

DNMI

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

# *klima*

GARDERMOEN-PROSJEKTET  
METEOROLOGISKE MALINGER PR. 31. AUGUST 1991

LARS ANDRESEN OG PER OVE KJENSLI  
RAPPORT NR. 37/91



# DNMI-RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT  
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO 3  
TELEFON: (02) 96 30 00

ISBN

RAPPORT NR.

37/91 KLIMA

DATO

21.10.1991

## TITTEL

**GARDERMOEN - PROSJEKTET  
METEOROLOGISKE MÅLINGER PR. 31.AUGUST 1991**

## UTARBEIDET AV

LARS ANDRESEN OG PER OVE KJENSLI

## OPPDRAGSGIVER

LUFTFARTSVERKET  
HOVEDFLYPLASSPROSJEKTET

## OPPDRAGSNR.

## SAMMENDRAG

På Gardermoen er det målt sikt på 3 steder langs rullebanen : I sør, midt på og i nord. Rapporten beskriver siktforholdene for tidsrommet november 1990 - august 1991. Frekvenser av KAT I-, II- og IIIA-forhold er gitt for måleperioden og normaliserte verdier er gitt for perioden 1957-90. Årsverdier er foreløpig beregnet til 98 % for KAT I.

Ved å benytte samtidige målinger av RVR i sør og nord reduseres frekvensen av KAT II- og IIIA-forhold. Under forutsetning av at man kan velge beste RVR-verdi, øker frekvensen av KAT I til 99 % .

Det er ikke observert sidevindskomponenter over 5 m/s ved sikt under 550 m.

## UNDERSKRIFT

*Lars Andresen*

Lars Andresen

SAKSBEHANDLER

*Bjørn Aune*

Bjørn Aune

FAGSJEF

## SAMMENDRAG

Det norske meteorologiske institutt har i drift 3 sikt-målestasjoner på Gardermoen, 2 skyhøydemålestasjoner og 2 vindmålestasjoner, alle tilknyttet hovedflyplassprosjektet. Alle instrumentene registrerer kontinuerlig hvert 10. minutt. Fra før er det en tradisjonell værstasjon på Gardermoen med manuelle observasjoner hver time.

I måleperioden har det vært mye tåke. Bare 7 ganger tidligere siden 1957/58 har det vært mer tåke, med sikt under 300 m, i perioden november-april. Målingene viser at det har vært 96 % KAT I-forhold, ca 2 % på hver av KAT II og KAT IIIA, og 0.1 % under KAT IIIA-forhold i denne perioden.

Frekvensene ovenfor er normalisert i forhold til tidsrommet 1957-90 til hhv. 97, 1-1.5 og 0.2 % . På årsbasis viser foreløpige beregninger at frekvensen av KAT I vil ligge på 98 % og KAT II og IIIA på ca 1 % hver, når vi ser på en målestasjon. Ved å bruke beste RVR-verdi av samtidige målinger i nord og sør, øker frekvensen av KAT I ytterligere til 99 % på bekostning av KAT II og IIIA.

**For perioden januar - april 1991 gjelder følgende :**

Er det KAT II-forhold i sør, så er det 70 % sannsynlighet for at det er KAT II eller dårligere forhold i nord. Eller omvendt : Er det KAT II i nord, så er det nærmere 80 % sannsynlighet for at det er KAT II eller dårligere forhold i sør. For KAT IIIA blir de tilsvarende prosentverdier hhv. 60 og 70.

Ved rullebanesikt under 550 m er det dobbelt hyppighet av vind fra sør i forhold til vind fra nord på Gardermoen, i gjennomsnitt over normalperioden. Sønnavinden i januar-april 1991 har vært sterkt overrepresentert i forhold til dette. Ved KAT II eller dårligere forhold har vindhastigheten i 90 % av tiden vært under 2.5 m/s.

Det er ikke observert sidevindskomponenter over 5 m/s ved sikt under 550 m. Vind har således ingen innvirkning på den værmessige tilgjengeligheten på Gardermoen.

**For perioden mai - august 1991 gjelder følgende :**

Det er KAT I-forhold i ca 99.5 % av tiden, når vi ser på en målestasjon. Ser vi begge baneender i sammenheng, øker frekvensen med 0.1-0.3 % .

Det er få tilfelle med rullebanesikt under 550 m. Da er vindhastigheten i de fleste tilfelle under 1.5 m/s.

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1. INNLEDNING</b>	<b>SIDE</b>	<b>1</b>
<b>2. OBSERVASJONER FRA GARDERMOEN</b>		<b>2</b>
2.1. En vurdering av måleperioden.		2
2.2. Instrumentell sikt.		4
2.2.1. MOR.		4
2.2.2. RVR.		6
2.3. Langtidsperioden 1957-1990.		8
2.4. Samtidige målinger i sør og nord.		9
2.5. Sikt og vind i kombinasjon.		10
2.6. Instrumentell skyhøyde.		12
<b>3. REFERANSER</b>		<b>13</b>
APPENDIKS		
APPENDIKS A. OMRÅDEBESKRIVELSE		15
A.1. Regional beskrivelse.		15
A.2. Lokal beskrivelse.		15
APPENDIKS B. OMFANGET AV TÅKETYPER PÅ GARDERMOEN		17
APPENDIKS C. VÆRSTASJONER OG MÅLESTEDER		18
APPENDIKS D. DATAINNSAMLING		19
APPENDIKS E. BAKGRUNNSLYS, RULLEBANELYS OG RULLEBANESIKT		20
E.1. Bakgrunnslys og øyets belysningsterskel.		20
E.2. Rullebanelys.		21
E.3. Fremgangsmåte ved beregning av rullebanesikt.		23
APPENDIKS F. VARIASJON I SIKTFORHOLDENE FRA ÅR TIL ÅR		24
APPENDIKS G. NORMALISERING OG USIKKERHET		25
G.1. Normalisering av sikt til perioden 1957-1990.		25
G.2. Usikkerhet ved normalisering av sikt.		27
G.3. Normalisering av skyhøyde til perioden 1957-1990.		29
APPENDIKS H. SAMTIDIGE OBSERVASJONER I SØR OG NORD		31
APPENDIKS I. RULLEBANESIKT VED VIND FRA NORD OG SØR		33
APPENDIKS J. DEFINISJONER		34

## 1. INNLEDNING

Stortinget vedtok 1.6.1990 å avslutte værmålingene på Hurum. I brev av 8.6.1990 ønsker luftfartsverket (LV) å flytte værstasjonene til Gardermoen for å kunne utnytte instrumentelle meteorologiske data i forbindelse med en hovedplan som skal være klar i 1992.

Det norske meteorologiske institutt (DNMI) og LV ble enige om å plassere siktmålere langs eksisterende rullebane på Gardermoen i henhold til ICAO's retningslinjer for en KAT IIIA-flyplass.

Hensikten med måleprosjektet er først og fremst å kartlegge forekomst av kategori I-, II- eller IIIA-siktforhold sammen med vindforholdene i slike situasjoner. Slike data vil være til hjelp ved planlegging av instrumenteringen på flyplassen og for optimalisering av de fremtidige flyoperasjoner.

I denne andre tertialrapporten vil det bli lagt vekt på å :

1. Gi en beskrivelse av siktforholdene på Gardermoen for tidsrommet november 1990 - august 1991, og tilpasse måleresultatene til et langtidsmiddel.
2. Angi usikkerhet i langtidsverdiene.
3. Beregne frekvensen av RVR, dersom beste verdi av RVR-S og RVR-N blir valgt.
4. Fordele siktfrekvenser etter vindhastighet/vindretning.
5. Beskrive skyhøydeforholdene.

Vi gjør oppmerksom på at deler av punktene ovenfor ikke er fullstendig behandlet ennå.

Andre tertialrapport erstatter første rapport og kan leses uavhengig av denne. En del bakgrunnsopplysninger fra rapport nr.1 finnes i Appendiks i rapport nr.2.

## 2. OBSERVASJONER FRA GARDERMOEN

### 2.1. En vurdering av måleperioden.

For å kunne bedømme siktforholdene i måleperioden i forhold til et langtidsmiddel, vises først gjennomsnittlige frekvenser av visuell sikt for tidsrommet 1957-1988 i tabell 2.1, observert ved DNMI's værtjeneste, posisjon 0 (se Appendiks C). Tabellen er basert på 4 observasjoner pr. døgn: kl. 01, 07, 13 og 19 (normaltid).

Tabell 2.1.  
Kumulativ frekvensfordeling (%) av gjennomsnittsverdier av visuell sikt på Gardermoen (1957-1988).

1957-1988	≤ 100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000 m
JAN	0.1	1.1	2.7	3.7	4.4	5.2	5.9	6.5	7.2	7.8
FEB	0.1	0.9	2.2	3.4	3.8	4.5	5.3	6.2	7.0	7.7
MAR	0.1	0.8	1.9	2.7	3.4	4.0	4.6	5.0	5.5	6.2
APR	-	0.6	1.5	2.0	2.5	2.9	3.0	3.3	3.6	3.8
MAI	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
JUN	-	-	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
JUL	-	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7
AUG	-	0.1	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
SEP	-	0.2	0.9	1.2	1.4	1.6	1.9	2.1	2.3	2.5
OKT	0.1	1.3	2.7	4.1	4.9	5.7	6.3	6.7	7.1	7.5
NOV	0.1	1.3	3.3	5.1	6.2	7.2	8.2	8.7	9.6	10.2
DES	0.1	1.3	3.5	5.1	6.2	7.0	8.1	8.7	9.6	10.2
ÅR	0.05	0.7	1.6	2.4	2.9	3.3	3.8	4.1	4.6	4.9

Tabellen viser at det er mest tåke (sikt under 1000 m) i november og desember, fulgt av januar, februar og oktober. Tett tåke (sikt under 100 m) er observert relativt sjelden, med forekomst vesentlig i tidsrommet oktober - mars. I månedene mai - juli er sikt under 1000 m en sjelden begivenhet, forekomsten er under 1 % av tiden i gjennomsnitt.

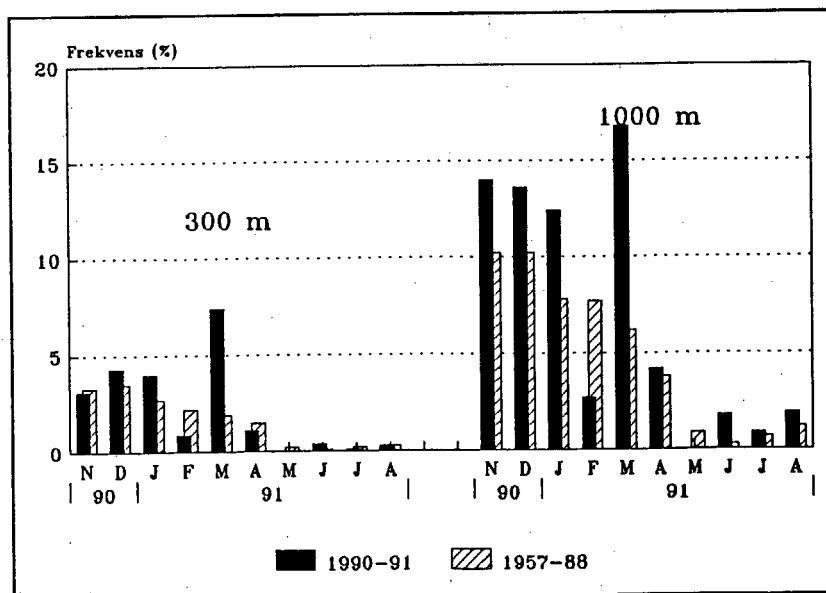
I måleperioden (november 1990 - august 1991) har siktforholdene vært som vist i tabell 2.2. Man ser at det har vært relativt stor tåkehyppighet. Det er bare februar og mai som ligger under frekvensgjennomsnittet ved sikt under 1000 m. De andre månedene ligger til dels langt over gjennomsnittet. Særlig markert er dette for mars. Ved sikt under 300 m er det desember, januar og særlig mars som ligger over gjennomsnittet. Se figur 2.1.

Tabell 2.2.  
Kumulativ frekvensfordeling (%) av visuell sikt på Gardermoen i tidsrommet september 1990 - august 1991.

1990	≤ 100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000 m
SEP	-	-	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1.0
OKT	0.1	1.8	3.8	6.2	8.9	10.8	12.9	14.5	15.2	15.9
NOV	-	1.0	3.1	4.6	5.7	7.2	8.3	11.0	12.8	14.0
DES	-	1.2	4.3	7.0	8.5	9.8	10.5	11.6	12.9	13.6
1991	≤ 100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000 m
JAN	0.1	1.6	4.0	5.5	6.5	7.4	8.9	10.6	11.7	12.4
FEB	-	0.6	0.9	1.3	1.6	1.8	1.9	2.4	2.7	2.7
MAR	-	2.7	7.4	9.8	11.2	12.6	13.8	15.6	16.7	16.8
APR	-	-	1.1	1.9	2.8	3.1	3.3	3.5	4.2	4.2
MAI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUN	-	-	0.4	0.7	0.8	1.1	1.5	1.8	1.8	1.8
JUL	-	-	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.7	0.9
AUG	-	-	0.3	0.7	0.8	1.1	1.5	1.5	1.6	1.9

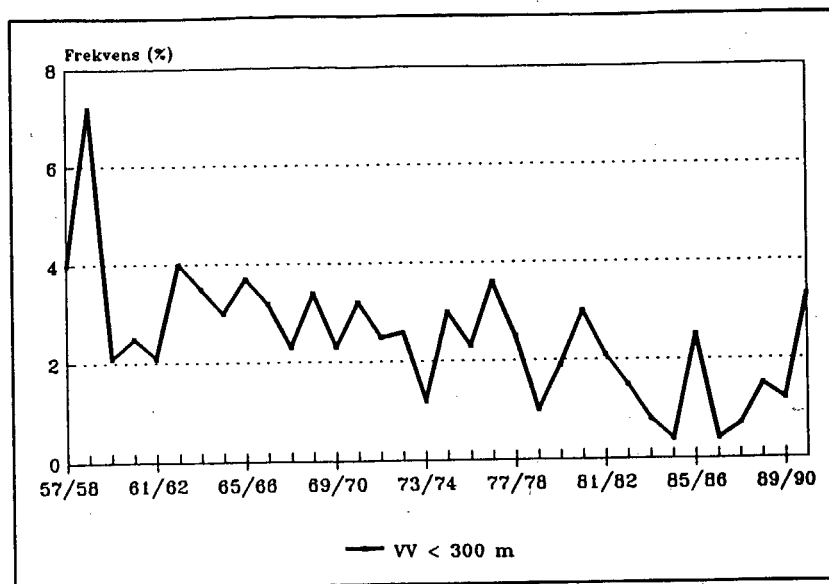
Figur 2.1.

Frekvenser av visuell sikt under 300 m og 1000 m på Gardermoen i måleperioden, sammenlignet med gjennomsnittet for tidsrommet 1957-88.



Figur 2.2.

Variasjonen i frekvens av sikt under 300 m på Gardermoen i tidsrommet november-april 1957/58-1990/91.



Figur 2.2 viser at perioden november 1990 - april 1991 har den høyeste frekvens av sikt under 300 m siden 1976/77. Se forøvrig Appendiks F. Figuren er også tatt med for å vise at det kan være store variasjoner i siktfordelningene fra år til år.

## 2.2. Instrumentell sikt.

### 2.2.1. MOR.

Siktmåleren i posisjon M, dvs. siktmåler-M, vil vi la representere siktfordelningene på Gardermoen. Den vil vise variasjonene i tåkehyppighet og siktfordelingen i tåke fra måned til måned. I tabell 2.3 er presentert siktfordelningene i måleperioden, slik de er målt med transmissometer, med kontinuerlig registrering hvert 10. minutt.

Tabell 2.3.

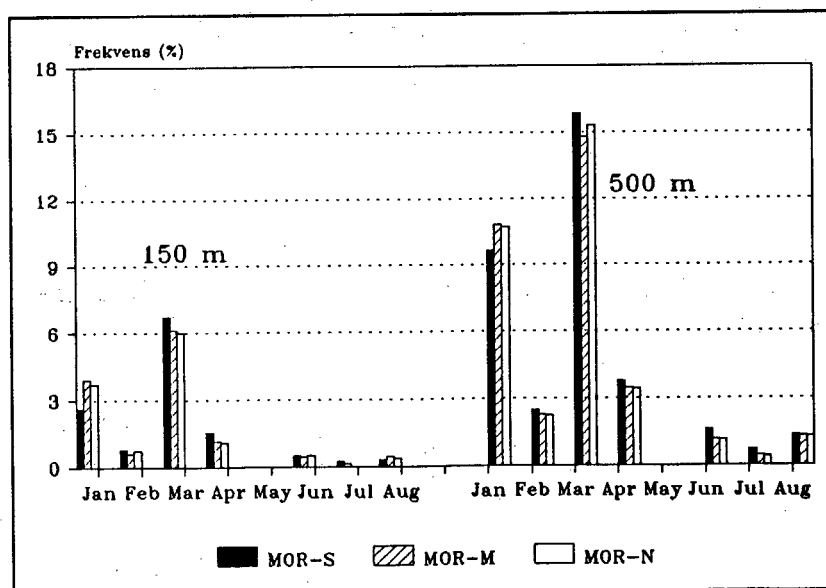
Kumulativ frekvensfordeling (%) av MOR fra siktmåler-M november 1990 - april 1991, basert på 10-minutters middelværdier.

1990	≤ 50	100	150	200	250	300	350	400	450	500 m
NOV	-	0.4	2.6	5.2	6.8	7.9	8.9	9.8	10.7	11.9
DES	-	0.7	3.3	6.0	7.8	8.7	9.5	10.4	11.0	11.5
1991	≤ 50	100	150	200	250	300	350	400	450	500 m
JAN	0.0	1.0	2.6	4.3	5.6	6.5	7.4	8.3	9.0	9.7
FEB	-	0.2	0.6	1.0	1.4	1.7	1.9	1.9	2.2	2.3
MAR	-	1.4	6.1	9.1	10.8	12.3	13.5	14.1	14.5	14.8
APR	0.1	0.3	1.2	1.7	2.7	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
MAI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUN	-	0.1	0.5	0.7	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2
JUL	-	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5
AUG	-	0.2	0.5	0.7	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3

Det er en viss variasjon i sikten langs rullebanen (se Appendiks H). Dette gir imidlertid ikke store variasjoner i frekvensene av MOR. I figur 2.3. er vist frekvenser av MOR under hhv. 150 m og 500 m, fra samtlige målere.

Figur 2.3.

Frekvenser av instrumentell sikt under 150 m og 500 m fra posisjon S, M og N på Gardermoen, i tidsrommet januar-august 1991.



For perioden som helhet er det godt samsvar i tåkehypighet mellom de tre målestasjonene.

## 2.2.2. RVR.

Rullebanesikten, RVR [m], ved et tidspunkt kan beregnes når man kjenner sikten, MOR [m], bakgrunnsbelysningen, BL [ $\text{cd/m}^2$ ], og lysstyrken, I [cd], fra rullebanelysene, se Appendiks E.

Det er hvert 10. minutt beregnet en RVR medianverdi, dvs. at halvparten av tiden har sikten ligget under denne verdi og i halvparten av tiden over. I homogen tåke er det liten forskjell mellom middelvei og medianverdi. I tabell 2.4 er presentert RVR-forholdene i måleperioden, med fremtidig rullebanebelysning.

Rullebanesikten inndeles ofte i kategorier, etter de flyoperative forhold som gjelder på flyplassen. Her betyr KAT I :  $\text{RVR} \geq 550$  m, KAT II :  $350 \text{ m} \leq \text{RVR} < 550$  m og KAT IIIA :  $200 \text{ m} \leq \text{RVR} < 350$  m.

Det er forutsatt en banebredde på 45 m på Gardermoen.

Tabell 2.4a.

Frekvensfordeling (%) av RVR fra siktmåler-M november 1990 - august 1991, basert på 10-minutters medianverdier og fremtidig rullebanebelysning, fordelt på kategorier.

1990	KAT I	KAT II	KAT IIIA	< KAT IIIA
NOV	97.3 %	1.3 %	1.3 %	0.1 %
DES	95.7	2.8	1.5	0.0
1991	KAT I	KAT II	KAT IIIA	< KAT IIIA
JAN	95.4	2.3	2.1	0.2
FEB	98.7	0.6	0.7	-
MAR	91.0	4.8	4.2	-
APR	98.3	1.2	0.4	0.1
MAI	100.0	-	-	-
JUN	99.1	0.3	0.6	-
JUL	99.7	0.1	0.2	0.0
AUG	99.4	0.2	0.4	0.0
MIDDEL				
NOV-APR	96.06	2.17	1.70	0.07
NOV-AUG	97.46	1.36	1.14	0.04
JAN-APR	95.84	2.23	1.85	0.08
MAI-AUG	99.55	0.15	0.30	0.00

Tabell 2.4b.

Samme som siste del av tabell 2.4a, med kumulativ frekvensfordeling (%).

1990/91	KAT I	≥ KAT II	≥ KAT IIIA	< KAT IIIA
NOV-APR	96.06	98.23	99.93	0.07
NOV-AUG	97.46	98.82	99.96	0.04
JAN-APR	95.84	98.07	99.92	0.08
MAI-AUG	99.55	99.70	100.00	0.00

Tabell 2.4a viser at det har vært store variasjoner i RVR-frekvensene fra måned til måned. Variasjonsbredden kommer frem ved å sammenligne februar og mars. Slike utslag er ikke uvanlige og har sammenheng med at forskjellige værtyper til tider kan ha en varighet på både to og tre uker. I måleperioden totalt har det vært 97-98 % KAT I-forhold, ca 1 % av KAT II- og KAT IIIA-forhold, og mindre enn 0.1 % under KAT IIIA-forhold.

Hvordan fordelingen mellom de ulike kategorier ville ha vært i langtidsperioden 1957/58-1990/91 blir tatt opp i neste kapittel.

### 2.3. Langtidsperioden 1957 - 1990.

Tabellene 2.1 og 2.2 viser at det har vært mer tåke fra november 1990 - august 1991 enn gjennomsnittet for tidsrommet 1957-88. Dette gjelder også for synsvidde mellom 100 og 300 m, og dermed også for frekvensene av rullebanesikt innen kategori II og IIIA.

For å kunne foreta en normalisering av frekvensene av RVR i måleperioden må vi kjenne sammenhengen mellom synsvidde og rullebanesikt. For tidsrommet november 1990 - april 1991 får vi at synsviddegrensene 100, 225 og 325 m tilnærmet svarer til nedre grense for kategoriene IIIA, II og I. Ved å se på forholdet mellom de visuelle siktobservasjonene i måleperioden og i perioden 1957-90, kan vi korrigere for måleperiodens avvik i forhold til gjennomsnittet. Kort sagt : Vi foretar en normalisering av siktforholdene (Appendiks G.1).

Resultatet av normaliseringen, med usikkerhetsestimater, er gitt i tabell 2.5. Under forutsetning av at forholdet mellom visuell sikt og instrumentell RVR for hele 1991 er lik forholdet i perioden november 1990 - april 1991, har vi også beregnet normalverdier for året.

Tabell 2.5a. Normalisering av frekvenser (%) av rullebanesikt på Gardermoen ved fremtidig rullebanebelysning, med en estimert usikkerhet (se Appendiks G.2), til perioden 1957-90.

PERIODE	KAT I	KAT II	KAT IIIA	< KAT IIIA
NOV-APR	97.2 ± 0.5	1.4 ± 0.5	1.2 ± 0.3	0.2 ± 0.1
JAN-DES	98.3 ± 0.6	0.8 ± 0.6	0.8 ± 0.4	0.1 ± 0.1

Tabell 2.5b. Som tabell 2.5a, med kumulative frekvenser (%).

PERIODE	KAT I	≥ KAT II	≥ KAT IIIA	< KAT IIIA
NOV-APR	97.2 ± 0.5	98.6 ± 0.5	99.8 ± 0.3	0.2 ± 0.1
JAN-DES	98.3 ± 0.6	99.1 ± 0.6	99.9 ± 0.4	0.1 ± 0.1

Dette betyr at det i normalperioden har vært 97.2 ± 0.5 % KAT I-forhold, i gjennomsnitt for perioden november-april, mens det i perioden november 1990 - april 1991 var 96.1 % KAT I-forhold (se tabell 2.4b).

KAT I-forhold for alle 12 måneder er beregnet til 98.3 ± 0.6 % i gjennomsnitt over langtidsperioden.

## 2.4. Samtidige målinger i sør og nord.

I noen tåkeepisoder vil sikten variere betydelig langs rullebanen. Det kan da være gode landingsforhold i den ene enden av banen, mens sikten er under minimum i den andre enden. I Appendix H er presentert antall samtidige observasjoner i de respektive siktkategorier i sør og nord. Av tabell H.1 kan vi finne beste RVR av samtidige målinger i sør og nord. Resultatet er presentert i tabell 2.6a-b.

Tabell 2.6a.

Beste RVR-kategori av samtidige målinger i sør og nord, for tidsrommet januar-april og mai-august 1991. Frekvensene (%) er beregnet av det totale antall observasjoner, hhv. 17280 og 17712.

PERIODE	KAT I	KAT II	KAT IIIA	< KAT IIIA
JAN-APR	96.70	2.01	1.27	0.02
MAI-AUG	99.70	0.14	0.16	-

Tabell 2.6b. Som tabell 2.6a, med kumulative frekvenser (%).

PERIODE	KAT I	≥ KAT II	≥ KAT IIIA	< KAT IIIA
JAN-APR	96.70	98.71	99.98	0.02
MAI-AUG	99.70	99.84	100.00	-

I tabell H.1 ser man at for perioden januar-april 1991 har det vært KAT I-forhold i ca 96 % av tiden, dersom man ser hver av baneendene isolert. Ser man begge baneender i sammenheng, viser tabell 2.6b at denne frekvensen øker til nesten 97 % . Frekvenser av KAT IIIA på hhv. 2.0 og 1.8 % i sør og nord, isolert sett, blir redusert til 1.3 %, når begge baneender ses i sammenheng.

I perioden mai-august 1991 blir det en liten økning (0.1-0.3 prosentpoeng) i frekvensen av KAT I, når begge baneender ses i sammenheng. Økningen skyldes hovedsaklig en nedgang i frekvensen av KAT IIIA. Det er lite tåke i sommersesongen og man skal ikke legge for mye i statistikk på et så lite datamateriale.

Dersom en tilsvarende reduksjon i KAT II-/KAT IIIA-forhold gjelder for hele året, vil normalverdiene for året i tabell 2.5 bli endret slik at frekvensen av KAT I vil øke med omkring 0.5 prosentpoeng, på bekostning av KAT II og KAT IIIA. Foreløpig er datamaterialet for dårlig til å dele opp den resterende del i KAT II og IIIA.

Under forutsetning av at man kan velge mellom beste RVR-verdi av de som er observert samtidig i begge baneender, blir en foreløpig konklusjon 99 % KAT I-forhold, 1 % KAT II/ KAT IIIA-forhold på en fremtidig hovedflyplass på Gardermoen.

## 2.5. Sikt og vind i kombinasjon.

For alle kategorier siktforhold er det foretatt en fordeling av vindobservasjoner i en nordlig og sørlig sektor, hhv. 270-090° og 090-270°, samt vindstille, for månedene januar-april og mai-august (Appendiks I, tabellene I.1-2).

Tabell I.1 viser at det i perioden januar-april har vært oftere vind fra sør enn fra nord når RVR har vært under 550 m. Vindhastigheten har da ligget under 2.5 m/s opp mot 90 % av tiden. Bare helt unntaksvis (under 0.04 % av tiden) har det vært vindhastigheter fra sør (stor sektor) over 5 m/s ved RVR mellom 200 og 550 m, uten at sidevindskomponenten på langt nær har nådd opp til 5 m/s. Ved KAT II/IIIA-forhold har det praktisk talt ikke vært vind over 1.5 m/s fra nord.

Langtidsstatistikk for perioden januar-april viser at vind fra sør har en hyppighet på 0.8 %, mens vind fra nord har 0.4 % og vindstille forekommer i 0.9 % av tiden, ved visuell sikt under 300 m, som omtrent tilsvarer siktforhold dårligere enn KAT I. I januar-april 1991 er sønnavinden sterkt overrepresentert i forhold til dette, med en frekvens på 2.7 %. Vindstilleprosenten var 0.8 %, som er svært nær det normale for perioden.

I mai-august har det vært lite tåke sammenlignet med vinter-sesongen, men da med en liten overvekt av vind fra nord.

Et utdrag av tabellene I.1-2 er presentert nedenfor i tabellene 2.7a-b og 2.8a-b. Her ligger informasjon om hvor hyppig man kan lande fra en bestemt retning med inntil 1.5 m/s medvind, med værforhold som i 1991.

Tabell 2.7a.

Frekvens (%) av landing fra nord, evt. med inntil 1.5 m/s medvind, for alle kategorier siktforhold, januar-april 1991.

KATEGORI	VINDSTILLE + VIND FRA SØR	+ INNTIL 1.5 m/s FRA NORD
KAT I	47.1	60.7
KAT II	2.1	2.3
KAT IIIA	1.8	1.9
< KAT IIIA	0.1	0.1
SUM	51.1	65.0

Tabell 2.7b.

Frekvens (%) av landing fra sør, evt. med inntil 1.5 m/s medvind, for alle kategorier siktforhold, januar-april 1991.

KATEGORI	VINDSTILLE + VIND FRA NORD	+ INNTIL 1.5 m/s FRA SØR
KAT I	59.1	65.9
KAT II	0.7	1.3
KAT IIIA	0.6	1.2
< KAT IIIA	0.0	0.1
SUM	60.4	68.5

Tabellene 2.7-8,a-b viser at man kunne lande fra en fast bane-  
retning med inntil 1.5 m/s medvind i 65-70 % av tiden i månedene  
januar-april 1991 og i ca 60 % av tiden i månedene mai-august.  
Om man velger nord eller sør som innflyvningsretning ut fra  
bakkevinden, har liten betydning.

Tabell 2.8a.

Frekvens (%) av landing fra nord, evt. med inntil 1.5 m/s  
medvind, for alle kategorier siktforhold, mai-august 1991.

KATEGORI	VINDSTILLE + VIND FRA SØR	+ INNTIL 1.5 m/s FRA NORD
KAT I	47.4	57.5
KAT II	0.2	0.2
KAT IIIA	0.1	0.2
< KAT IIIA	0.0	0.0
SUM	47.7	57.9

Tabell 2.8b.

Frekvens (%) av landing fra sør, evt. med inntil 1.5 m/s medvind,  
for alle kategorier siktforhold, mai-august 1991.

KATEGORI	VINDSTILLE + VIND FRA NORD	+ INNTIL 1.5 m/s FRA SØR
KAT I	58.0	63.6
KAT II	0.4	0.4
KAT IIIA	0.3	0.3
< KAT IIIA	0.0	0.0
SUM	58.7	64.3

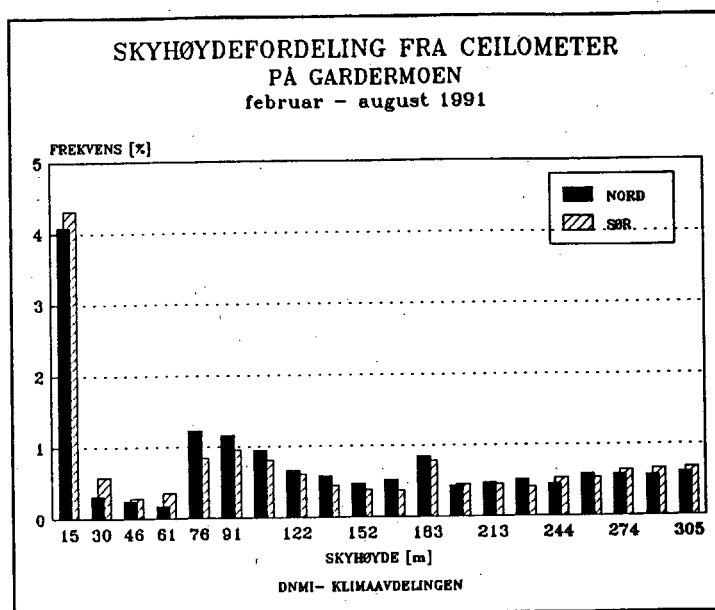
## 2.6. Instrumentell skyhøyde.

Skyhøydemålerne på Gardermoen (se beskrivelse i (2)) registrerer en skyhøyde for hver 25. fot (7.6 m) opp til 600 fot (183 m), deretter for hver 50. fot opp til 1500 fot (457 m), deretter for hver 100. og senere 200. fot opp til 12000 fot (3658 m).

Skyhøydemåleren i nord var først operativ fra 1. februar 1991. For å kunne sammenligne måleresultatene i nord og sør, er derfor valgt perioden februar-august. En frekvensfordeling av målt skyhøyde opp til 305 m er vist i figur 2.4a-b. I figur 2.4b er også vist beregnede normalverdier for perioden 1957-90 (se Appendiks G.3)

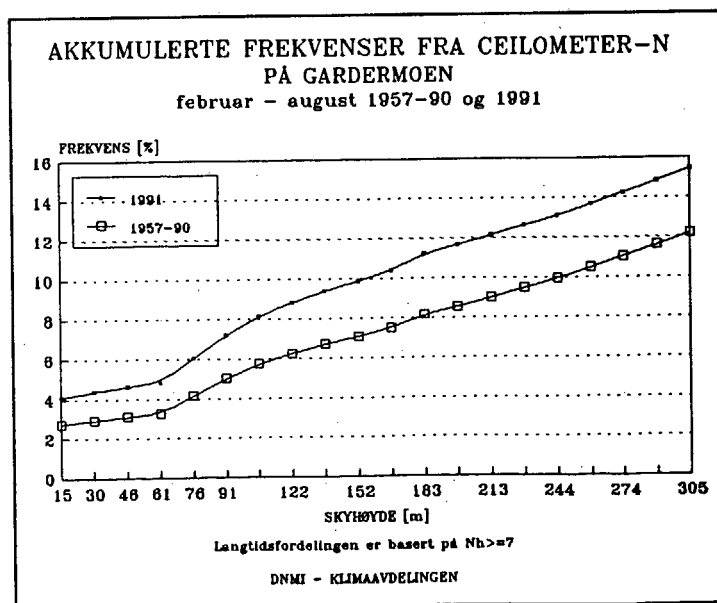
Figur 2.4a.

Frekvenser av skyhøyde i området 0-305 m over Gardermoen, stasjon-N og -S i perioden februar-august 1991.



Figur 2.4b.

Akkumulerte frekvenser av skyhøyde i området 0-305 m over Gardermoen stasjon-N, i perioden februar-august 1991 og for langtidsperioden 1957-90.



Det er godt samsvar mellom skyhøydemålerne i nord og sør. Frekvensene er beregnet ut fra det totale antallet registreringer (29992 observasjoner i nord, 30453 observasjoner i sør).

Figur 2.4a viser at det er en relativ stor andel skyhøydeverdier under 15 m. Dette skyldes tåke eller tett tåkedis. Under slike forhold har det ingen mening å snakke om skyhøyde, da skyluft egentlig ligger helt nede på bakken.

Ved adveksjonståke er det svært ofte en gradvis fortetning av skylufta gjennom et tykt skylag. Det er dråpetettheten i skyen som avgjør hvilken skyhøyde instrumentet registrerer. Den registrerte skyhøyde er ikke et uttrykk for vertikal sikt.

Ved strålingståke kan skylaget være 200-300 m tykt, men også bare noen titalls meter tykt, med relativt tørr luft over. Instrumentet kan registrere laveste skyhøydenivå, 0-8 m, selv om skylaget er så tynt at man kan se igjennom.

Skyhøydemålinger kan altså ikke gi helt sikker informasjon om hvor ofte skyene hindrer utsikten til bakken fra f.eks et fly i et gitt nivå eller fra et kontrolltårn. I sistnevnte eksempel er det imidlertid ikke først og fremst sikten rett ned som er av interesse, men en skråsikt til begge rullebaner. Da vil registrert skyhøyde antagelig være en god indikator på at utsynet hindres.

Figur 2.4b viser at i en øyehøyde i kontrolltårnet på f.eks. 85 m, ville man hatt redusert utsyn til rullebanene i nærmere 7 % av tiden i perioden februar-august 1991. Det har imidlertid vært oftere lave tåkeskyer enn normalt. For langtidsperioden 1957-1990 ligger frekvensen på nærmere 5 % .

### 3. REFERANSER

1. Lars Andresen og Per Ove Kjensli :  
Gardermoen og Fornebu - Værmessig tilgjengelighet.  
DNMI-rapport 18/90 KLIMA  
15.mai 1990
2. Knut Harstveit, Lars Andresen, Bjørn Aune, Margareth Hansen og Per Ove Kjensli :  
Hurum - Værmessig tilgjengelighet for en flyplass 290 m o.h.  
DNMI-rapport 11/90 KLIMA  
23.april 1990

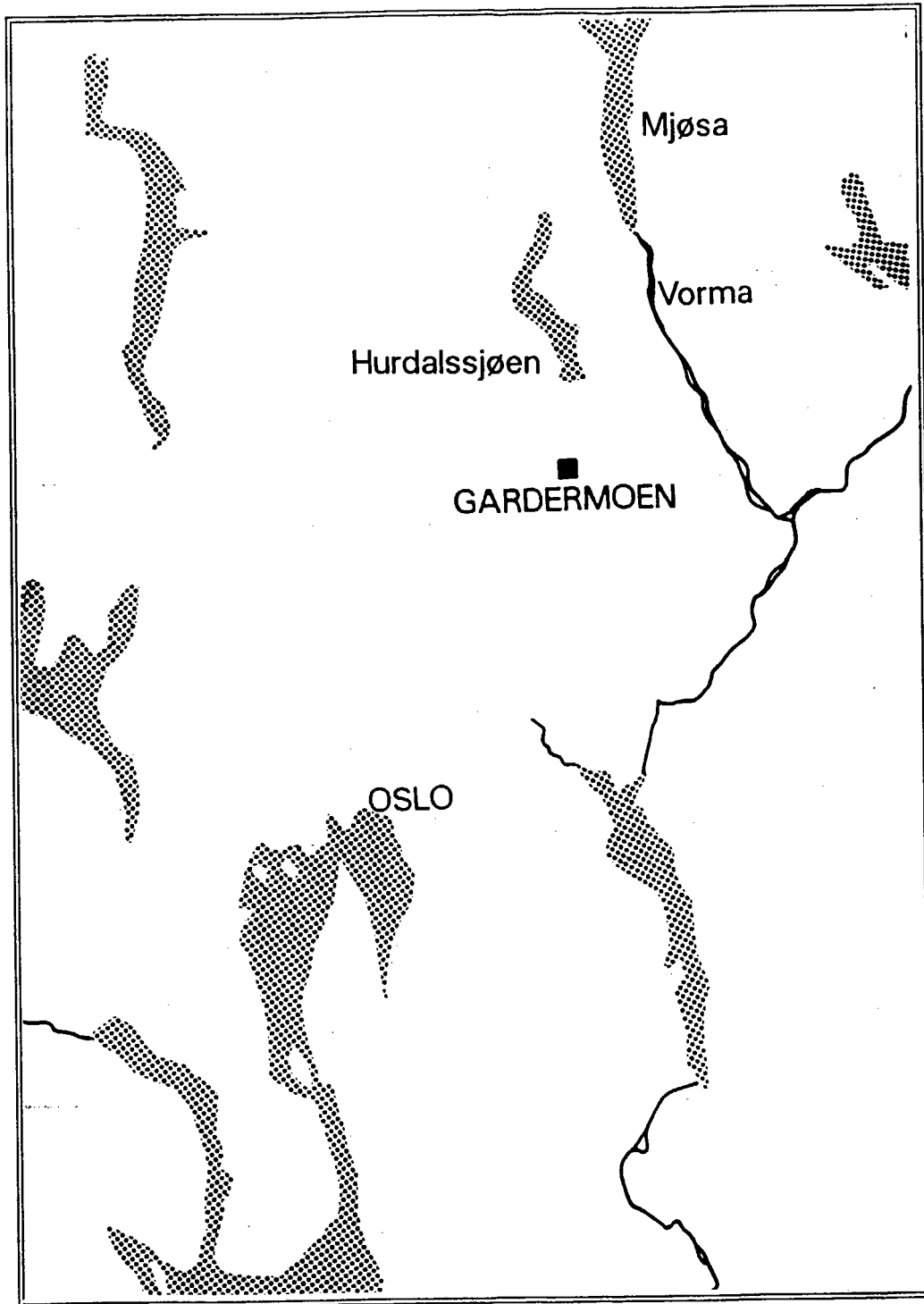
# APPENDIKS

**APPENDIKS A. OMRÅDEBESKRIVELSE.****A.1. Regional beskrivelse.**

Gardermoen ligger i lavlandet Østafjells, i luftlinje 36 km fra Oslo sentrum mot nordøst. Lavlandet ligger åpent til mot sørøst-sørvest, med Skagerak som fuktighetskilde i denne sektor. Mot vest er regionen skjermet av Langfjellene. Mot nord strekker et stort innlandsområde seg opp mot fjellene i Hedmark.

**A.2. Lokal beskrivelse.**

Gardermoen ligger i vestkanten av Romerikssletta, 200 m over havet. Dette slettelandet er skjermet av høydedrag og åser i vest og nord med høyder på 500-700 m o.h. I forhold til nåværende rullebane er avstanden til Romeriksåsene 5-7 km mot vest og til Hurdalsåsene 6-7 km mot nordvest. Mot øst og sør er det åpent. I retningen nord-sør skjærer flere dalsøkk gjennom Romerikssletta. Av størst betydning er dalføret fra Mjøsa. Mjøsa er den viktigste lokale fuktighetskilden i området og den fryser sent til. Men også Hurdalssjøen og Vorma kan ha betydning for tåkedannelse på Gardermoen. Avstanden fra Mjøsa, Hurdalssjøen og Vorma til Gardermoen er hhv. 25, 10 og 15 km. Se figur A.1.



Figur A.1.  
Gardermøens beliggenhet i Østlandsområdet.

## APPENDIKS B. OMFANGET AV TÅKETYPER PÅ GARDERMOEN.

Det er to hovedtyper av tåke på Gardermoen, adveksjonståke og strålingsbetinget tåke.

Betingelsen for å få dannet adveksjonståke er at temperaturen nær bakken har en lavere temperatur enn den fuktige lufta som tilføres området.

Betingelsen for å få dannet strålingståke er at det tilføres området et tilstrekkelig luftfuktighetsinnhold og at det er lite eller ingen skyer, slik at temperaturen avtar nær bakken på grunn av utstråling til verdensrommet.

I en del vær-situasjoner kan man snakke om tåkedannelse som en følge av en kombinert effekt av utstråling og adveksjon.

For å finne omfanget av de nevnte tåketyper kan man forsøksvis utnytte meteorologiske data fra værstasjonen Tryvasshøgda (528 m o.h.). Når det er tåke på Gardermoen og klarvær eller lett skydekke på Tryvasshøgda, er tåken strålingsbetinget.

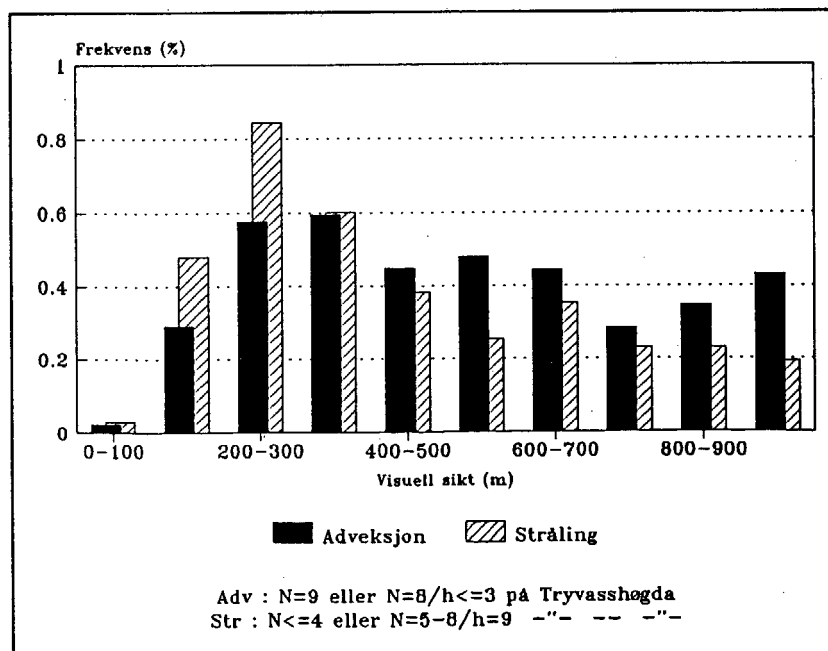
Det er svært sjelden at strålingståke i Oslo-gryta når opp til Tryvasshøgdas nivå. Når det er tåke på Gardermoen, og Tryvasshøgda har overskyet vær med lav skybasis eller er innhyllet i skyer (sikt under 1000 m), vil vi klassifisere tåken på Gardermoen som adveksjonståke.

For månedene november-april, i tidsrommet 1957-90, har Gardermoen etter dette 52 % adveksjonståke, 48 % strålingsbetinget tåke. 90 % av tåkeobservasjonene på Gardermoen dekkes av de valgte kriterier.

Figur B.1.

Siktfordeling i strålingståke og adveksjonståke på Gardermoen for tidsrommet november-april 1957-91, med 3 observasjoner pr. døgn.

Figuren viser at strålingståke har litt høyere frekvenser av sikt under 500 m enn adveksjonståke. Spesielt gjelder dette siktintervallet 100-300 m.



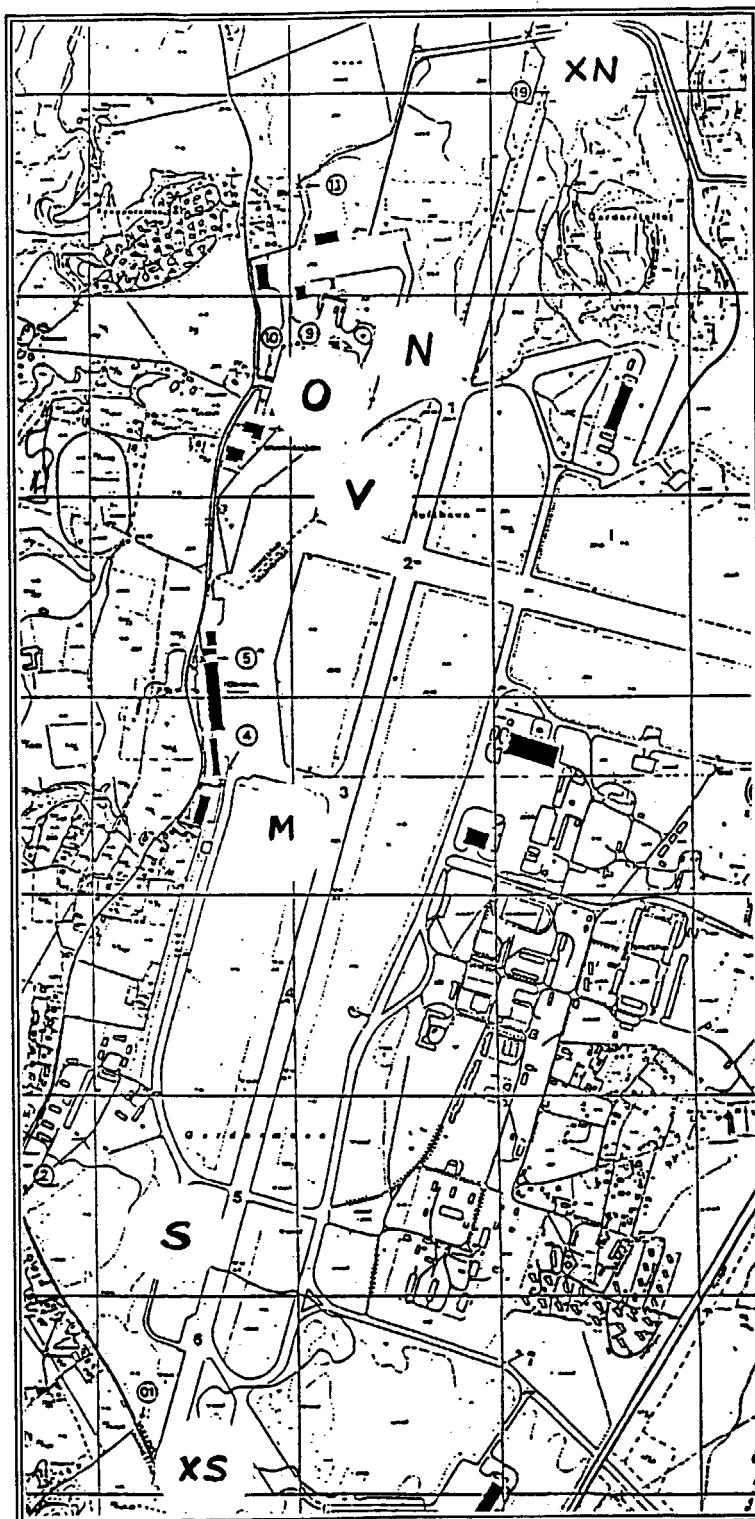
## APPENDIKS C. VÆRSTASJONER OG MÅLESTEDER.

Værstasjonene på Gardermoen er bygget opp etter samme mønster som på Hurum (2).

Værstasjon-S (sør) omfatter målinger av sikt i posisjon S og M, skyhøyde i XS og vind i S. Værstasjon-N (nord) omfatter målinger av sikt og vind i posisjon N, skyhøyde i XN, temperatur i 2 og 9 m over bakken og relativ fuktighet i 2 m's nivå i posisjon N, lufttrykk og nedbør ja/ nei i posisjon M. Vind måles i 10 m's høyde over bakken.

Måleinstrumentene som er brukt på Gardermoen er de samme som er beskrevet i (2). Målestedene er vist i figur 3.1. DNMI's værtjeneste observerer blant annet sikt og skyhøyde i posisjon O. Værtjenesten benytter en vindmåler i posisjon V.

Rullebanens orientering er  $017-197^\circ$  (forkortet 01-19 for å unngå evt. misforståelser med 02-20). Transmissometrene i S og M har samme orientering, i N er orienteringen  $036-216^\circ$ .



Figur B.1.  
Kart over Gardermoen flyplass, med målepunktene inntegnet.

**APPENDIKS D. DATAINNSAMLING.**

De fleste måleinstrumentene kom i drift i tidsrommet november-desember 1990. Vindretningsmåler-S viste feil frem til midten av januar. Riktig elektronisk databrikke i transmissometrene for beregning av bakgrunnsbelysning kom først på plass i slutten av januar. Det var likevel mulig å beregne riktige lysverdier før dette tidspunkt. Skyhøydemåler-N kom i drift fra 1.februar 1991.

Felles måleperiode for sikt- og vindmålinger fra sør og nord begynte altså 14.januar. Felles måleperiode for skyhøydemålinger begynte 1.februar.

De målte parametre representerer kontinuerlige 10-minutters verdier.

## APPENDIKS E. BAKGRUNNSLYS, RULLEBANELYS OG RULLEBANESIKT.

For at et lys skal kunne ses, må belysningen overstige øyets belysningssterskel,  $E_t$ .  $E_t$  er avhengig av bakgrunnslyset,  $B_L$ . Om natten er det lite sjenerende lys,  $E_t$  er da mindre enn  $10^{-6}$  lux. Om dagen er det vanskeligere å skjelve et lys på avstand.  $E_t$  er da gjerne større enn  $10^{-4}$  lux.

Rullebanelysenes lysstyrke,  $I$ , er sterkt retningsavhengig. Når RVR skal beregnes, er det det lyset som treffer pilotens øye,  $I_{RVR}$ , når flyet står på senterlinjen, som skal brukes i beregningene. Det er anbefalt å bruke følgende verdi for pilotens øyehøyde over bakken :  $PH=5$  m.

Rullebanesikten kan beregnes av følgende formel :

$$RVR^2 = T^{RVR/B} \cdot I_{RVR} / E_t$$

der  $T$  er transmittans og  $B$  er basislengden mellom sender og mottager i transmissometeret. RVR øker med stigende verdier av  $T$  og  $I_{RVR}$ , og med avtagende verdier av  $E_t$ .

### E.1. Bakgrunnslys og øyets belysningsterskel.

Når bakgrunnslyset,  $B_L$ , er kjent, kan  $E_t$  beregnes etter følgende formel (IPH) :

$$E_t = 10^{\log STX + A1(\log B_L - \log A2)}$$

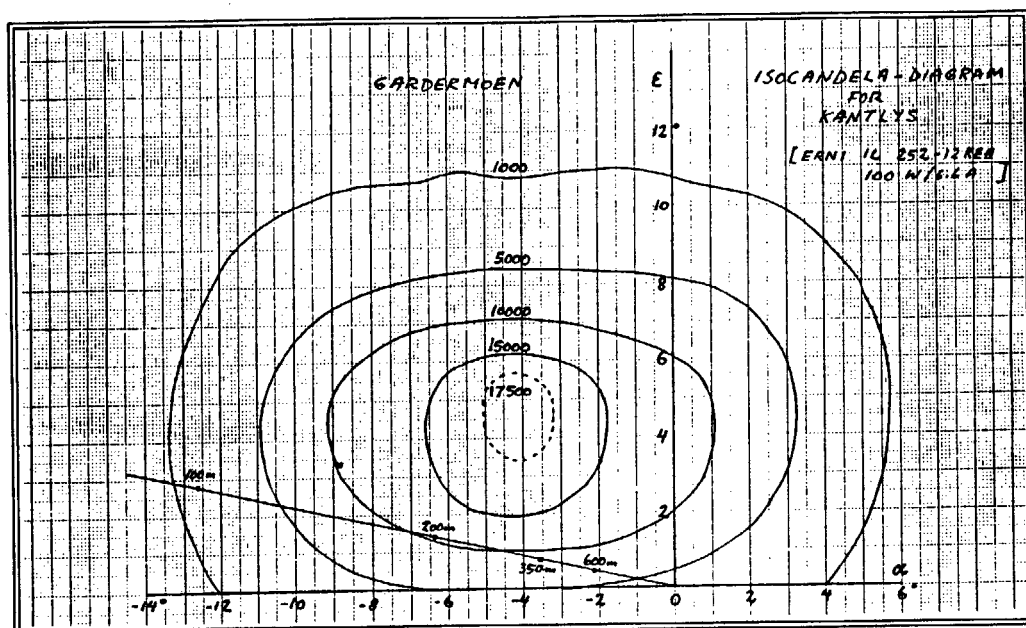
Følgende verdier blir brukt i beregningene :

BL (cd/m <sup>2</sup> )	log BL	log STX	A1	log A2
0 - 100	0 - 2	-6.70	0.675	0
100 - 10000	2 - 4	-5.35	0.9	2
10000 - 100000	4 - 5	-3.55	1.2	4

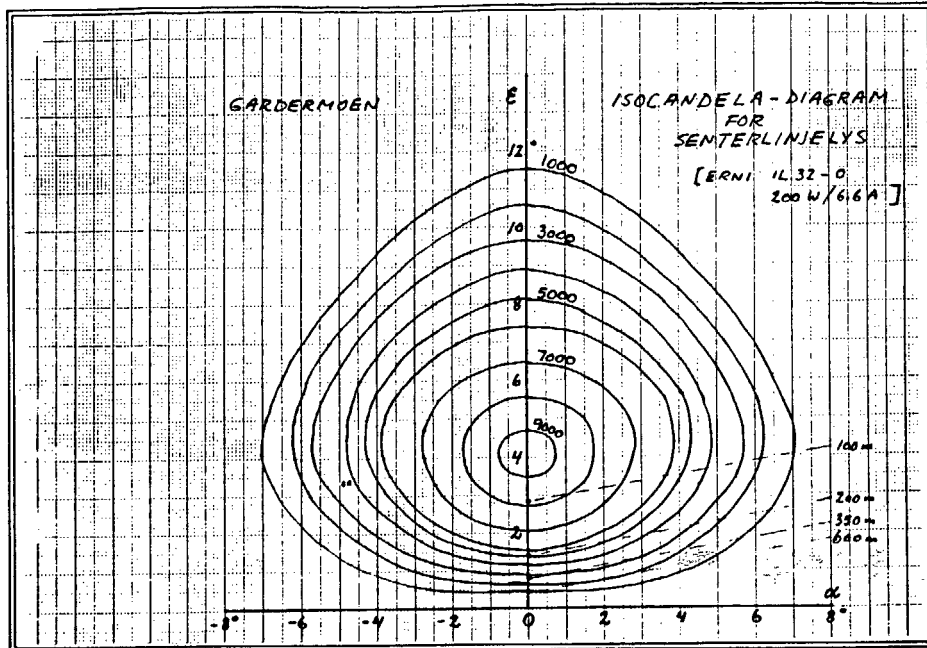
På Gardermoen er det målt bakgrunnslys både i sør og nord, men bare  $B_L$ -S er brukt ved beregningene av RVR. Bakgrunnslysmåleren som er i bruk på Gardermoen måler ned til  $1 \text{ cd/m}^2$ . Når verdien blir lavere, settes  $B_L$  lik 1. Dette tilsvarer  $E_t = 10^{-6.7}$  lux, som er den verdi IPH bruker i beregningen av RVR. ICAO anbefaler imidlertid verdien  $10^{-6.1}$  om natten, en verdi som er tilpasset mer urbane forhold.

## E.2. Rullebanelys.

Det er verdt å merke seg at det ikke er nominell lysstyrke på senterlys og kantlys som inngår i RVR-beregningene, men den lysstyrke som treffer et punkt 5 m over rullebanens senterlinje. Aktuell lysstyrke er således en funksjon av RVR. Det blir derfor avgjørende for beregning av rullebanelysstyrken, hvilken lyskarakteristikk lysene har og lysenes orientering i forhold til horisontalplanet og rullebaneretningen. I figurene 6.1 og 6.2 er vist isocandela-diagram for hhv. fremtidige kantlys og senterlys på Gardermoen. Lysvinklene som inngår i beregningen av lysstyrken gjelder en rullebanebredde på 45 m.



Figur E.1.  
Isocandela-diagram for fremtidige kantlys på Gardermoen.

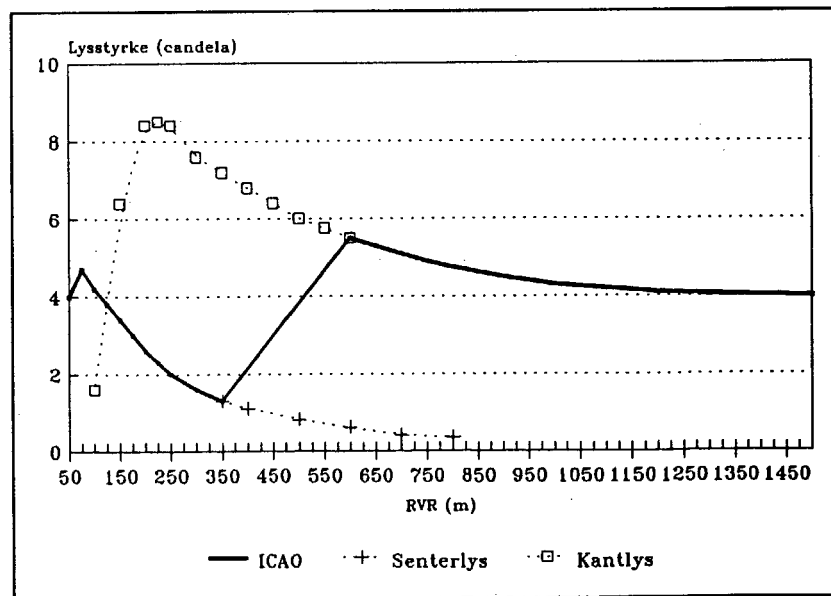


Figur E.2.  
Isocandela-diagram for fremtidige senterlys på Gardermoen.

I beregning av rullebanesikt er det anbefalt av ICAO å bruke senterlys ved RVR opp til 350 m og kantlys fra 600 m og oppover. I mellom 350 og 600 m brukes en lineær overgang mellom senterlys og kantlys. Lysstyrkens variasjon med rullebanesikten er vist på figur 6.3.

Figur E.3.

Lysstyrkens variasjon med rullebanesikten, sett fra et punkt 5 m over banens senterlinje når banebredden er 45 m. Sammensetningen av senterlys og kantlys er ifølge ICAO's retningslinjer.



### E.3. Fremgangsmåte ved beregning av rullebanesikt.

Et transmissometer måler transmittansen,  $T$ . Av Koschmieders lov (6.1) kan meteorologisk instrumentsikt, MOR, beregnes, hvis ønskelig.

$$(6.1) \quad MOR = B \cdot \ln \epsilon / \ln T$$

Her er  $B$  basislengden mellom sender og mottager for transmissometeret,  $\epsilon$  er øyets kontrastterskel. Det er anbefalt å bruke  $\epsilon = 0.05$ .

En lysmåler måler bakgrunnslyset,  $B_L$ . Ved hjelp av en matematisk approksimasjon beregnes øyets belysningsterskel,  $E_t$ . Ved bruk av rullebanelysens isocandela-diagram og data for lampenes geometri (spissingsvinkel og elevasjonsvinkel) finnes en sammenheng mellom lampenes lysstyrke,  $I_0$ , i den retningen piloten ser og rullebanesikten, RVR.

Lysstyrkeverdiene reduseres så med 20 % for kantlys og 50 % for senterlys pga. smuss, kondens, matting av lampeglass etc. Det vil si at

$$(6.2) \quad I_{RVR} = 0.8 \cdot I_0 \text{ (kantlys)}$$

$$(6.3) \quad I_{RVR} = 0.5 \cdot I_0 \text{ (senterlys)}$$

De målte og beregnede verdier for transmittans, øyets belysningsterskel og lampenes aktuelle lysstyrke settes inn i Allards lov, som kan skrives slik :

$$(6.4) \quad MOR = RVR \cdot \ln \epsilon / (\ln RVR^2 - \ln I_{RVR} + \ln E_t)$$

Likningen løses i datamaskinen ved skrittvis tilnærming (iterasjon) inntil man får den ønskede nøyaktighet av RVR. En matematisk approksimasjon vil også gi tilfredsstillende resultat.

ICAO anbefaler at RVR rapporteres i følgende steg :

RVR (m)	Steg (m)
0 - 150	25
150 - 800	50
800 - 1200	100
1200 ----->	200

Når beregnet RVR-verdi ligger mellom to rapporteringssteg, skal laveste verdi brukes. IPH har i sine beregninger 25 m steg opp til 400 m RVR, 50 m steg opp til 800 m og 100 m steg videre.

## APPENDIKS F. VARIASJON I SIKTFORHOLDENE FRA ÅR TIL ÅR.

Tabell F1.

Frekvens og akkumulert frekvens av visuell sikt under 100, 200, 300, 400 og 500 m på Gardermoen i perioden november-april 1957-1991, basert på 4 observasjoner pr. døgn.

Frekvens						Akkumulert frekvens					
ÅR VV	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500 m	ÅR VV	<100	<200	<300	<400	<500 m
57/58	0,0	2,1	1,7	0,6	0,7	57/58	0,0	2,1	3,7	4,3	5,0
58	0,1	3,6	3,5	2,5	1,5	58	0,1	3,7	7,2	9,7	11,2
59	0,1	0,7	1,2	0,7	1,2	59	0,1	0,8	2,1	2,8	4,0
60	0,0	0,4	2,1	1,2	0,7	60	0,0	0,4	2,5	3,7	4,4
61	0,0	0,8	1,2	1,0	0,7	61	0,0	0,8	2,1	3,0	3,7
62	0,3	1,7	2,1	1,0	0,1	62	0,3	1,9	4,0	5,0	5,1
63	0,0	0,7	2,8	1,5	1,2	63	0,0	0,7	3,5	5,0	6,2
64	0,0	1,1	1,9	2,1	0,5	64	0,0	1,1	3,0	5,1	5,6
65	0,4	1,5	1,8	0,7	0,7	65	0,4	1,9	3,7	4,4	5,1
66	0,0	0,8	2,3	1,2	0,7	66	0,0	0,8	3,2	4,4	5,1
67	0,0	1,1	1,2	1,7	0,7	67	0,0	1,1	2,3	4,0	4,7
68	0,0	0,7	2,7	1,8	0,8	68	0,0	0,7	3,4	5,2	6,0
69	0,1	0,6	1,7	0,7	0,7	69	0,1	0,7	2,3	3,0	3,7
70	0,3	1,1	1,8	0,8	1,2	70	0,3	1,4	3,2	4,0	5,2
71	0,0	1,2	1,2	0,6	1,1	71	0,0	1,2	2,5	3,0	4,1
72	0,0	0,4	2,2	1,2	0,7	72	0,0	0,4	2,6	3,8	4,5
73	0,0	0,7	0,6	0,7	0,7	73	0,0	0,7	1,2	1,9	2,6
74	0,4	1,4	1,2	1,7	0,7	74	0,4	1,8	3,0	4,7	5,4
75	0,0	0,7	1,7	0,6	0,8	75	0,0	0,7	2,3	2,9	3,7
76	0,3	1,2	2,1	0,5	0,7	76	0,3	1,5	3,6	4,1	4,8
77	0,0	0,7	1,8	0,8	0,7	77	0,0	0,7	2,5	3,3	4,0
78	0,0	0,1	0,8	0,4	0,4	78	0,0	0,1	1,0	1,4	1,8
79	0,0	0,6	1,4	1,5	0,4	79	0,0	0,6	1,9	3,5	3,9
80	0,0	1,5	1,5	0,7	0,8	80	0,0	1,5	3,0	3,7	4,5
81	0,0	1,1	1,0	1,7	1,2	81	0,0	1,1	2,1	3,7	5,0
82	0,0	0,6	1,0	1,7	0,8	82	0,0	0,6	1,5	3,2	4,0
83	0,0	0,3	0,6	0,6	0,3	83	0,0	0,3	0,8	1,4	1,7
84	0,0	0,1	0,3	1,2	0,0	84	0,0	0,1	0,4	1,6	1,6
85	0,1	1,1	1,2	0,4	1,0	85	0,1	1,2	2,5	2,9	3,9
86	0,0	0,3	0,1	1,1	1,2	86	0,0	0,3	0,4	1,5	2,8
87	0,0	0,0	0,7	2,8	0,7	87	0,0	0,0	0,7	3,5	4,1
88	0,0	0,5	1,0	1,4	0,8	88	0,0	0,5	1,5	2,9	3,7
89	0,0	0,0	1,2	1,1	0,7	89	0,0	0,0	1,2	2,3	3,0
90/91	0,0	1,7	1,7	1,7	0,7	90/91	0,0	1,7	3,3	5,0	5,7

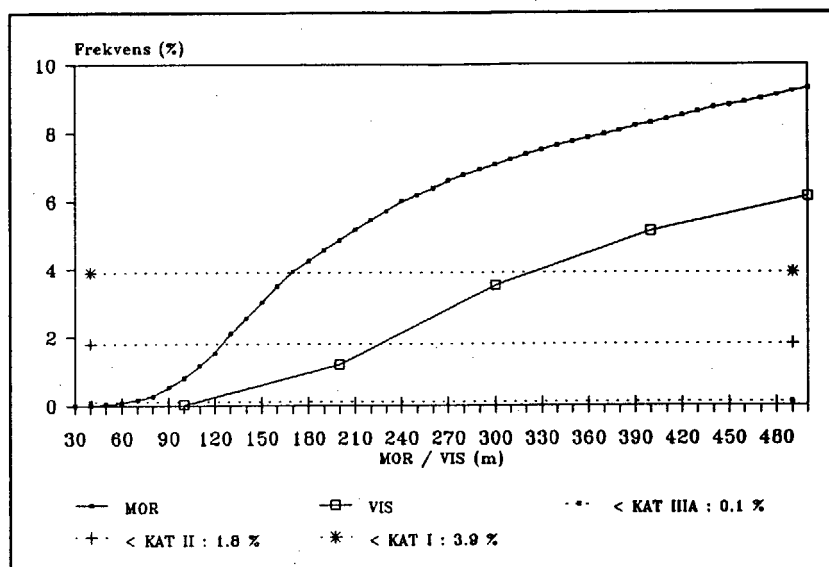
## APPENDIKS G. NORMALISERING OG USIKKERHET.

## G.1. Normalisering av sikt til langtidsperioden 1957-1990.

For å kunne foreta en normalisering av frekvenser av rullebanesikt må vi kjenne sammenhengen mellom synsvidde og rullebanesikt. For perioden november 1990 - april 1991 får vi at synsviddegrensene 100, 225 og 325 m tilnærmet svarer til nedre grense for kategoriene IIIA, II og I, se figur G.1 i skjæringspunktet mellom horisontalt stiplede linjer og kurve for visuell sikt. Når det er tåke observeres synsvidden i intervaller på 100 m.

Figur G.1.

Akkumulerte frekvenser av visuell og instrumentell sikt på Gardermoen i tidsrommet november 1990 - april 1991. De horisontale linjene viser frekvenser for RVR under hhv. 550, 350 og 200 m (se tabell 2.4a).



Den lange dataserien fra Gardermoen, L-4, består av 4 observasjoner pr. døgn (kl. 01, 07, 13, 19) i tidsrommet november - april 1957/58-1990/91. En tilsvarende kort dataserie for november 1990 - april 1991, K-4, er for kort til å gi en tilstrekkelig nøyaktig analyse for normalisering. Vi kan imidlertid koble en kort rekke bestående av 24 observasjoner pr. døgn, K-24, sammen med den nevnte lange dataserien<sup>1</sup>. Da får vi at det har vært 40 % større hyppighet av sikt under 300 m enn gjennomsnittet for langtidsperioden. Forholdet mellom kort og lang rekke er vist i tabell G.1.

<sup>1</sup> Det eksisterer ingen bearbejdet lang tidsserie med 24 observasjoner pr døgn fra Gardermoen.

Tabell G.1.

Forholdet mellom frekvenser (gitt som antall observasjoner dividert med totalantallet) av kort og lang tidsserie for månedene november - april.

VISUELL SIKT	V ≤ 100	V ≤ 200	V ≤ 300	V ≤ 400	V ≤ 500	TOT.ANT.OBS
KORT REKKE - 24 OBS. PR. DØGN	1	52	153	222	266	4344
LANG REKKE - 4 OBS. PR. DØGN	16	241	612	899	1088	24648
FREKV.(K-24) / FREKV.(L-4)	0.35	1.22	1.42	1.40	1.39	

Når vi forutsetter at nedre grenseverdier for KAT IIIA, II og I ligger på hhv. 100, 225 og 325 m visuell sikt, kan vi interpolere i tabellen ovenfor og får da følgende forholdstall for de respektive kategorier : 0.35, 1.27 og 1.41. Disse benyttes på tallverdiene fra tabell 2.4b, november - april.

Resultatet blir 97.2 % KAT I, 2.8 % KAT II eller dårligere, 1.4 % KAT IIIA eller dårligere og 0.2 % dårligere enn KAT IIIA. Se tabell G.2.

## G.2. Usikkerhet ved normalisering av sikt.

Vi må utnytte de visuelle siktobservasjonene ved normalisering av frekvensene av rullebanesikt. Det er imidlertid usikkerheter ved en slik normalisering :

- a) Tilfeldige klimafluktuasjoner. Usikkerheten kan bli opptil 0.2 % (se G.2.1).
- b) Bruk av datarekker med 4 observasjoner pr. døgn, i forhold til kontinuerlig registrering. Usikkerheten estimeres til 0.3 % for sikt under 200 m (se G.2.2).

Skyobservasjoner fra Tryvasshøgda indikerer hvorvidt det har vært strålingsbetinget tåke eller adveksjonståke. For langtidsperioden gir en slik analyse av tåkeforhold (sikt under 1000 m) hhv. 48 og 52 % . For siste sesong var forholdet 51/49, dvs. svært nær gjennomsnittet.

- c) Adveksjonståke og strålingståke har statistisk sett litt forskjellig siktfordeling. Det vil være en usikkerhet i bestemmelsen av tåketype. Ved å ta i bruk data fra Tryvasshøgda, f.eks., introduseres en usikkerhet pga. manglende 01-observasjon. En slik usikkerhet er vanskelig å kvantifisere, men vurderes til å være mindre enn de ovenfor nevnte, av størrelsesorden 0.1-0.2 % .

Ved synsvidde under 300 m har det i langtidsperioden (november - april 1957-88) vært frekvenser av vindstille, vind fra sør og nord på hhv. 46, 35 og 19 %, mens det i siste sesong var hhv. 33, 58 og 8 %. Her er det igjen en usikkerhet i analysen av siste sesong (6-timers observasjoner) pluss en usikkerhet i vindstilleprosenten. Som kjent er det en feil i vinddatamaterialet fra hovedvindmåleren på Gardermoen i november og desember (vindhastighetene er for lave).

- d) Vindforholdene påvirker siktfordelingen. Denne usikkerheten ligger delvis inkludert i punkt c.

En vurdering av usikkerhetene i punktene a) til c) gir ca  $\pm 0.4$  %, som betraktes som usikkerhetens størrelsesorden for sikt under 200-300 m. Usikkerheten i frekvens under 300, 200 og 100 m settes til hhv.  $\pm 0.5$ ,  $0.3$  og  $0.1$  % .

Det er en trend i datamaterialet. Det var en større hyppighet av lave siktverdier på 60-tallet enn på 80-tallet. Dette kan skyldes observatørene, seeding (tåkeoppløsning) eller andre forhold. Det er ikke foretatt noen korreksjon av slik trend.

Resultatet av normaliseringen, med usikkerhetsestimater, er gitt i tabell G.2.

Tabell G.2.

Normalisering av frekvenser (%) i perioden november 1990 - april 1991 til langtidsperioden 1957-90, med en estimert usikkerhet basert på punktene a-c ovenfor.

PERIODE	KAT I	< KAT I	< KAT II	< KAT IIIA
NOV-APR	97.2 $\pm$ 0.5	2.8 $\pm$ 0.5	1.4 $\pm$ 0.3	0.2 $\pm$ 0.1

Vi har foretatt en forenklet normalisering til årsverdier under visse forutsetninger :

- 1) Siktfrekvensene er de samme i langtidsperiodene 1957-90 og 1957-88.
- 2) Forholdet visuell sikt og instrumentell RVR for hele 1991 er lik forholdet i perioden november 1990 - april 1991.

Vi finner forholdstallet mellom frekvenser for året og perioden november-april fra tabell 2.1. Resultatet er gitt i tabell G.3.

Tabell G.3.

Forholdet mellom frekvenser (%) av visuell sikt på årsbasis og for perioden november-april for langtidsperioden 1957-88.

VISUELL SIKT	V ≤ 100	V ≤ 200	V ≤ 225	V ≤ 300	V ≤ 325	V ≤ 400
1957-88 / ÅR	0.05	0.65	0.8938	1.625	1.8104	2.3667
1957-88 / NOVEMBER-APRIL	0.0833	1.00	1.3792	2.5167	2.8042	3.6667
1957-88 / ÅR/NOV-APR	0.6002		0.6481		0.6456	

Vi bruker så forholdstallene på resultatet fra tabell G.2 og får da tabell G.4. Det introduseres en ekstra usikkerhet som stipuleres til 0.1 % . Vi vil senere komme tilbake til en normalisering på årsbasis ut fra et større datamateriale.

Tabell G.4.

Normalisering til årsverdier for langtidsperioden 1957-1990, med en estimert usikkerhet.

PERIODE	KAT I	< KAT I	< KAT II	< KAT IIIA
JAN-DES	98.3 ± 0.6	1.7 ± 0.6	0.9 ± 0.4	0.1 ± 0.1

### G.2.1. Usikkerhet i sesongmiddelet.

Antall sesonger er N=34 (november-april 1957/58-1990/91). Sesongmiddelet er M. Standardavviket for N sesonger er s. Dette finnes av tabellen i Appendiks A. Standardavviket for sesongmiddelet er  $s_M$ . Da kan vi skrive :

$$(B1) \quad s_M = \frac{s}{\sqrt{N}}$$

For sikt under hhv. 100, 200 og 300 m får vi :

M = 0.47	7.09	18.00 observasjoner, som i tid tilsvare
0.07%	0.98%	2.49%
s = 0.90	5.45	9.42 observasjoner, som i tid tilsvare
0.12%	0.76%	1.30%
$s_M = 0.15$	0.93	1.61 observasjoner, som i tid tilsvare
0.02%	0.13%	0.22%

Vi regner usikkerheten i sesongmiddelet til ± 1 standardavvik. Den blir da hhv. 0.0, 0.1 og 0.2 for frekvenser av sikt under 100, 200 og 300 m, som er tilnærmet lik usikkerheten for frekvensene av sikt under KAT IIIA-, II- og I-forhold.

### G.2.2. Usikkerhet på grunn av 4 observasjoner pr. døgn i lang tidsrekke, i forhold til 24 observasjoner pr. døgn.

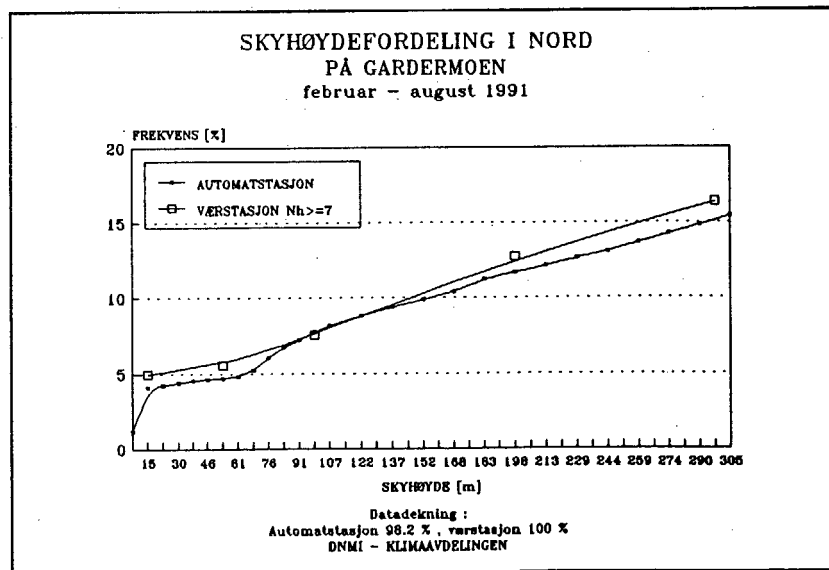
I (1) er listet opp forskjeller i frekvens av sikt under 200 m ved hhv. 4 og 24 observasjoner pr. døgn. Vi antar at halve differansen er et uttrykk for usikkerhet. For de 6 månedene november - april er differansen hhv. 0.4, 0.0, -0.1, -0.3, 0.0 og -0.1. Usikkerheten,  $u$ , kan da skrives :

$$(B2) \quad u = \sqrt{u(J)^2 + u(F)^2 + \dots + u(D)^2} = 0.26$$

### G.3. Normalisering av skyhøyde til langtidsperioden 1957-1990.

En forutsetning for normalisering er at det er rimelig godt samsvar mellom målingene fra automatstasjonen og observasjonene fra værstasjonen. Også observatørene har tilgang på data fra en skyhøydemåler, og de kan benytte skylyskaster, om nødvendig. Totalt skydekke og mengden av lavere skyer bedømmes visuelt. Skyhøyden angis i intervallene 0-50, 50-100, 100-200 og 200-300 m, osv.. Det blir registrert når skyhøyden ikke kan observeres på grunn av tåke. Forholdet mellom akkumulert skyhøydefordeling fra automatstasjonen og værstasjonen er vist på figur G.2.

Figur G.2.  
Akkumulerte skyhøydefrekvenser fra Gardermoen/nord, fra hhv. automatstasjon og tradisjonell værstasjon, i perioden februar-august 1991.



Skyhøydestatistikk fra værstasjonen Gardermoen, under forutsetning av at mengden av lave skyer er lik eller større enn 7/8, er gitt i tabell G.5. "/" betyr at skyhøyde ikke kan observeres på grunn av tåke.

Tabell G.5.

Forholdet mellom frekvenser (%) i lang tidsserie (februar-august 1957-90, 28741 observasjoner) og kort tidsserie (februar-august 1991, 848 observasjoner), med 4 observasjoner pr. døgn.

FEB - AUG	$h = /$	$h \leq$ 50 m	$h \leq$ 100 m	$h \leq$ 200 m	$h \leq$ 300 m
57-90	3.30	3.77	5.46	9.95	14.50
91	4.95	5.66	8.02	14.27	19.81
57-90/91	0.666	0.669	0.702	0.733	0.789

Forholdstallet mellom frekvenser i langtidsperioden og i korttidsperioden brukes deretter på ceilometerfrekvensene fra skyhøydemåleren i nord, etter at det er foretatt lineær interpolasjon mellom høydeintervallene i tabell G.5.

## APPENDIKS H. SAMTIDIGE OBSERVASJONER I SØR OG NORD

Tabell H.1.

Samtidige observasjoner av sikt fra sør og nord i tidsrommet januar-april 1990.

NORD SØR	< KAT IIIA	KAT IIIA	KAT II	KAT I	SUM	FREKVENS
< KAT IIIA	4	4	1	2	11	0.06
KAT IIIA	7	208	84	48	347	2.01
KAT II	1	52	209	110	372	2.15
KAT I	5	48	80	16417	16550	95.78
SUM	17	312	374	16577	17280	100.00
FREKVENS	0.10	1.81	2.16	95.93	100.00	

Med samtidighet menes her at 10-minutters medianverdi fra sør og nord er nær sammenfallende i tid. I de fleste tilfelle er tidsdifferansen mindre enn 1 minutt.

Man kan hente forskjellige opplysninger om siktforholdene i sør og nord fra tabell H.1. Her skal nevnes noen :

1. Det har vært flere tilfelle av rullebanesikt under KAT IIIA i nord enn i sør (17 mot 11), færre tilfelle av KAT IIIA (312 mot 347), men omtrent like mange tilfelle av KAT II (374 mot 372).
2. I 208 tilfelle har det vært KAT IIIA-forhold i sør og nord samtidig. Det har vært 7 tilfelle av KAT IIIA i sør samtidig med under KAT IIIA i nord. I 48 tilfelle har det vært KAT I-forhold i nord og KAT IIIA-forhold i sør.
3. Det har vært 4 tilfelle, dvs. 0.02 % av tiden, der RVR har vært under 200 m i sør og nord samtidig.
4. Er det først KAT II- eller IIIA-forhold i den ene baneenden, så er det omtrent 60 % sannsynlighet for å ha samme kategori i den andre enden.
5. Er det KAT II i sør, så er det 70 % sannsynlighet for at det er KAT II eller dårligere forhold i nord. Eller omvendt : Er det KAT II i nord, så er det nærmere 80 % sannsynlighet for at det er KAT II eller dårligere forhold i sør. For KAT IIIA blir de tilsvarende prosent-verdier hhv. 60 og 70.

Tabell H.2.  
Samtidige observasjoner av sikt fra sør og nord i tidsrommet mai-  
august 1990.

SØR	NORD	< KAT IIIA	KAT IIIA	KAT II	KAT I	SUM	FREKVENS
< KAT IIIA		0	0	0	7	7	0.04
KAT IIIA		3	26	7	18	54	0.30
KAT II		3	11	3	27	44	0.25
KAT I		0	7	8	17592	17607	99.41
SUM		6	44	18	17644	17712	100.00
FREKVENS		0.03	0.25	0.11	99.61	100.00	

## APPENDIKS I. RULLEBANESIKT VED VIND FRA NORD OG SØR

Tabell I.1. Vind fra nord og sør i perioden januar-april 1991. Frekvenser (%) av KAT I, II- og IIIA-forhold ved fremtidig rullebanebelysning på Gardermoen ved vind fra hhv. nord (270-090°) og sør (090-270°). Vindhastighet under 0.5 m/s er definert som vindstille. Rullebaneretning på Gardermoen er 017/197°.

RULLEBANESIKT - M / VIND - N						
JAN - APR 1991		VINDHASTIGHET m/s				
Kategori	Sektor	0- 0.5	0.5- 1.5	1.5- 2.5	> 2.5	ALLE
KAT I	NORD		13.6	12.7	22.3	95.7
	SØR		6.8	7.3	22.5	
	ALLE	10.5	20.4	20.0	44.8	
KAT II	NORD		0.2	0.0	0.0	2.3
	SØR		0.6	0.7	0.3	
	ALLE	0.5	0.8	0.7	0.3	
KAT IIIA	NORD		0.1	0.0	0.0	1.9
	SØR		0.6	0.5	0.2	
	ALLE	0.5	0.7	0.5	0.2	
< KAT IIIA	NORD		0.0	-	-	0.1
	SØR		0.1	-	-	
	ALLE	0.0	0.1	-	-	

Tabell I.2. Vind fra nord og sør i perioden mai-august 1991.

RULLEBANESIKT - M / VIND - N						
MAI - AUG 1991		VINDHASTIGHET m/s				
Kategori	Sektor	0- 0.5	0.5- 1.5	1.5- 2.5	> 2.5	ALLE
KAT I	NORD		10.1	13.4	28.6	99.5
	SØR		5.6	9.0	26.9	
	ALLE	5.9	15.7	22.4	55.5	
KAT II	NORD		0.0	0.1	-	0.2
	SØR		0.0	0.0	-	
	ALLE	0.1	0.0	0.1	-	
KAT IIIA	NORD		0.1	0.1	-	0.3
	SØR		0.0	0.0	-	
	ALLE	0.1	0.1	0.1	-	
< KAT IIIA	NORD		0.0	-	-	0.0
	SØR		0.0	-	-	
	ALLE	0.0	0.0	-	-	

## APPENDIKS J. DEFINISJONER

I rapporten benyttes følgende forkortelser :

- DNMI - Det norske meteorologiske institutt
- ICAO - International Civil Aviation Organisation  
(Den internasjonale sivile luftfartsorganisasjon under FN)
- LV - Luftfartsverket

I rapporten benyttes følgende begreper :

Beslutningshøyde :

En fastsatt høyde ved en presisjonsinnflyging hvorfra en innflyging må avbrytes dersom nødvendige visuelle referanser for fortsatt flyging ikke er oppnådd.

Frekvens :

Antall observasjoner av en spesifisert begivenhet i forhold til et maksimalt mulig antall. Frekvenser angis i prosent.

Kategori I operasjon :

En presisjonsinnflyging og landing, med beslutningshøyde ikke lavere enn 60 m, og med meteorologisk sikt minst 800 m, eller rullebanesikt minst 550 m.

Kategori II operasjon :

En presisjonsinnflyging og landing, med beslutningshøyde under 60 m, men ikke lavere enn 30 m, og rullebanesikt minst 350 m.

Kategori IIIA operasjon :

En presisjonsinnflyging og landing, enten med beslutningshøyde lavere enn 30 m, eller uten beslutningshøyde, og rullebanesikt minst 200 m.

Median :

Den verdi som overskrides i 50 % av tilfellene. I en ordnet tallrekke ligger medianverdien nøyaktig midt i tallrekken.

Meteorologisk instrumentsikt (MOR - Meteorological Optical Range) :

Sikt beregnet ut fra målt transmittans (prosentvis lysgjennomgang fra sender til mottaker på en siktmåler), med 5 % kontrastterskel.

Meteorologisk visuell sikt (MVR - Meteorological Visual Range) :

I dagslys den største avstand en mørk og tilstrekkelig stor gjenstand kan gjenkjennes, med tilstrekkelig tydelighet.

I mørke den største avstand et lys av middels styrke kan sees og gjenkjennes (gatebelysning, lys fra hus).

Rullebanesikt (RVR - Runway Visual Range) :

Sikt langs rullebanen ved aktuell rullebanebelysning, fra et fly på banens senterlinje.

**Skybasis / vertikalsikt :**

Høyde til undersiden av et skydekke. Ved nedbør kan det være umulig å observere skybasis. Da brukes i stedet begrepet vertikalsikt, dvs. den høyde man kan se bakken fra.

**Tåke :**

Luft som inneholder en mengde bittesmå vanndråper. De små dråpene sprer lyset effektivt og nedsetter sikten. Først når den meteorologiske sikt er under 1000 m, sier vi at det er tåke. Populært sagt er tåke skyer som ligger på bakken.

**Adveksjonståke.** Når fuktig luft transporteres innover kaldere landområder, kan det dannes tåke ved at luften blir avkjølt, slik at vanndamp går over i dråpeform.

I forbindelse med lavtrykk, fronter og vidstrakte sky- og nedbørområder, vil det være tåke i et visst høydenivå, fordi lavtliggende skyer innhyller åser og høydedrag. Slik skytåke blir også betegnet som adveksjonståke.

**Frostrøyk.** Når kald luft kommer ut over varmere vann, vil luften like over vannflaten oppvarmes og samtidig tilføres fuktighet. Denne luften blander seg med kaldluften over og fuktigheten kondenseres til vanndråper, det dannes frostrøyk.

**Strålingståke.** I godværssituasjoner, med høytrykk og lite eller ingen skyer i midlere og høyere nivå, kan det dannes lokal tåke i lavlandet, ved at luften i nedre luftlag blir avkjølt på grunn av utstråling til verdensrommet. Strålingståke danner seg lettest om natten og om morgenen når temperaturen har sin minimumsverdi.

**Vind :**

**Gustfaktor.** Høyeste registrerte vindhastighet innenfor en 10-minutters periode, dividert med middelvindhastigheten innenfor samme tidsrom. Det er vanlig å operere med 3 sekunders og 60 sekunders gustfaktor.

**Sidevind.** Aktuell vindhastighetskomponent vinkelrett på rullebaneretningen.

**Turbulensintensitet.** Standardavviket (uttrykk for spredning) i vindhastighetens sekund-verdier, dividert med 10-minutters middelvindhastighet.