

NILU
Teknisk notat nr 8/75
Ref.: 01074
Dato: september 1975

BRUK AV METEOROLOGISKE BAKKE-
OBSERVASJONER TIL KLASSIFISERING AV
SPREDNINGSFORHOLD I ATMOSFÆREN
EN LITTERATUROVERSIKT

av
Harald Dovland

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 115, 2007 KJELLER
NORGE

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	<u>INNLEDNING</u>	5
2	<u>PUBLISERTE KLASSIFISERINGSMETODER</u>	6
	a) Pasquill	6
	b) D. B. Turner	8
	c) F. Fiedler	10
	d) W. Klug	12
	e) F. B. Smith	13
	f) CONCAWE	14
	g) Gotaas, Dovland & Eidsvik	16
3	<u>SAMMENLIGNING MELLOM KLASSIFISERINGSMETODER</u> <u>OG TURBULENSMÅLINGER</u>	17
	a) R. E. Luna & H. W. Church	17
	b) D. Golder	21
4	<u>AVSLUTTENDE KOMMENTARER</u>	23
5	<u>LITTERATURLISTE</u>	24

1 INNLEDNING

De viktigste meteorologiske parametre for beskrivelse av spredningen i atmosfæren er vind- og turbulensforholdene. Turbulensintensiteten måles sjelden direkte, og erstattes vanligvis med målinger av den vertikale temperatur-sjiktningen. Rutinemessig observasjon av den vertikale temperatur-sjiktning foregår bare ved radiosonde-stasjonene, hvor observasjonsfrekvensen er to ganger pr døgn. Antall radiosonde-stasjoner er svært lite, og det er derfor bare sjelden at det finnes en representativ stasjon for et område hvor en har behov for kvantitative opplysninger om spredningsforholdene. Nettet av meteorologiske stasjoner som tar bakkeobservasjoner er derimot langt større, og det vil derfor være av stor betydning å kunne utnytte disse observasjonene til en kvantitativ klassifisering av spredningsforholdene.

Temperatur-sjiktningen i den nederste del av atmosfæren er hovedsakelig et resultat av vindstyrke og strålingsbalanse. Strålingen blir vanligvis ikke registrert ved de meteorologiske stasjoner, men strålingsbalansen kan tilnærmet bestemmes av solhøyde, albedo, skymengde og skytype. Disse parametrene vil, sammen med vinddata, danne utgangspunktet for klassifisering av turbulens- eller spredningsforholdene.

I NORDFORSK-regi pågår et samarbeidsprosjekt med formål bl. a. å komme fram til en felles nordisk metode for klassifisering av spredningsforhold på grunnlag av bakkeobservasjoner. (Prosjektets tittel er "Framtagning av enhetliga nordiska ventilasjonsklimatologier".)

Flere slike klassifiseringsmetoder er publisert i de senere år. De fleste metodene må betegnes som subjektive, idet de er utarbeidet etter skjønn og bare i liten grad er resultatene sammenlignet med direkte målinger av turbulensintensitet eller stabilitet. Eksisterende systemer blir lagt til grunn

for utarbeidelse av et nordisk system. Arbeidet med dette har allerede pågått en tid i Sverige (1).

Hensikten med dette notatet er å få samlet prinsippene for de fleste metoder eller systemer som er presentert i litteraturen. Dessuten har en tatt med resultater fra de få forsøk som er gjort på å evaluere klassifiseringsmetodene. Det er også gitt enkelte subjektive kommentarer til metodene. Arbeidet som er utført i Sverige er ikke gjengitt her, idet dette fremdeles er gjenstand for revisjon.

2 PUBLISERTE KLASSIFISERINGSMETODER

De publiserte klassifiseringsmetodene er relativt kortfattet gjengitt nedenfor i kronologisk rekkefølge. Det vises til originalarbeidene for mer utførlig beskrivelse.

For de fleste klassifiseringsmetodene gjelder at stabilitetsklassene er knyttet til et sett av spredningsparametre (σ_y og σ_z), selv om klassifiseringsmetodene oftest er utarbeidet uavhengig av de målingene som danner grunnlaget for σ -verdiene.

a) Pasquill (2)

Pasquill anbefaler å bruke registreringer av vindfluktasjoner til å bestemme den vertikale spredningen. Hvis slike data mangler, estimeres turbulensforholdene ved tabell 1, og den vertikale spredningsparameteren (σ_z) bestemmes fra standardkurver. Tabellen gjelder for åpent terreng.

Surface wind speed (at 10 m)	Insolation			Night	
	Strong	Moderate	Slight	Thinly overcast or > 4/8 low cloud	< 3/8 cloud
m/s					
< 2	A	A-B	B	-	-
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

For A-B take average of figure A and B, etc.

Tabell 1: Pasquills klassifiseringsmetode (2).

Natt er definert som tiden fra én time før solnedgang til én time etter soloppgang. Den nøytrale klassen D skal i tillegg til det som er angitt i tabell 1, alltid brukes ved overskyet vær. Dessuten brukes D én time før og etter natten.

Innstrålingen er gitt som "strong", "moderate" og "slight". Pasquill gir følgende definisjon av begrepene: "strong" insolation corresponds to sunny midday conditions in mid-summer in England and "slight" insolation to similar conditions in winter.

Pasquill bruker stabilitetsklassifiseringen bare for den vertikale spredning. For å estimere den horisontale spredningen bør bredden av "vind-tracen" brukes.

Det er verdt å merke seg at stabile situasjoner aldri kan forekomme om dagen etter Pasquills metode. Dette er i sterk kontrast til mange målinger over snøflater (se forøvrig punkt c).

Det er ikke angitt på hvilket grunnlag tabell 1 er konstruert. Det er sannsynlig at tabellen er basert på subjektivt skjønn sammen med de observasjoner som Pasquill benyttet ved utarbeidelse av spredningsparametrene (Prairie Grass - prosjektet i USA). Metoden er derfor sannsynligvis best for midlere breddegrader hvor en sjelden eller aldri har snødekket mark.

Pasquills klassifiseringsmetode har dannet utgangspunktet for de aller fleste senere publiserte metoder. Endringene består vesentlig i en klarere spesifisering av innstråling på grunnlag av solhøyde og skymengde.

b) D. B. Turner (3, 4)

Turner benytter 7 stabilitetsklasser: 1 (sterkt instabilt) til 7 (sterkt stabilt). Strålingsbalansen gis ved en indeks som går fra 4 (høyeste positive strålingsbalanse, dvs. fluks mot bakken) til -2. Innstrålingsklassen (I) bestemmes ved solhøyden (tabell 2).

Solhøyde (α)	Innstrålingsklasse (I)
$60^\circ < \alpha$	4
$35^\circ < \alpha < 60^\circ$	3
$15^\circ < \alpha < 35^\circ$	2
$\alpha < 15^\circ$	1

Tabell 2: Innstrålingsklasser som funksjon av solhøyden (3).

Ved hjelp av solhøyden, dvs. tidspunktet for observasjonen, og skyobservasjoner dannes en netto strålingsindeks (net radiation index = NRI) etter følgende regler (N = skymengde og h = skyhøyde):

1. $N = 10/10$
og $h < 7000 \text{ ft}$ } $\rightarrow \text{NRI} = 0$ (hele døgnet)
 2. Natt (fra solnedgang til soloppgang):
 $N < 4/10 \rightarrow \text{NRI} = -2$
 $N > 4/10 \rightarrow \text{NRI} = -1$
 3. Dag:
 $N < 5/10 \rightarrow \text{NRI} = I$ (tabell 2)
- $N > 5/10 \rightarrow$
 $\left\{ \begin{array}{l} \text{a) } h < 7000 \text{ ft} \rightarrow \text{NRI} = I-2 \\ \text{b) } 7000 < h < 16000 \text{ ft} \rightarrow \text{NRI} = I-1 \\ \text{c) } N = 10/10 \ \& \ h > 7000 \text{ ft} \rightarrow \text{NRI} = I-1 \\ \text{d) Dersom } I \text{ ikke er blitt modifisert} \\ \text{ved a, b eller c: } \text{NRI} = I \\ \text{e) Hvis } \text{NRI} < 1, \text{ settes } \text{NRI} = 1 \end{array} \right.$

Netto strålingsindeks (NRI) og vindhastighet definerer stabilitetsklassene (tabell 3). I byer vil det nederste sjiktet sjelden være sterkt stabilt. Turner angir derfor at for byområder bør stabilitetsklassene 6 og 7 settes lik klasse 5.

Vindhastighet (knots)	Netto strålingsindeks (NRI)						
	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	3	4	4	4	5
11	3	3	4	4	4	4	4
> 12	3	4	4	4	4	4	4

Tabell 3: Stabilitetsklasser som funksjon av netto strålingsindeks og vindhastighet (3).

Turners metode avviker fra Pasquills først og fremst ved at strålingsparameteren er bedre definert og dessuten ved at det benyttes langt flere vindhastighets-klasser. Turner har i motsetning til Pasquill, også angitt stabilitetsklasser for nattforhold med liten vindstyrke. Heller ikke i Turners system kan stabile forhold forekomme om dagen. I Norden forekommer ikke solhøyder over 60° , og det medfører at stabilitetsklasse 1 her bare kan forekomme ved $NRI = 3$ og vindstille, dvs. forhold som ikke kan behandles i spredningsmodeller.

c) F. Fiedler (5)

Fiedlers klassifiseringsskjema (tabell 4) er basert på Pasquills. Avvikene fra Pasquill er for det første innføringen av den sterkt stabile klassen G (tilsvarende Turners klasse 7), og dessuten at karakteriseringen av innstrålingen er kvantifisert ved målinger av globalstrålingen:

Sterk innstråling: $G > 1100 \text{ mcal/cm}^2\text{min}$

Middels innstråling: $500 < G < 1100 \text{ mcal/cm}^2\text{min}$

Svak innstråling: $G < 500 \text{ mcal/cm}^2\text{min}$

Vindhastighet (m/s)	DAG Innstråling			NATT Skydekke		
	Sterk	Middels	Svak	8/8	$\geq 4/8$	$\leq 3/8$
<2	A	A-B	B	D	G	G
2-3	A-B	B	C	D	E	F
3-5	B	B-C	C	D	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D	D

Tabell 4: Fiedlers klassifiseringsskjema (5).

Dessuten har Fiedler sløyet Pasquills regel om at klasse D skal brukes ved overskyet vær hele døgnet. Det er en stor diskontinuitet i Fiedlers klasser om natten. Ved vindhastighet mindre enn 2 m/s, endres stabilitetsklassen fra G til D om skydekket endres fra 7/8 til 8/8!

Data fra to år (München) er klassifisert etter tabell 4. Frekvensfordelingene viser "fornuftig" variasjon mellom årstidene. Det er også beregnet frekvensfordelinger for forskjellige vindretninger, og det er karakteristiske forskjeller i stabilitetsfordelingene mellom vestlige vinder (lavtrykkssituasjoner med nøytral sjiktning) og østlige vinder (høytrykks-situasjoner med instabilt om dagen og stabilt om natten).

Fiedler har for en sommer- og en vinterdag sammenlignet resultatene med observerte stabilitetsdata (Monin-Obukhov lengden L og Richardson-tall Ri). Sommerdagen ga meget god overensstemmelse mellom klassifiseringssystemet og stabilitetsdata, idet de synoptiske data gir klasse D hele døgnet og $l/L \approx 0$. Derimot ga vinterdagen dårlig samsvar. Klassifiseringen ga instabilt (B og C) om dagen og sterkt stabilt om natten, mens både l/L og Ri var positive (dvs. stabilt) hele døgnet.

Fiedler påpeker at dette ofte vil kunne opptre om vinteren når inversjonene holder seg hele døgnet, på grunn av at klassifiseringsskjemaet aldri kan gi stabilt om dagen. Fiedler konkluderer med at dette sannsynligvis kan forbedres ved å benytte strålingsbalansen i stedet for innstrålingen som parameter i klassifiseringsskjemaet.

d) W. Klug (6)

Klugs klassifiseringsskjema er gjengitt i tabell 5. Den mest stabile klassen er betegnet I og den mest instabile V. Nøytralt tilsvarer klasse III₁.

Wind- geschwindigkeit in 10 m Höhe	Gesamtbedeckung				
	Nachts		Tags		
	0/8-6/8	7/8-8/8	0/8-2/8	3/8-5/8	6/8-8/8
< 1.5 m/s	I	II	IV	IV	IV
2 m/s	I	II	IV	IV	III ₂
3 m/s	II	III ₁	IV	IV	III ₂
4 m/s	III ₁	III ₁	IV	III ₂	III ₂
> 5 m/s	III ₁	III ₁	III ₂	III ₁	III ₁

Tabell 5: Klugs klassifiseringsskjema (6).

Skillet mellom dag og natt er satt til soloppgang og solnedgang. I tillegg til selve skjemaet (tabell 5), er det gitt en rekke tilleggsregler:

- 1) I juni og juli mellom kl 11 og 15 (MEZ) og i mai og august mellom kl 12 og 14 skal en ved vindhastighet mindre enn 5 m/s og skydekke mindre enn 5/8 forhøye "klassetallet" med én (III₂→IV, IV→V). Dermed innføres en sterkt instabil klasse (V) som ikke inngår i tabell 5.
- 2) I månedene desember, januar og februar erstattes klassen IV (tabell 5) med III₂.
- 3) Når det ikke er bakkekilder som skal undersøkes, men kilder med en effektiv utslippshøyde H gjelder:

NILU Teknisk notat nr 8/75:

På side 13 mangler følgende etter 6. linje:

4. For de to siste timene før solnedgang brukes følgende tilleggsregler:

Dersom stabilitetsklassene for dag- og nattforhold avviker én klasse (f.eks. dag - III₂, natt - III₁), brukes stabilitetsklassen for dagen.

Dersom stabilitetsklassene for dag og natt avviker to eller tre klasser, brukes stabilitetsklassen for dagen redusert med én klasse.

Dersom differansen er fire klasser, brukes stabilitetsklassen for dagen redusert med to klasser.

5. Dersom skydekket består av bare høye skyer (Cirrus), reduseres skymengden med 3/8.

H < 100 m. Natten forlenges til 1 time etter soloppgang.

H > 100 m. Natten forlenges til 2 timer etter soloppgang.

Når H > 150 m skal dessuten klasse I erstattes med klasse II (tabell 5).

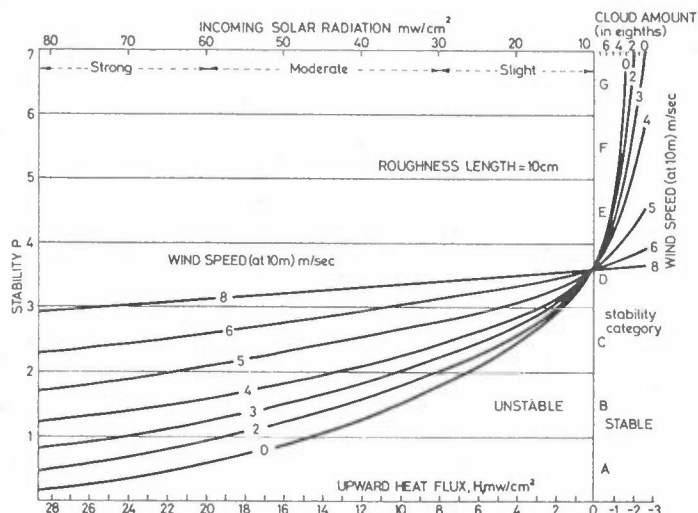
Klugs klassifiseringsmetode er sammenlignet med Turners metode ved å beregne hyppighetsfordelingen for ett års data fra Hamburg. De to metodene gir markert forskjellige hyppighetsfordelinger, og Klug mener at hans metode gir en mer "harmonisk" fordeling.

På grunnlag av diffusjonsdata fra "Prairie Grass"-prosjektet har Klug også beregnet spredningsparametrene σ_y og σ_z for stabilitetsklassene I-V.

Manier (7) har foreslått at de tyske regler for beregning av skorsteinshøyder skal baseres på Klugs klassifiseringsmetode og σ -verdier. De gjeldende tyske regler er basert på midlere meteorologiske forhold, men Klugs metode gjør det mulig å beregne hyppighetsfordelinger for spredningsforholdene, og dermed også for konsentrasjoner.

e) F. B. Smith (8)

F. B. Smith har utarbeidet en "pakkeløsning" hvor en på grunnlag av strålingsdata (upward heat flux eller incoming solar radiation), skymengde og vindhastighet kan bestemme σ_y og σ_z som funksjon av avstanden fra kilden. Systemet tar dessuten hensyn til midlingstid og ruhetsparameter (z_0). Smith's system er gitt ved et stort antall figurer (nomogrammer). Det er ikke hensiktsmessig å gjengi det hele her, og en har derfor bare gjengitt figuren som bestemmer en kontinuerlig variabel stabilitetsparameter P (figur 1). Deler av Smith's arbeid er gjengitt av Pasquill (9).



Figur 1: Bestemmelse av stabilitetsparameteren P på grunnlag av strålingsdata og vindhastighet (9).

f) CONCAWE (10)

I en rapport fra Stichting CONCAWE er det gitt et skjema til bestemmelse av "the Brookhaven stability categories". (Systemet er foreslått av Marsh og Blokker.)

Som kjent er Brookhaven spredningsparametrene klassifisert etter amplituden til de horisontale vindfluktasjoner med følgende definisjoner (11, 12):

- A: Fluctuations of the wind direction exceeding 90 deg. (Dette er forhold med meget sterk konveksjon uten en definert middelvind. Denne klassen har derfor liten relevans for spredningsberegninger.)
- B₂: Fluctuations ranging from 45 to 90 deg.
- B₁: Similar to A and B, with fluctuations confined to 15- and 45 deg limits.
- C: Distinguished by the unbroken solid core of trace, through which a straight line can be drawn for the entire hour, without touching "open space". The fluctuations must reach 15 deg, but no limit is imposed.

D: The trace approximates a line. Shortterm fluctuations do not exceed 15 deg.

I CONCAWE-rapporten er det forsøkt å redefinere klassene B₂-D ved meteorologiske data (tabell 6).

Time	Wind speed (m/s)	Cloud cover (eighths)			
		≤ 4	> 4	5,6	> 7
Day					
06.00-09.00 } 15.00-18.00 }	< 3	B1	-	B1	B1
09.00-15.00 } Summer }	< 3	B2	-	B1	B1
	3-5	B1	-	B1	C
	> 5	C	-	C	C
Night	< 3	D	D	-	-
	3-5	D	C	-	-
	> 5	C	C	-	-

Tabell 6: Definisjon av "Brookhaven-klassene" B₂-D på grunnlag av meteorologiske data (10).

g) Gotaas, Dovland & Eidsvik (13)

Dette er et varslingsystem som direkte gir konsentrasjonsfordelingen for fire forskjellige turbulensklasser: $T_0 - T_3$. Klassifiseringsskjemaet er gitt i tabell 7. Inngangsparametre er vindstyrke, tidspunkt (dag/natt - sommer/vinter) og områdets ruhet (z_0), mens skydekket ikke er tatt med. Soloppgang og solnedgang er valgt som skille mellom dag og natt. Det er vinterforhold når det er snø på bakken.

	WIND FORCE (BEAUFORT)	SUMMER		WINTER		WIND FORCE (km/h)	
		DAY	NIGHT	DAY	NIGHT		
ROUGH TERRAIN	1 [†]	T_3	T_2	T_2	T_1	≤ 6 [†]	
	2+3				T_2	7-19	
	≥ 4		T_3	T_3	T_3	≥ 20	
OPEN SMOOTH TERRAIN	1 [†]	T_2	T_1	T_2	T_1	≤ 6 [†]	
	2+3					T_1	7-19
	≥ 4		T_2		T_2	T_2	≥ 20
OVER WATER	1 - 2 [†]	T_1				≤ 12 [†]	
	≥ 3	T_2				≥ 13	

[†] VARIABLE WIND DIRECTION - USE T_0

Tabell 7: Definisjon av turbulensklassene $T_0 - T_3$ (13).

Dette systemet er laget på grunnlag av konsentrasjonsfordelingene fra en rekke spredningsforsøk i Nord-Norge. De viktigste forskjellene fra andre klassifiseringsmetoder er at en har forsøkt å ta hensyn til bakkens ruhet (mekanisk turbulens) og effekten av snø på bakken.

3 SAMMENLIGNING MELLOM KLASSIFISERINGSMETODER
OG TURBULENSMÅLINGER

Den mest omfattende undersøkelsen av sammenhengen mellom meteorologiske bakkeobservasjoner og atmosfærens turbulens-tilstand er utført av Luna og Church (14). Hovedpunktene i dette arbeidet er gjengitt nedenfor, sammen med resultatene fra en lignende undersøkelse av Golder (15).

a) R. E. Luna & H. W. Church (14)

Hovedformålet med denne undersøkelsen var å se på sammenhengen mellom stabilitetsklasser og målinger av turbulensintensitet og stabilitet. Luna og Church benyttet en klassifiseringsmetode som ligner på Turners (3, 4). Det er imidlertid enkelte forskjeller, og hovedpunktene i metoden er derfor gjengitt her. De synes ikke å ha forsøkt å optimalisere metoden for å få best mulig overensstemmelse med turbulens- og stabilitetsmålingene.

Insolation	Insolation code	Sun angle
Strong	3	>60
Moderate	2	35-60
Slight	1	15-35
None	0	0-15
Night	-2	0

Tabell 8: Innstråling som funksjon av solhøyde (14).

Total amount (tenths)	Amount (tenths)	Cloud type (standard abbreviation)	Height (100's feet)	Modifier code (see Table 10)
0-5				21
10		Ci, Cs, Cc	>180	22
6-9	6-9	Ac, Acc, As, Ns	60-180	23
6-9	6-9	F, St, Sc, Cu, Cb	< 60	24
10				25

Tabell 9: Modifisering av innstrålingen på grunn av skyer (14).

Cloud modifier code	Clear sky insolation code				
	-2	0	1	2	3
21	-2	0	1	2	3
22	-1	0	1	2	3
23	-1	0	0	1	2
24	0	0	0	0	1
25	0	0	0	0	0

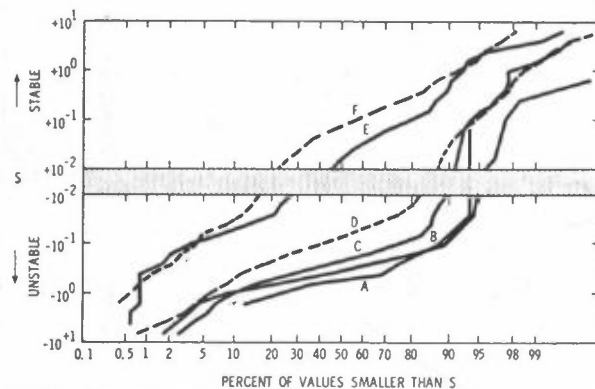
Tabell 10: Virkelig innstråling basert på tabellene 8 og 9 (14).

Wind speed (m sec ⁻¹)	Insolation					
	Heating			Cooling		
	Strong	Moderate	Slight	None	Slight	Moderate
0-1	A	A	B	D	E	F
1-3	A	B	C	D	E	F
3-5	B	C	C	D	D	E
5-8	C	D	D	D	D	D
>8	D	D	D	D	D	D

Tabell 11: Stabilitetsklasse som funksjon av innstråling (tabell 10) og vindstyrke.

Dette klassifiseringssystemet ble benyttet på data fra Augusta, Georgia og sammenlignet med turbulensdata fra et TV-tårn 13 km fra værstasjonene. Turbulensmålingene var σ_A og σ_E (standardavvikene for horisontal og vertikal vindkomponent) målt 92 m over bakken og dessuten "bulk Richardson" tall basert på temperaturobservasjoner 3 og 40 m over bakken og vindhastighet i 40 m: $S = (g\Delta\theta/\Delta Z)/(T(V_{40}/Z_{40})^2)$. Nedenfor er angitt de viktigste resultatene, for mer utførlige resultater vises til referanse (14).

Sammenhengen mellom Pasquill-klasse og stabilitetsparameteren S er vist i nedenstående figur 2. Som ventet tilsvarende den største negative medianverdien for S den mest ustabile klassen (A), og S-medianen øker i riktig rekkefølge for de øvrige klassene. Det er imidlertid stor spredning i S-verdiene innen hver Pasquill-klasse. Eksempelvis har 15-25% av observasjonene i klassene E og F negative S-verdier (ustabilt). Luna og Church mener at dette kan skyldes at en ikke kan ta hensyn til den synoptiske situasjonen, f. eks. passasje av en kladfront som kan medføre negative S og klasse E eller F etter klassifiseringsmetoden.



Figur 2: Frekvensfordeling for stabilitetsparameteren S for "Pasquill-klassene" A-F (14).

Klasse D opptrer langt oftere enn ved S-verdier nær null. Bare 6% av dataene hadde S mellom -0.01 og 0.01, mens klassifiseringsmetoden ga klasse D i ca 50% av tiden.

Sammenhengen mellom stabilitetsklassene og σ_A - og σ_E -verdiene er vist i tabell 11. σ -verdiene avtar med økende stabilitet. Bortsett fra σ_A -verdiene for klassen A og B, er forskjellen i medianverdi mellom de forskjellige klassene statistisk signifikant. Det er imidlertid også her stor spredning innen hver klasse. σ_E -verdiene viser noe bedre sammenheng med stabilitetsklassene enn σ_A , hvilket er naturlig siden σ_E er mest stabilitetsavhengig.

Hovedkonklusjonen til Luna og Church er: "Thus on the average, predictions using the mean values could be close to those made from measurements, but the distribution of values of the predictive variables are so broad that almost any value of σ_A and σ_E could belong to any stability class."



Pasquill type	Median	σ_A		Derived value*	Median	σ_E		Derived value*
		70% of values between				70% of values between		
A	0.17	0.032	0.24	0.25	0.25	0.17	0.30	0.14 - 0.46**
B	0.14	0.032	0.24	0.18	0.21	0.10	0.264	0.11
C	0.12	0.015	0.20	0.12	0.14	0.013	0.23	0.06 - 0.07
D	0.067	0.015	0.13	0.08	0.065	0.017	0.23	0.035 - 0.046
E	0.025	0.006	0.064	0.06	0.025	0.010	0.065	0.021 - 0.036
F	0.017	0.005	0.042	0.04	0.017	0.010	0.060	0.014 - 0.023

* From Pasquill (1961).

** Range of values resulting from using h values at 0.1 and 1 km.

Tabell 11: Turbulensparametrene σ_A og σ_E innen Pasquill-klassene A-F (14).

b) D. Golder (15)

Golder har beregnet følgende stabilitetsparametre for 5 forskjellige steder: Monin-Obukhov lengde, Richardson tall, bulk Richardson tall, Pasquill klasse og Turner klasse. (Også Pasquill klassen G er tatt med.) Datagrunnlaget er fra Kerang, Australia; South-Dartmouth, Massachusetts; Hanford, Washington; O'Neill, Nebraska og Cape Kennedy, Florida.

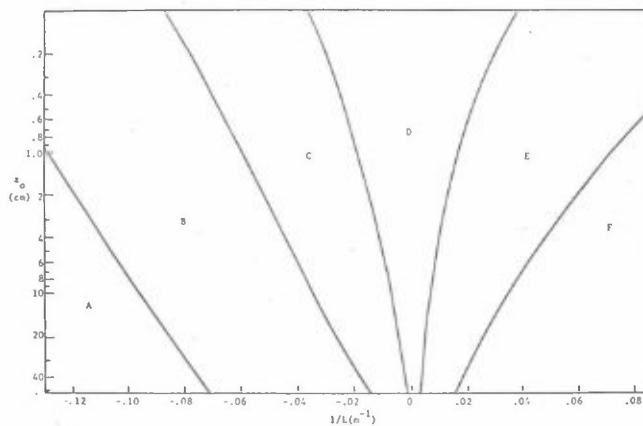
Sammenligning mellom Pasquill og Turner klassene viser at Pasquill klassene stort sett kan konverteres til Turner klassene ved:

$$A \rightarrow 1, B \rightarrow 2, C \rightarrow 3, \dots, G \rightarrow 7$$

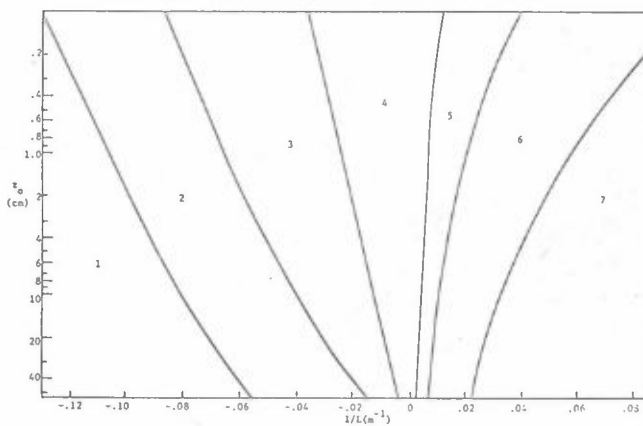
En kan imidlertid ikke gå like lett andre veien: Turner klasse 1 fordeles likt på A og B, klasse 2 på B og C, klasse 3 mest til C, men også endel til D. Klassene 4 og 5 tilsvarer hovedsakelig D, klasse 6 hovedsakelig E og klasse 7 tilsvarer stort sett F.

Golder har også undersøkt sammenhengen mellom Monin-Obukhov lengden (l/L) og henholdsvis Pasquill og Turner klassifiseringene.

Resultatene varierte litt fra sted til sted, og er oppsummert i figurene 3 og 4.



Figur 3: Sammenhengen mellom $1/L$, Pasquill-klasse og z_0 (15).



Figur 4: Sammenhengen mellom $1/L$, Turner-klasse og z_0 (15).

Golder gir imidlertid ikke tilfredsstillende svar på hvor gode klassifiseringskjemaene er til å beskrive turbulensforholdene.

4 AVSLUTTENDE KOMMENTARER

De eksisterende metodene som brukes til klassifisering av spredningsforholdene i atmosfæren på grunnlag av meteorologiske bakkeobservasjoner, er hovedsakelig basert på antagelser om hvordan turbulensforholdene avhenger av solhøyde, skymengde og vindstyrke. Klassifiseringsmetodene er bare i liten utstrekning sammenlignet med turbulensmålinger, og i enda mindre grad sammenlignet med målte luftkonsentrasjoner. Det er heller ikke i vesentlig grad forsøkt å optimalisere metodene for å få best mulig overensstemmelse med direkte turbulens- eller stabilitetsmålinger. Det er derfor sannsynlig at klassifiseringsmetodene kan forbedres, bl. a. ved en bedre beskrivelse av strålingsbalansen istedet for innstrålingen.

5 LITTERATURLISTE

- (1) Ring, Olsson & Ljungquist
Undersökning av "Pasquill-Turner" klasser.
PM daterat 24.1.1973.
Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI).
- (2) Pasquill, F
The estimation of the dispersion of windborne material.
Meteorol. Mag. 90, 33-49 (1961).
- (3) Turner, D.B.
Relationship between 24-hour mean air quality measurements and meteorological factors in Nashville, Tennessee.
J. Air Poll. Contr. Assoc. 11, 483-489 (1961).
- (4) Turner, D.B.
A diffusion model for an urban area. J. Appl. Meteorol. 3, 83-91 (1964).
- (5) Fiedler, F.
Zur Klassifizierung der Wettertypen in der Ausbreitungsrechnung.
Zeitschrift für Meteor. 20. 81-84 (1968).
- (6) Klug, W.
Ein Verfahren zur Bestimmung der Ausbreitungsbedingungen aus synoptischen Beobachtungen.
Staub 29, 143-147 (1969).
- (7) Manier, G.
Eine neue Methode zur Bestimmung von Schornsteinmindesthöhen.
VDE-Berichte NN 149, 157-172 (1970).
- (8) Smith, F.B.
A scheme for estimating the vertical dispersion of a plume from a source near ground-level. Unpublished Meteorological Office Note, September 1973 (Finnes også som notat fra forelesning på von Karman-instituttet.)

- (9) Pasquill, F. Atmospheric Diffusion.
2. Edition. Ellis Horwood
Limited (1974).
- (10) The dispersion from a complex
of stacks: Calculations with
data from several industrial
complexes in the vicinity of
Ingolfstadt (Western Germany).
Stichting CONCAWE, Report
Nr. 3/74. The Hague, July 1974.
- (11) Singer, I.A. &
Smith, M.E. Relation of gustiness to other
meteorological parameters.
J. Meteor. 10, 121-126 (1953).
- (12) Singer, I.A. &
Smith, M.E. Atmospheric dispersion at
Brookhaven National Laboratory.
Int. J. Air and Water Poll.
10, 125-135 (1966).
- (13) Gotaas, Y,
Dovland, H. &
Eidsvik, K.J. A simple system to predict
down-wind danger areas following
chemical attacks.
Forsvarets Forskningsinstitutt,
Teknisk notat VM-122.
- (14) Luna, R.E. &
Church, H.W. A Comparison of Turbulence
Intensity and Stability Ratio
Measurements to Pasquill
Stability Classes.
J. Appl. Meteor. 11,
663-669 (1972).
- (15) Golder, D. Relations among stability
parameters in the surface
layer.
Boundary-Layer Meteor. 3,
47-58 (1972).