

DNMI DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

klima

GARDERMOEN-PROSJEKTET
METEOROLOGISKE MALINGER PR. 30. APRIL 1991

LARS ANDRESEN OG PER OVE KJENSLI

RAPPORT NR. 29/91



DNMI - RAPPORT

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

ISBN

RAPPORT NR.

29/91 KLIMA

DATO

17.02.1991

TITTEL

**GARDERMOEN-PROSJEKTET
METEOROLOGISKE MÅLINGER PR. 30.APRIL 1991**

UTARBEIDET AV

LARS ANDRESEN OG PER OVE KJENSLI

OPPDRAKSGIVER

**LUFTFARSVERKET
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 - april 1991. Frekvenser av KAT I-, II- og IIIA-forhold er gitt for måleperioden og normaliserte verdier er gitt for perioden 1957/58-1990/91.

Ved å benytte samtidige målinger av RVR i sør og nord for tidsrommet januar-april, ble frekvensen av KAT II- og IIIA-forhold endret fra 2.2/2.2 og 2.0/1.8 (sør nevnt først) til hhv. 2.0 og 1.3 % .

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. Fra før er det en tradisjonell værstasjon på Gardermoen.

Siktmålestasjon-M har vært lengst i drift og representerer forholdene på Gardermoen totalt sett. Siktmålestasjonene S og N brukes til å beskrive forholdene i sør og nord, isolert sett og i sammenheng, for å kunne planlegge/optimalisere de fremtidige flyoperasjoner.

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 % KAT II- og KAT IIIA-forhold, og 0.1 % under KAT IIIA-forhold i måleperioden. Disse verdiene er normalisert i forhold til tidsrommet 1957-91.

Ved rullebanesikt under 550 m er det dobbelt hyppighet av vind fra sør i forhold til vind fra nord på Gardermoen. I tidsrommet januar-april 1991 har nordavinden vært sterkt underrepresentert i forhold til dette. Ved KAT II eller dårligere forhold har vindhastigheten i 90 % av tiden vært under 2.5 m/s.

Når siktforholdene i sør og nord ses i sammenheng, avtar frekvensen av KAT II- og IIIA-forholdene i måleperioden fra 1.8/2.0 % (sør/nord) til 1.3 % . Frekvensen av KAT I-forhold øker tilsvarende.

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 vindhastigheter under 1.5 m/s halveres frekvensen av KAT II- og IIIA-forhold, når begge baneender ses i sammenheng.

INNHALDSFORTEGNELSE

	SIDE	
1. INNLEDNING		1
2. OMRÅDEBESKRIVELSE		1
2.1. Regional beskrivelse.		1
2.2. Lokal beskrivelse.		1
3. OMFANGET AV TÅKETYPER PÅ GARDERMOEN		3
4. VÆRSTASJONER OG MÅLESTEDER		4
5. DATAINNSAMLING		5
6. BAKGRUNNSBELYSNING, RULLEBANELYS OG RULLEBANESIKT		5
6.1. Bakgrunnslys og øyets belysningsterskel.		5
6.2. Rullebanelys.		6
6.3. Fremgangsmåte ved beregning av rullebanesikt.		8
7. OBSERVASJONER FRA GARDERMOEN		9
7.1. En vurdering av måleperioden.		9
7.2. Instrumentell sikt.		11
7.2.1. MOR.		11
7.2.2. RVR.		12
7.3. Perioden november 1990 - april 1991. Normalisering.		13
7.4. Sikt og vind i kombinasjon januar-april 1990.		15
7.5. Beste RVR av samtidige målinger i sør og nord.		16
8. REFERANSER		19
APPENDIKS		
APPENDIKS A. VARIASJON I SIKTFORHOLDENE FRA ÅR TIL ÅR		21
APPENDIKS B. USIKKERHETSOVERSLAG		22

1. INNLEDNING

Stortinget vedtok 1.6.1990 å avslutte værmålingene på Hurum. I brev av 8.6.1990 ønsker luftfartsverket (LV) å flytte vær-stasjonene 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.

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.

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

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

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

2. OMRÅDEBESKRIVELSE

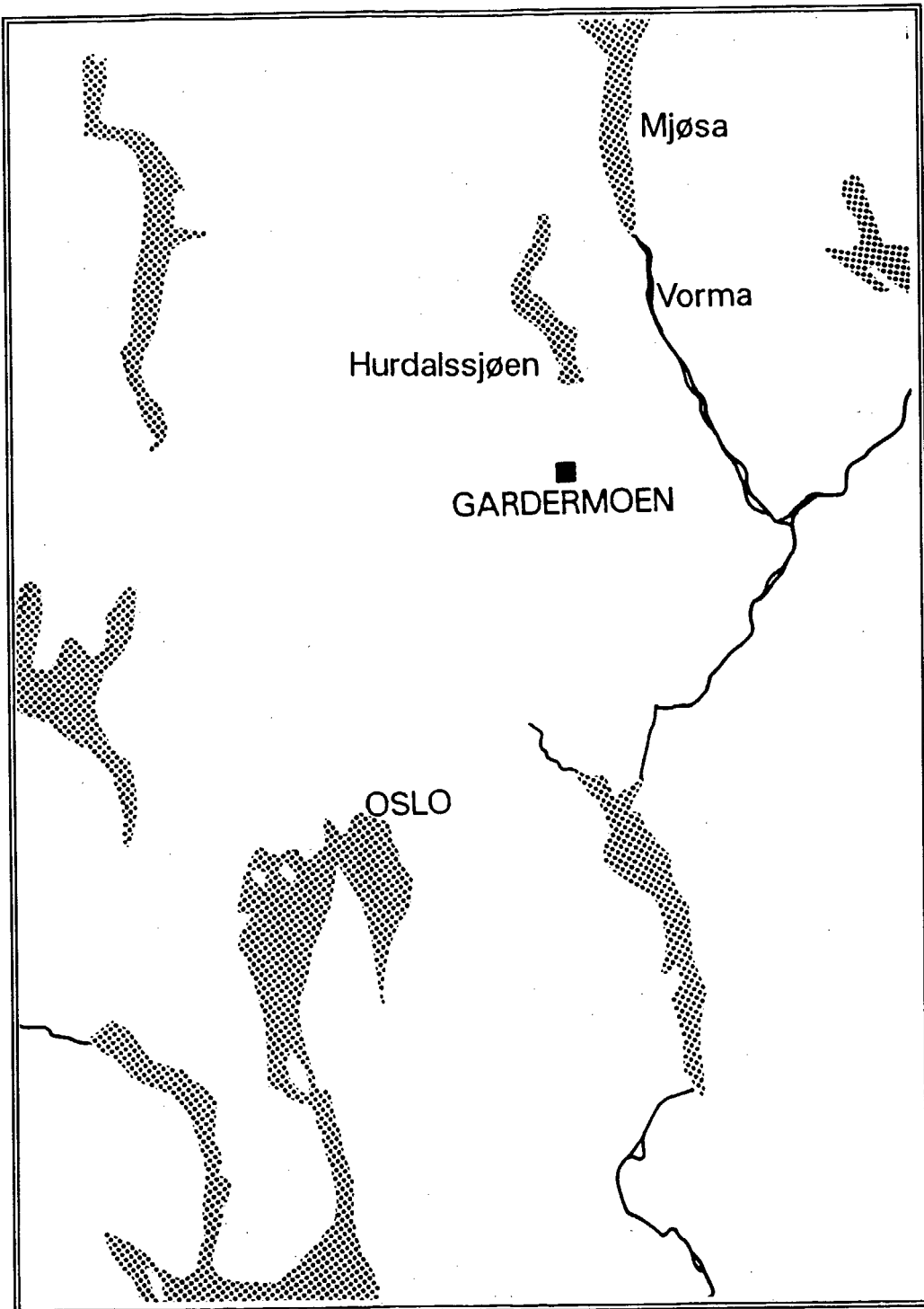
2.1. Regional beskrivelse.

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.

2.2. 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 Vormå kan ha betydning for tåke-
dannelse på Gardermoen. Avstanden fra Mjøsa, Hurdalssjøen og
Vorma til Gardermoen er hhv. 25, 10 og 15 km. Se figur 2.1.



Figur 2.1.
Gardermoenens beliggenhet i Østlandsområdet.

3. 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.

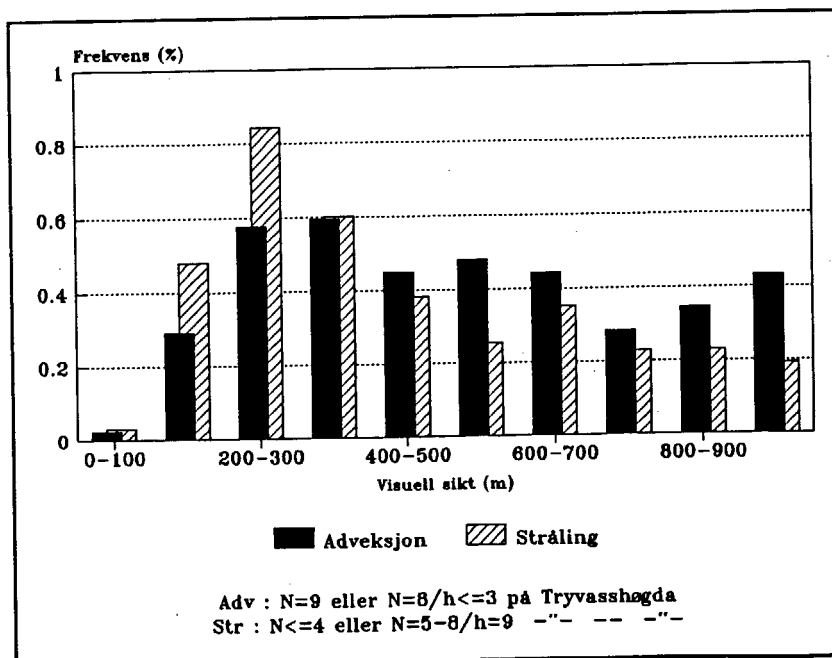
Det er svært sjelden at strålingståke i Oslo-gryta når opp til Tryvasshøgdas nivå. Når det er tåke på Gardermoen, og Tryvasshøgda har overskyet vær med lav skybasis eller er innhyllet i skyer (sikt under 1000 m), vil vi klassifisere tåken på Gardermoen som adveksjonståke.

For månedene november-april, i tidsrommet 1957-1990, har Gardermoen etter dette 52 % adveksjonståke, 48 % strålingsbetinget tåke. 90 % av tåkeobservasjonene på Gardermoen dekkes av de valgte kriterier.

Figur 3.1.

Siktfordeling i strålingståke og adveksjonståke på Gardermoen for tidsrommet november-april 1957-1991, 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.



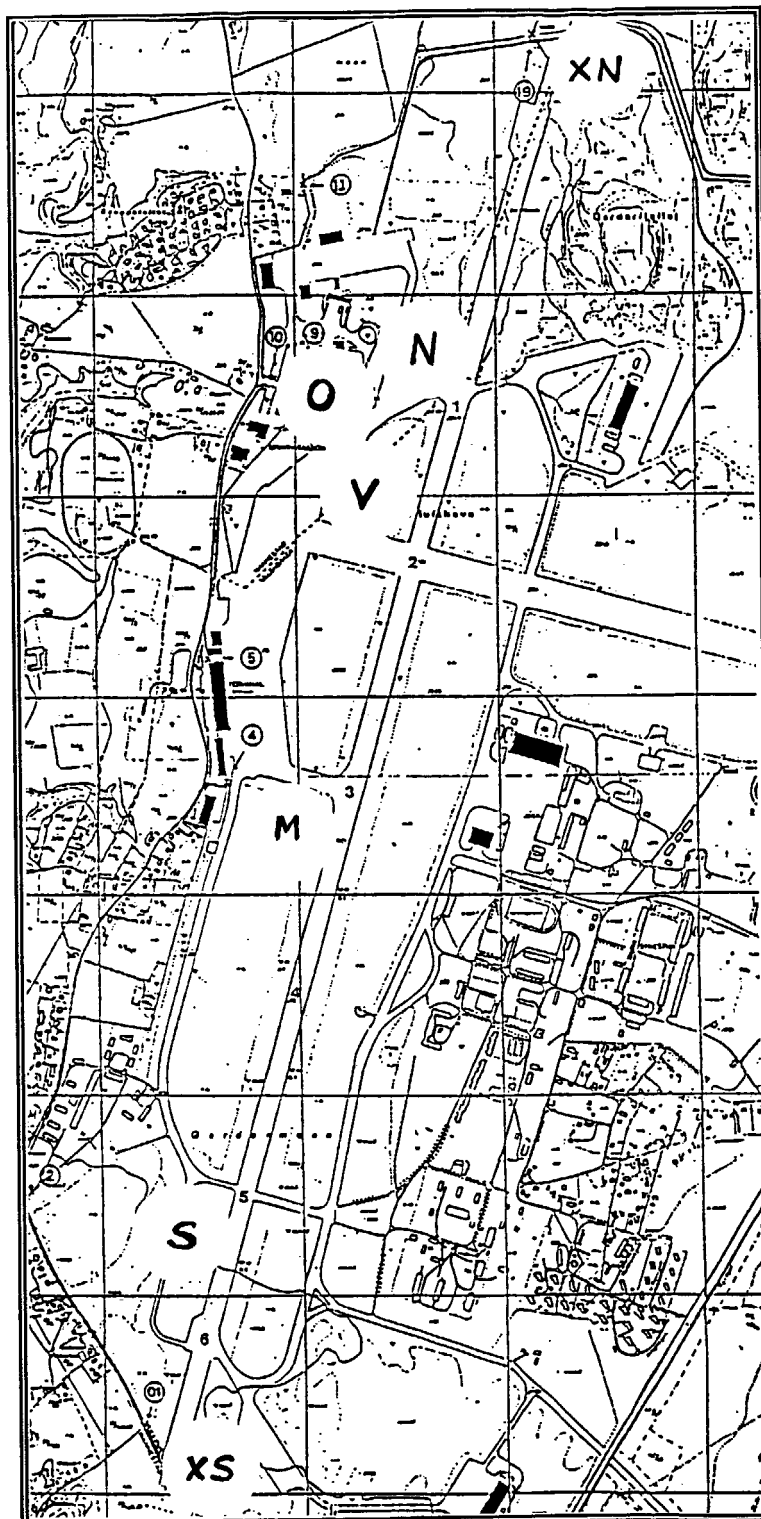
4. VÆRSTASJONER OG MÅLESTEDER

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 4.1.
Kart over Gardermoen flyplass, med målepunktene inntegnet.

5. 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.

6. 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 mot-tager i transmissometeret. RVR øker med stigende verdier av T og I_{RVR} , og med avtagende verdier av E_t .

6.1. Bakgrunnslys og øyets belysningsterskel.

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

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

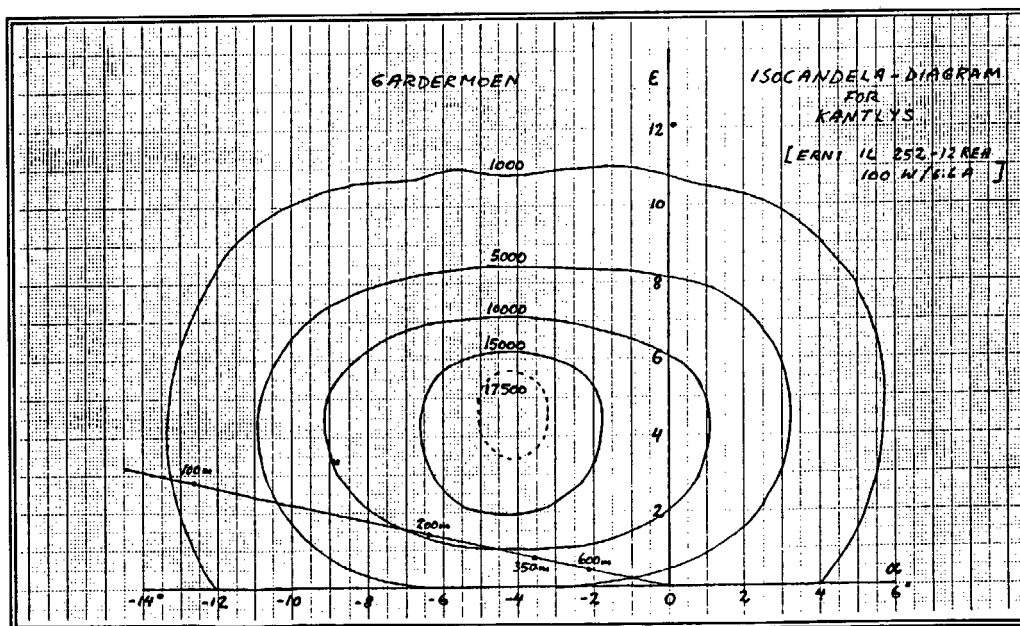
Følgende verdier blir brukt i beregningene :

BL (cd/m ²)	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

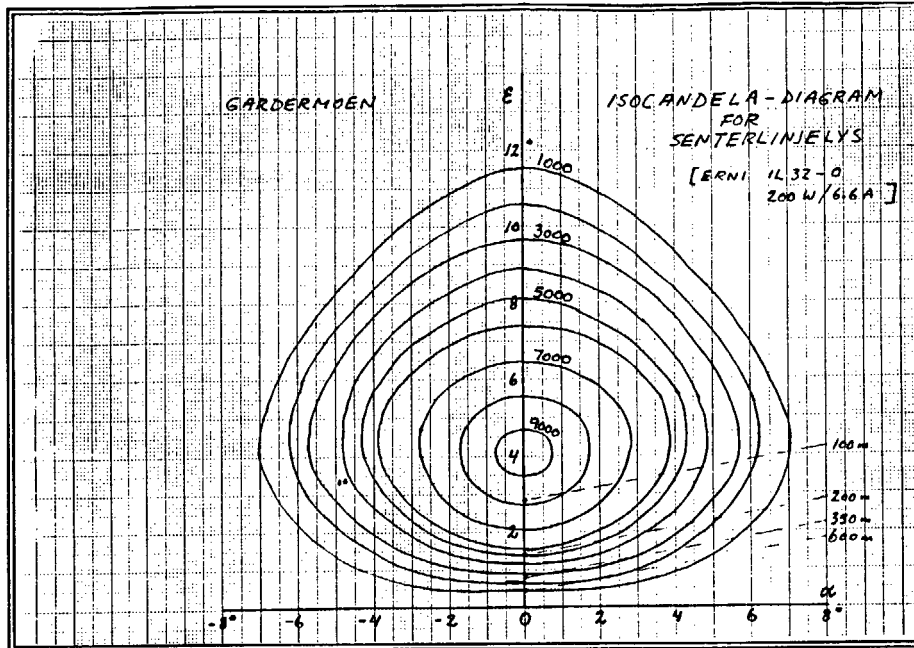
På Gardermoen er det målt bakgrunnslys både i sør og nord, men bare BL-S er brukt ved beregningene av RVR. Bakgrunnslysmåleren som er i bruk på Gardermoen måler ned til 1 cd/m². Når verdien blir lavere, settes BL lik 1. Dette tilsvarer $E_t = 10^{-6.7}$ lux, som er den verdi IPH bruker i beregningen av RVR. ICAO anbefaler imidlertid verdien $10^{-6.1}$ om natten, en verdi som er tilpasset mer urbane forhold.

6.2. 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 6.1.
Isocandela-diagram for fremtidige kantlys på Gardermoen.

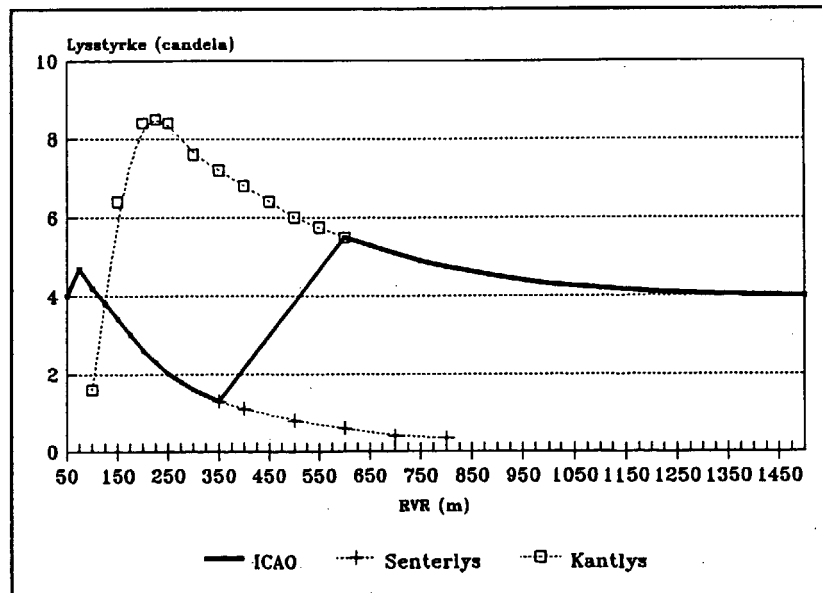


Figur 6.2.
Isocandela-diagram for fremtidige senterlys på Gardermoen.

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 6.3.

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.



6.3. Fremgangsmåte ved beregning av rullebanesikt.

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

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

Her er B basislengden mellom sender og mottager for transmissometeret, ϵ 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 rullebanelysenes 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

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

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

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

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

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.

7. OBSERVASJONER FRA GARDERMOEN

7.1. 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 7.1, observert ved DNMI's vørtjeneste, posisjon 0.

Tabell 7.1.

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

METEOROLOGISK VISUELL SIKT - GARDERMOEN											
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	

I måleperioden (november-april) har siktforholdene vært som vist i tabell 7.2.

Tabell 7.2.

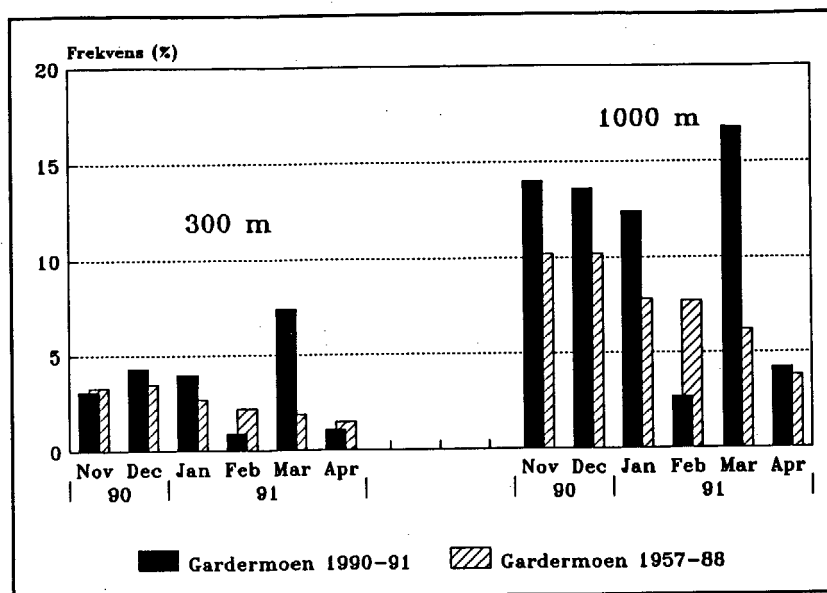
Kumulativ frekvensfordeling av visuell sikt på Gardermoen høsten 1990 / vinteren 1991.

METEOROLOGISK VISUELL SIKT - GARDERMOEN											
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	

Man ser at det har vært stor tåkehyppighet i måleperioden. Det er bare februar 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 7.1.

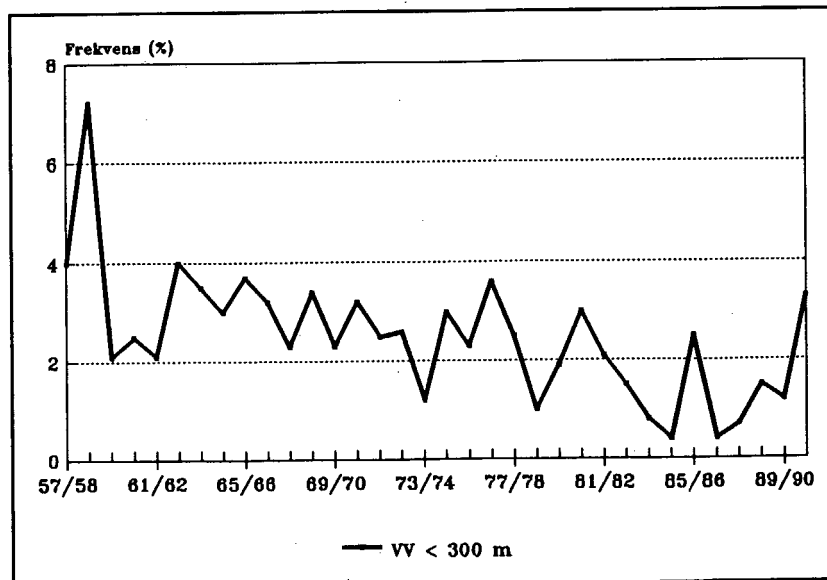
Figur 7.1.

Frekvenser av visuell sikt under 300 m og 1000 m på Gardermoen i måleperioden, sammenlignet med gjennomsnittet for tidsrommet 1957-1988.



Figur 7.2.

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



Figur 7.2 viser at den siste 6-måneders perioden har den høyeste frekvens av sikt under 300 m siden 1976. Se forøvrig Appendiks A.

7.2. Instrumentell sikt.

7.2.1. MOR.

Siktmåleren i posisjon M, dvs. siktmåler-M, vil vi la representere siktforholdene på Gardermoen. Den vil vise variasjonene i tåkehyppighet og siktfordelingen i tåke fra måned til måned. I tabell 7.3 er presentert siktforholdene i måleperioden, slik de er målt med transmissometer.

Tabell 7.3.

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

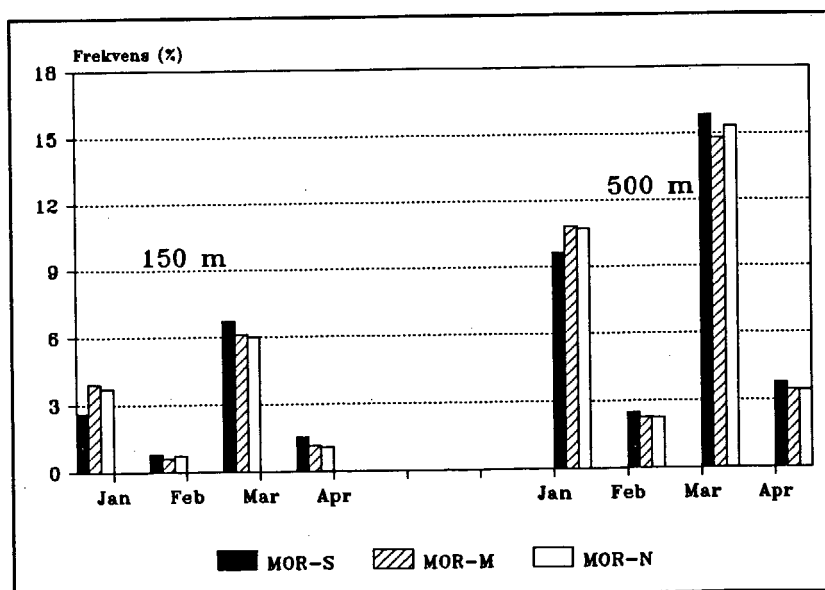
MOR-M - GARDERMOEN										
1990	≤ 50	100	150	200	250	300	350	400	450	500 m
NOV	-	0.4	2.6	5.2	6.8	7.9	8.9	9.8	10.7	11.9
DES	-	0.7	3.3	6.0	7.8	8.7	9.5	10.4	11.0	11.5
1991	≤ 50	100	150	200	250	300	350	400	450	500 m
JAN	0.0	1.0	2.6	4.3	5.6	6.5	7.4	8.3	9.0	9.7
FEB	-	0.2	0.6	1.0	1.4	1.7	1.9	1.9	2.2	2.3
MAR	-	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

Vi vil senere vise variasjoner i siktforholdene langs rullebanen. Da vil vi se på samtidige observasjoner av MOR fra siktmåler-S, siktmåler-M og siktmåler-N. Frekvenser av MOR under hhv. 150 m og 500 m, fra samtlige målere, er vist i figur 7.3.

Figur 7.3.

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

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



Det er imidlertid noe forskjell innen de enkelte måneder, som kan skyldes overvekt av én tåketype fremfor en annen. Konsekvensene av dette vil vi komme tilbake til kap.7.5.

7.2.2. RVR.

Rullebanesikten, RVR [m], ved et tidspunkt kan beregnes når man kjenner sikten, MOR [m], bakgrunnsbelysningen, BL [cd/m^2], og lysstyrken, I [cd], fra rullebanelysene, se kap. 6.

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 7.4 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 : $350 \text{ m} \leq \text{RVR} < 550 \text{ m}$ og KAT IIIA : $200 \text{ m} \leq \text{RVR} < 350$ m.

Tabell 7.4.

Kumulativ frekvensfordeling (%) av RVR fra siktmåler-M november 1990 - april 1991, basert på 10-minutters medianverdier og fremtidig rullebanebelysning.

RVR-M - GARDERMOEN - FREMTID				
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
MIDDEL	96.06	2.17	1.70	0.07

Tabell 7.4 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 96 % KAT I-forhold, ca 2 % av KAT II- og KAT IIIA-forhold, og 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.

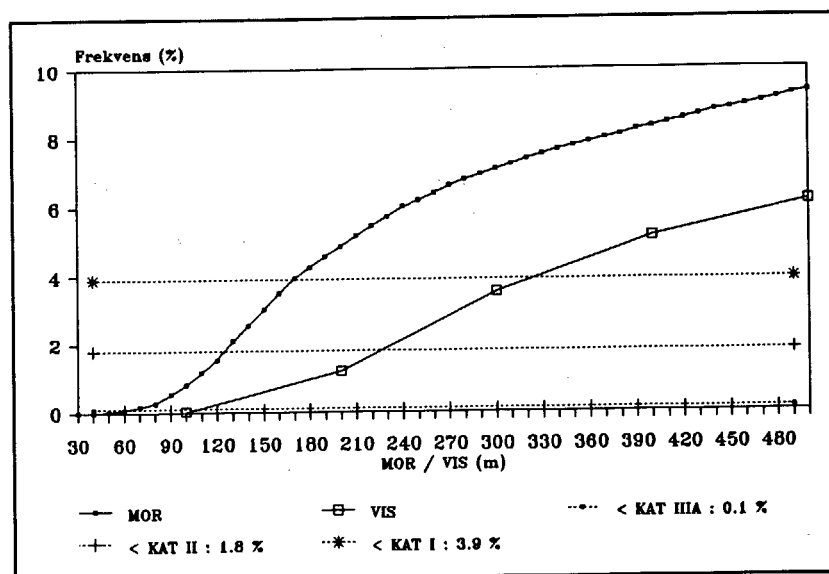
7.3. Perioden november 1990 - april 1991. Normalisering.

Tabellene 7.1 og 7.2 viser at det har vært mer tåke de siste 6 måneder 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 i tabell 7.4 må vi kjenne sammenhengen mellom synsvidde og rullebanesikt. For **aktuell periode** får vi at synsviddegrensene 100, 225 og 325 m tilnærmet svarer til nedre grense for kategoriene IIIA, II og I, se figur 7.4. Når det er tåke observeres synsvidden i intervaller på 100 m.

Figur 7.4.

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.



Den lange dataserien fra Gardermoen, L-4, består av 4 observasjoner pr. døgn (kl. 01, 07, 13, 19). En tilsvarende kort dataserie for de siste 6 måneder, 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 dataserien¹. 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 7.5.

¹ Det eksisterer ingen bearbejdet lang tidsserie med 24 observasjoner pr døgn fra Gardermoen.

Tabell 7.5.

Forhold mellom frekvenser av kort og lang tidsserie.

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, 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 7.4 for å få resultatene i tabell 7.6.

Vi må altså 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 Appendiks B).
- 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 Appendiks B).
- 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 % .
- d) Vindforholdene påvirker siktfordelingen. Denne usikkerheten ligger delvis inkludert i punkt c.

En vurdering av disse usikkerhetene gir ca. ± 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. ± 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.

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.

Ved synsvidde under 300 m har det i langtidsperioden (nov.-apr. 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).

Resultatet av normaliseringen, med usikkerhetsestimater, er gitt i tabell 7.6.

Tabell 7.6. Normalisering av frekvenser av rullebanesikt på Gardermoen ved fremtidig rullebanebelysning, med en estimert usikkerhet basert på punktene a-c ovenfor.

RVR-M - GARDERMOEN - FREMTID			
NOVEMBER - APRIL	< KAT I	< KAT II	< KAT IIIA
OBSERV. 1990 - 1991	3.9 %	1.8 %	0.1 %
NORMAL 1957 - 1991	2.8 ± 0.5	1.4 ± 0.3	0.2 ± 0.1

Dette betyr at det i normalperioden har vært 97.2 ± 0.5 % KAT I-forhold, i gjennomsnitt for perioden november-april.

7.4. Sikt og vind i kombinasjon januar - april 1991.

Når siktobservasjonene ligger innenfor KAT II- og IIIA-intervallene og vindhastigheten samtidig er over 0.5 m/s, er det foretatt en fordeling av antall observasjoner i en nordlig og sørlig sektor, hhv. 270-090° og 090-270° (tabell 7.7).

Tabellen viser at det i denne perioden 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 over 5 m/s ved RVR mellom 200 og 550 m. Under slike siktforhold 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 litt over dobbelt hyppighet i forhold til vind fra nord, ved visuell sikt under 300 m. I januar-april 1991 er nordavinden sterkt underrepresentert i forhold til dette.

Tabell 7.7.

Frekvenser (%) av KAT II- og IIIA-forhold ved fremtidig rullebanebelysning på Gardermoen ved vind fra hhv. nord (270-090°) og sør (090-270°) i januar-april 1991. 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	ALLE					95.7
KAT II	NORD SØR ALLE		0.2 0.6 0.8	0.0 0.7 0.7	0.0 0.3 0.3	2.3
KAT IIIA	NORD SØR ALLE		0.1 0.6 0.7	0.0 0.5 0.5	0.0 0.2 0.2	1.9
< KAT IIIA	NORD SØR ALLE		0.0 0.1 0.1	- - -	- - -	0.1

7.5. Beste RVR av 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 tabell 7.8 er presentert antall samtidige observasjoner i de respektive sikt kategorier i sør og nord.

Tabell 7.8.

Samtidige observasjoner av sikt fra sør og nord i tidsrommet januar-april 1990. Frekvensene er beregnet av det totale antall observasjoner : 17280. De resterende 889 observasjoner har KAT I-siktforhold.

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	15528	15661	90.63
SUM	17	312	374	15688	16391	94.86
FREKVENS	0.10	1.81	2.16	90.79	94.86	

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 7.8. 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 KAT II eller dårligere forhold i sør. For KAT IIIA blir de tilsvarende prosent-verdier hhv. 60 og 70.

Av tabell 7.8 kan vi finne beste RVR av samtidige målinger i sør og nord. Resultatet er presentert i tabell 7.9.

Tabell 7.9.

Beste RVR-kategori av samtidige målinger i sør og nord, i tidsrommet januar-april 1991. Frekvensene er beregnet av det totale antall observasjoner : 17280.

BESTE KATEGORI	< KAT IIIA	KAT IIIA	KAT II
ANT. TILFELLE	4	219	347
FREKVENNS (%)	0.02	1.27	2.01

I tabell 7.8 ser man at det i ca 4 % av tiden har vært KAT II eller dårligere forhold, dersom man ser hver av baneendene isolert. Ser man begge baneender i sammenheng, viser tabell 7.9 at denne frekvensen blir redusert til nærmere 3 % . Frekvenser av KAT IIIA på hhv. 2 og 1.8 % i sør og nord, isolert sett, blir redusert til 1.3 %, når begge baneender ses i sammenheng.

Man kan sette opp tilsvarende tabeller under forutsetning av vindhastigheten er under 1.5 m/s i både sør og nord. Dette er gjort i tabell 7.10 og 7.11.

Tabell 7.10.

Samtidige observasjoner av sikt fra sør og nord i tidsrommet januar-april 1990, under forutsetning av at vindhastigheten er under 1.5 m/s. Frekvensene er beregnet av det totale antall observasjoner : 17280. De resterende 12864 observasjoner har alle kategorier siktforhold, men den ene (eller begge) av stasjonene i sør og nord har vindhastighet over 1.5 m/s.

NORD SØR	< KAT IIIA	KAT IIIA	KAT II	KAT I	SUM	FREKVENNS
< KAT IIIA	4	3	1	1	9	0.05
KAT IIIA	7	106	40	28	181	1.05
KAT II	1	41	85	41	168	0.97
KAT I	4	44	64	3946	4058	23.48
SUM	16	194	190	4016	4416	25.56
FREKVENNS	0.09	1.12	1.10	23.24	25.56	

Det fremgår av tabellen at det totale antall samtidige observasjoner reduseres kraftig, når man stiller betingelser om at vindhastigheten skal ligge under 1.5 m/s i både nord og sør, spesielt i gruppen KAT I-forhold. Frekvens av RVR under 550 m blir da redusert til litt over 2 % .

Tabell 7.11.

Beste RVR-kategori av samtidige målinger i sør og nord, i tidsrommet januar-april 1991, under forutsetning av at vindhastigheten er under 1.5 m/s. Frekvensene er beregnet av det totale antall observasjoner : 17280.

BESTE KATEGORI	< KAT IIIA	KAT IIIA	KAT II
ANT. TILFELLE	4	116	168
FREKVENNS (%)	0.02	0.67	0.97

I tabell 7.10 ser man at det har vært KAT II eller dårligere forhold i ca 2 % av tiden, dersom man ser hver av baneendene isolert. Ser man begge baneender i sammenheng, viser tabell 7.11 at denne frekvensen blir redusert til 1.7 % . Frekvenser av KAT IIIA på 1.1 % i sør og nord, isolert sett, blir redusert til 0.7 %, når begge baneender ses i sammenheng. Når både sør og nord ses i sammenheng, blir frekvensene av KAT II og IIIA halvert når vi stiller betingelser om vindhastigheter under 1.5 m/s.

8. 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. VARIASJON I SIKTFORHOLDENE FRA ÅR TIL ÅR.

Tabell A1.

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

Frekvens						Akkumulert frekvens							
ÅR	VV	<100	<200	<300	<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 B. USIKKERHETSOVERSLAG.

B1. 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 tilsvarer
0.07%	0.98%	2.49%
$s = 0.90$	5.45	9.42 observasjoner, som i tid tilsvarer
0.12%	0.76%	1.30%
$s_M = 0.15$	0.93	1.61 observasjoner, som i tid tilsvarer
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.

B2. 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 :

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