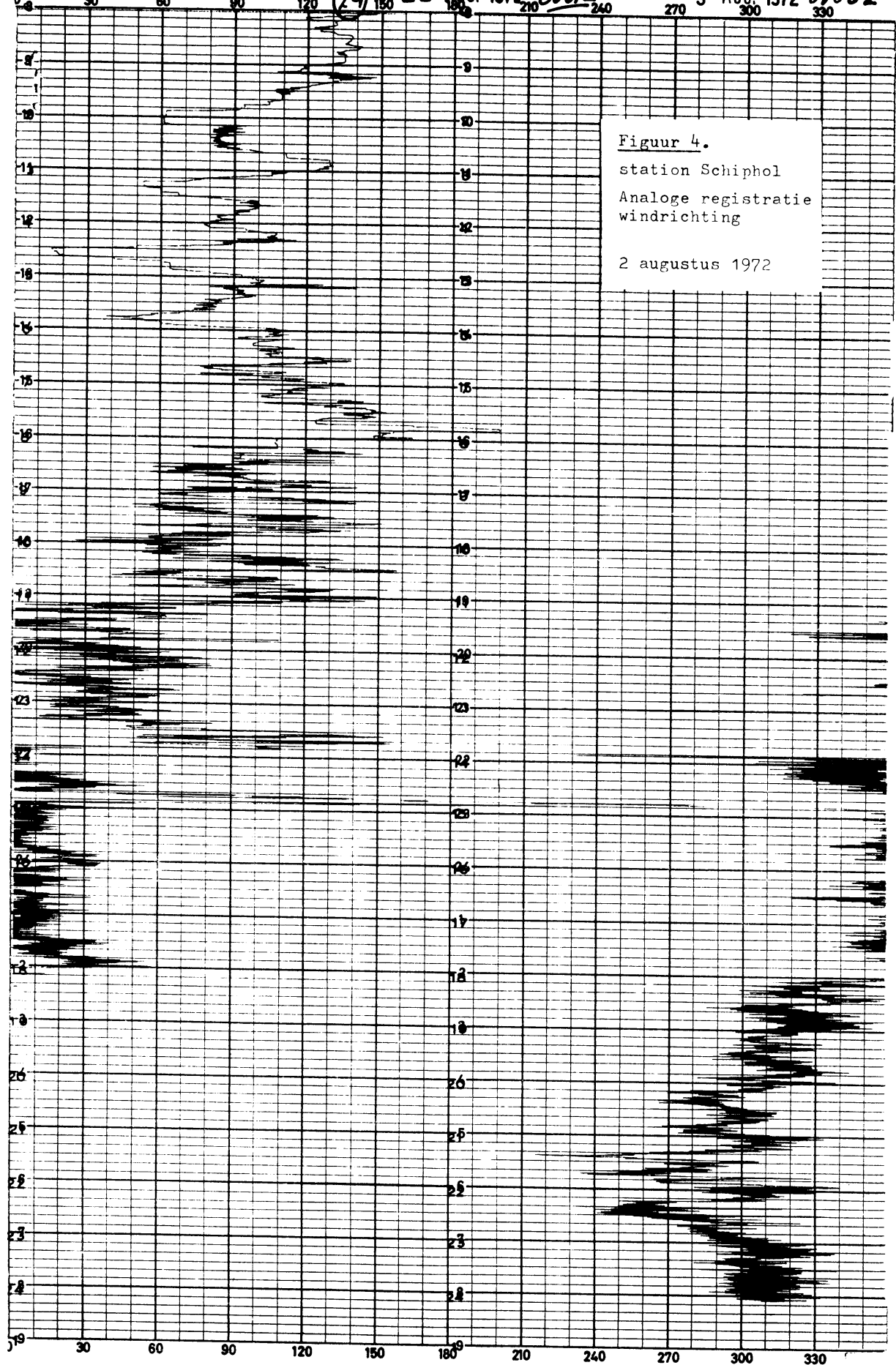


Figuur 2  
 Standaarddeviatie  
 horizontale windrichting  $\sigma_A$   
 uit Luna and Church [11]

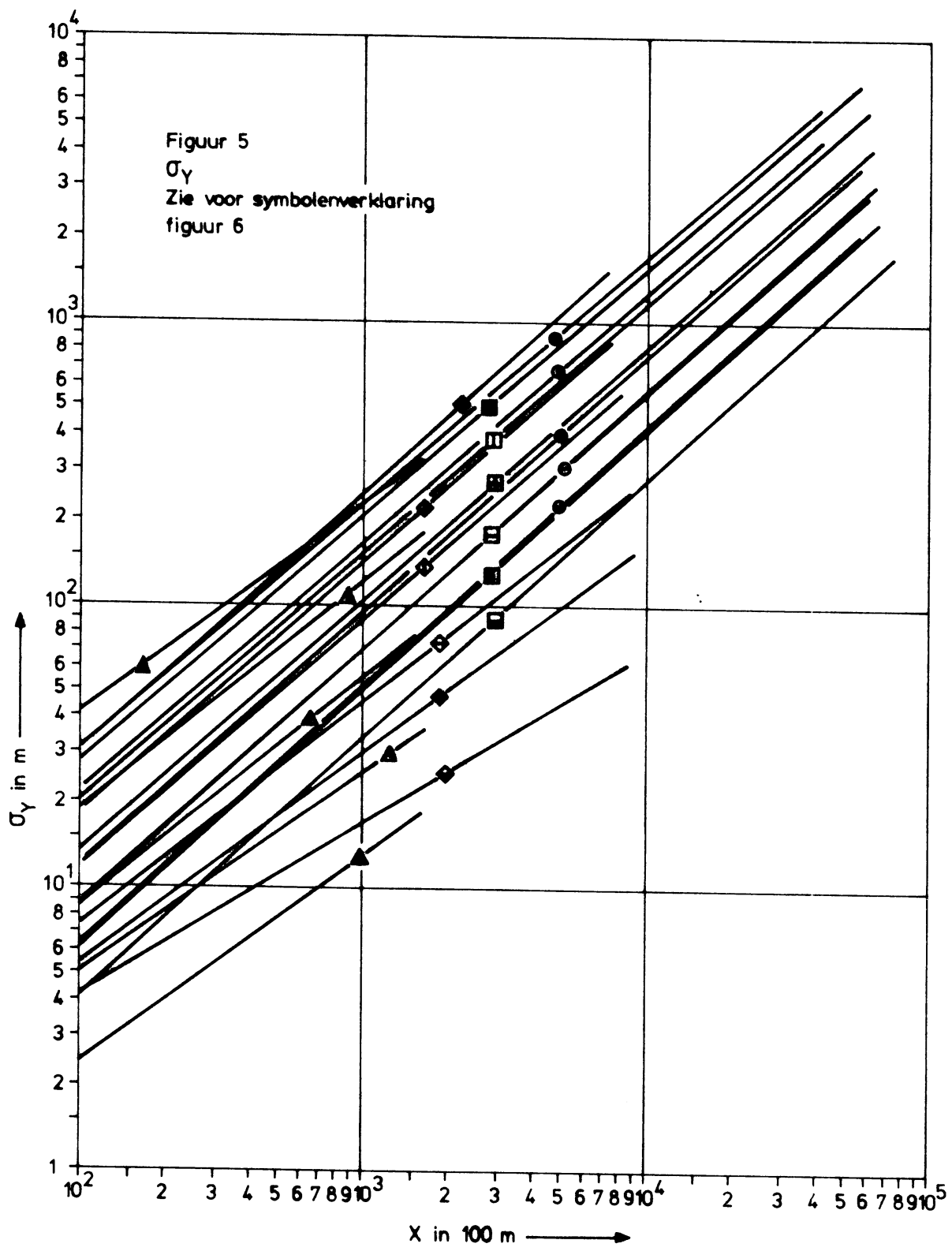
Figuur 3  
 Standaarddeviatie  
 verticale windrichting  $\sigma_E$   
 uit Luna and Church [11]

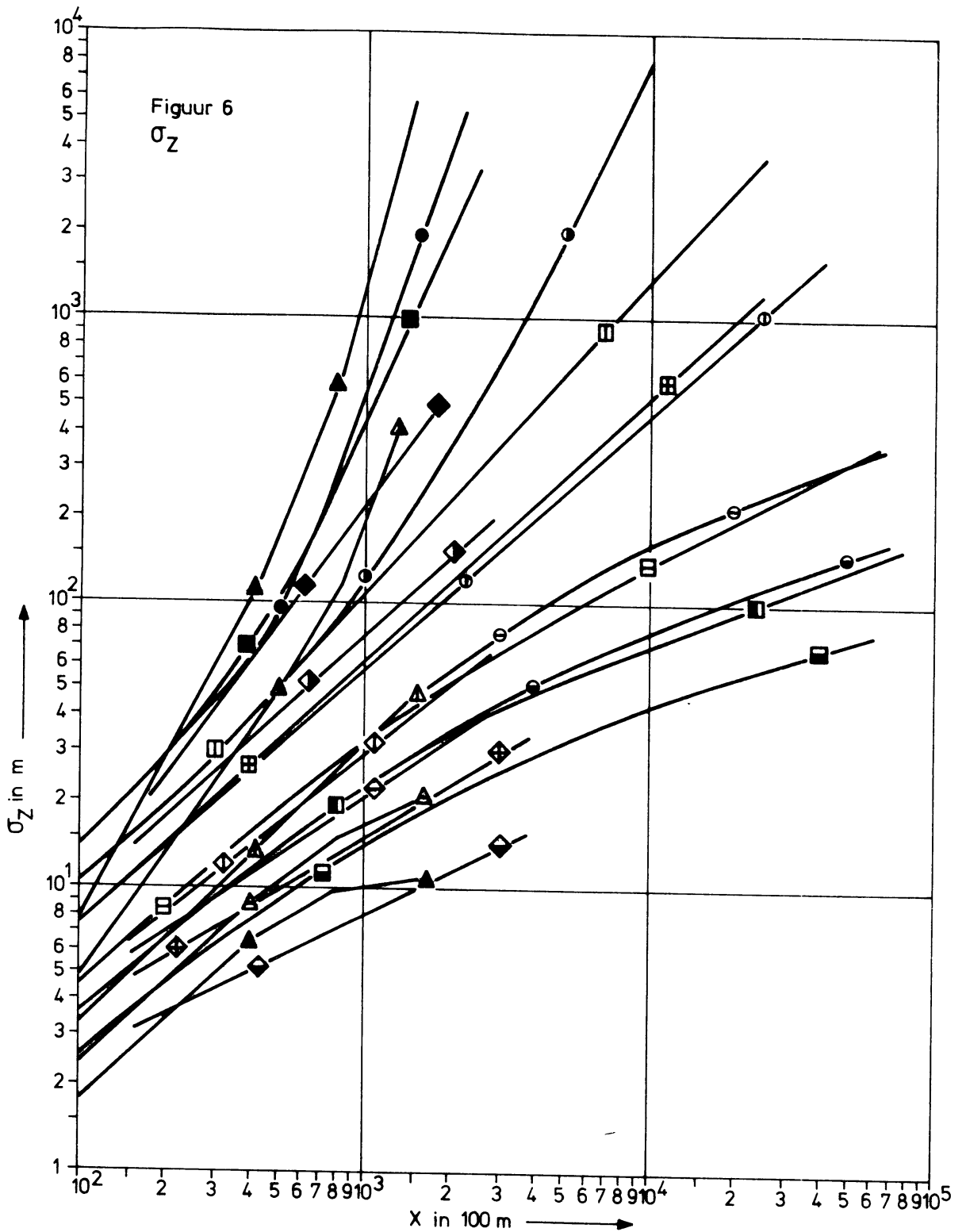


STATION: SCHIPHOL-WAARNEMER  
OPGESPANNEN: 2 AUG. 1972 0001z  
AFGENOMEN: 3 AUG. 1972 0100z



Figuur 4.  
station Schiphol  
Analoge registratie  
windrichting  
2 augustus 1972





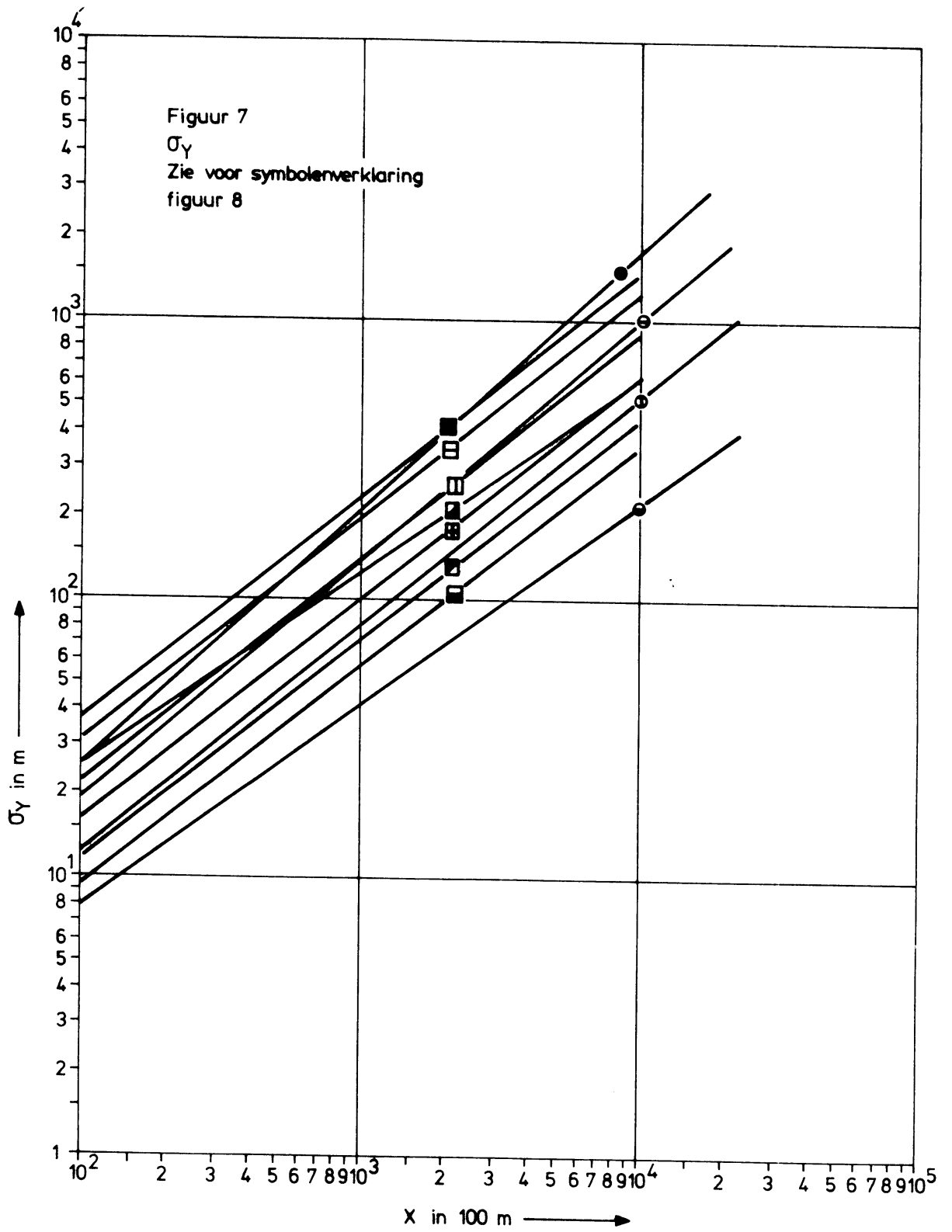
- Turner
- 1 Extremely unstable
  - 2 Unstable
  - 3 Slightly unstable
  - ⊙ 4 Neutral
  - 5 Slightly stable
  - 6 Stable
  - 7 Extremely stable

- Klug
- V ◆
  - IV ◆
  - III<sub>2</sub> ◆
  - III<sub>1</sub> ◆
  - II ◆
  - I ◆

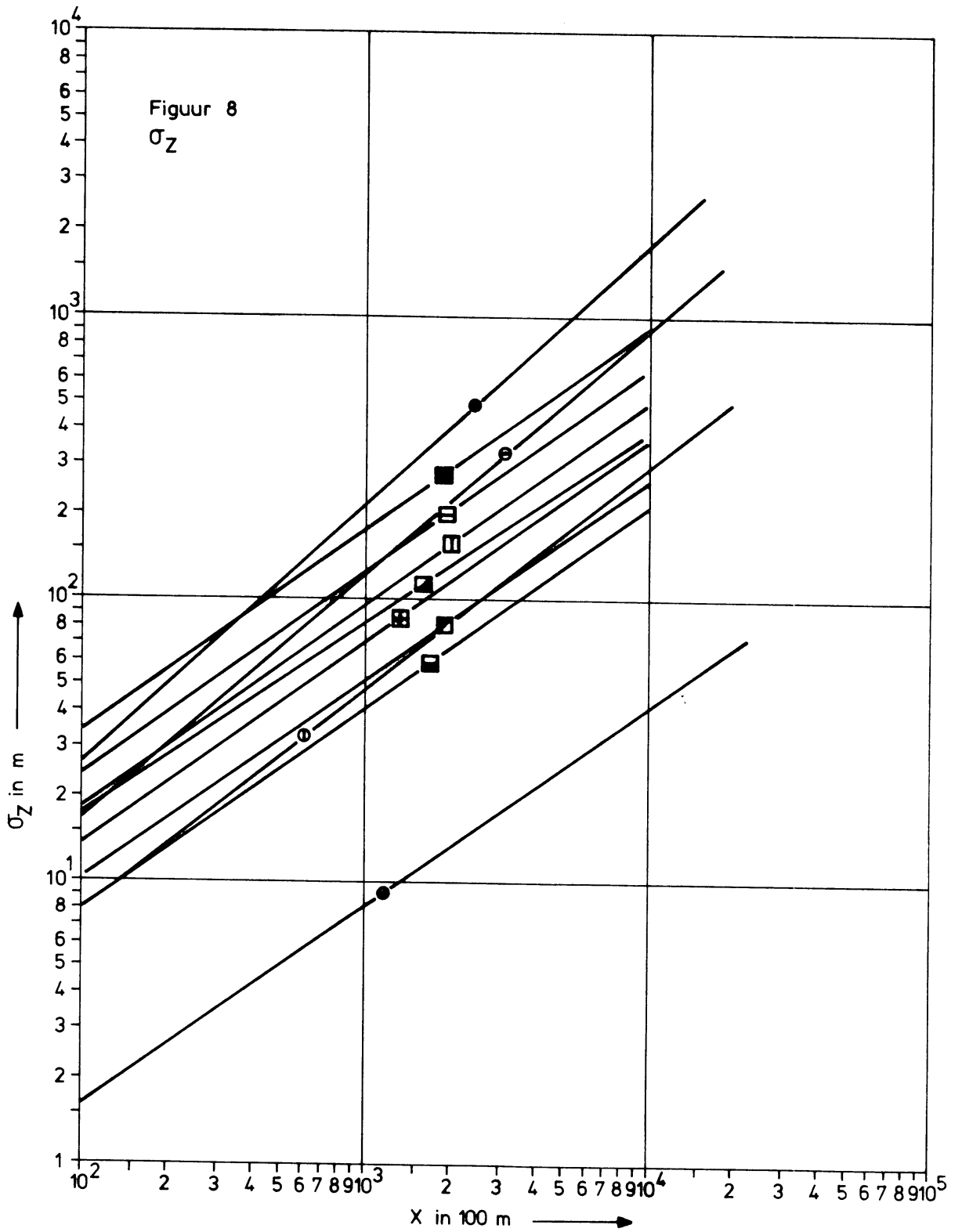
- Pasquill
- A Extremely unstable
  - B Moderately unstable
  - ▣ C Slightly unstable
  - ⊞ D Neutral
  - ▤ E Slightly stable
  - ▥ F Moderately stable

- Cramer

- ▲ Extremely unstable  $\sigma_A = 25$
- ▲ Moderately unstable  $\sigma_A = 12$
- △ Near neutral  $\sigma_A = 7$
- △ Moderately stable  $\sigma_A = 5$
- ▲ Extremely stable  $\sigma_A = 3$

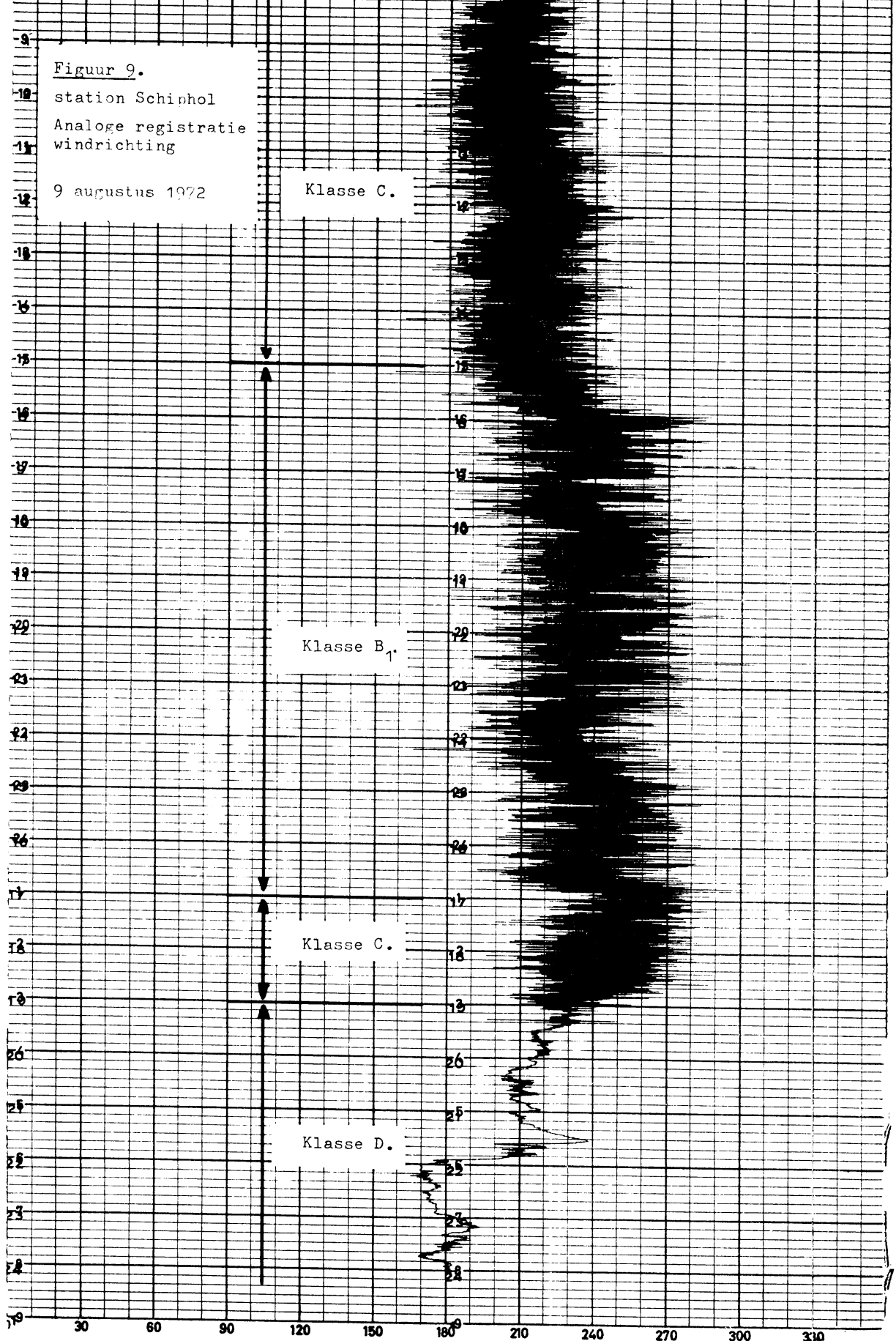




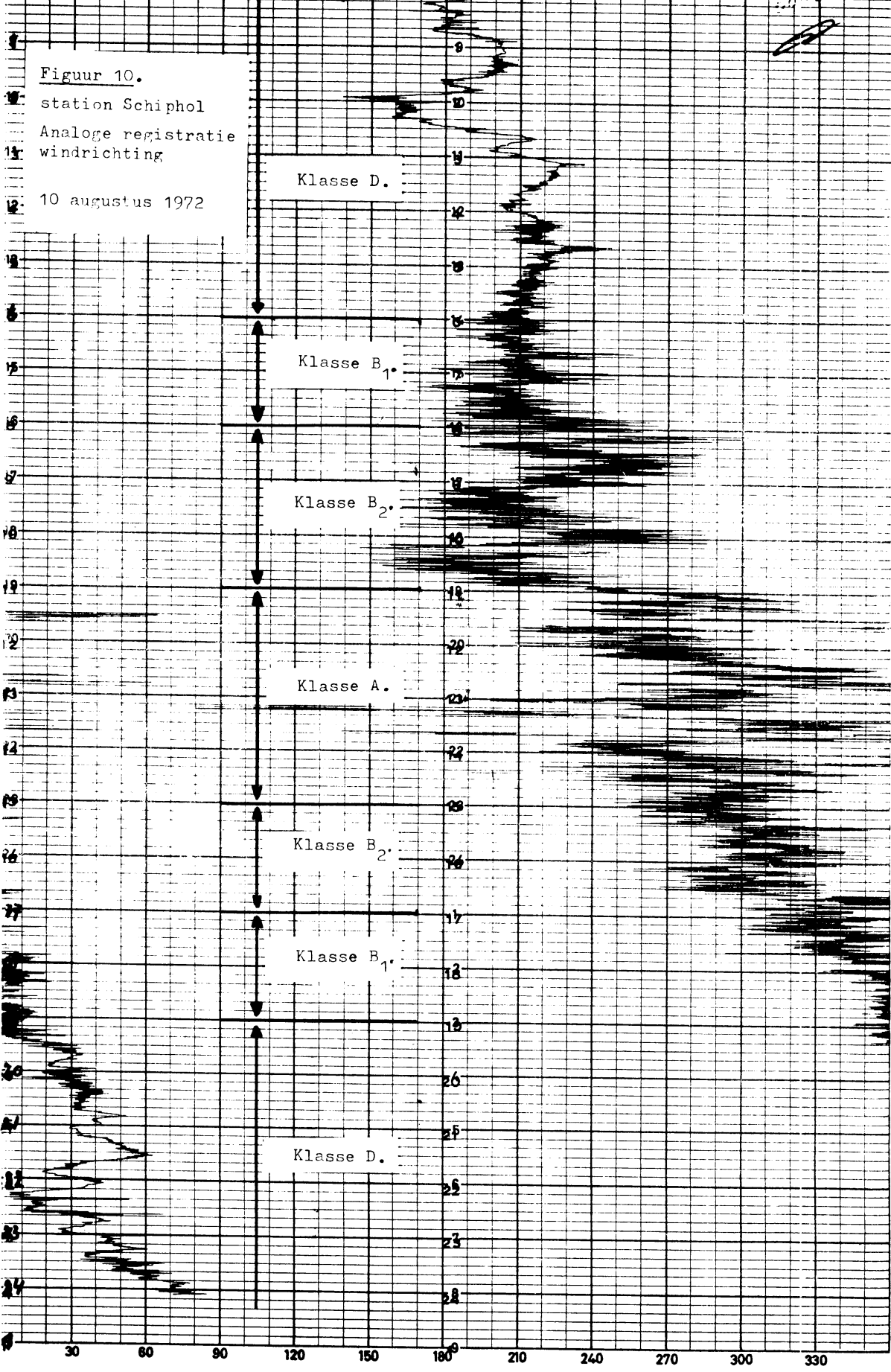


- | Mol  | Singer and Smith |
|------|------------------|
| ■ E6 | ● B2             |
| ▣ E5 | ⊙ B1             |
| □ E4 | ⊖ C              |
| ▤ E3 | ● D              |
| ▥ E7 |                  |
| ▦ E2 |                  |
| ▧ E1 |                  |

STATION: SCHIPHOL-WAARNEMER OPGESPANNEN: 9 AUG 1972 0001Z AFGENOMEN: 10 AUG 1972 0000Z  
30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330



STATION: SCHIPHOL WAARNEMER OPGESPANNEN: 10 AUG. 1972 0001Z AFGENOMEN: 11 AUG. 1972 0003Z



Figuur 10.  
station Schiphol  
Analoge registratie  
windrichting  
10 augustus 1972