

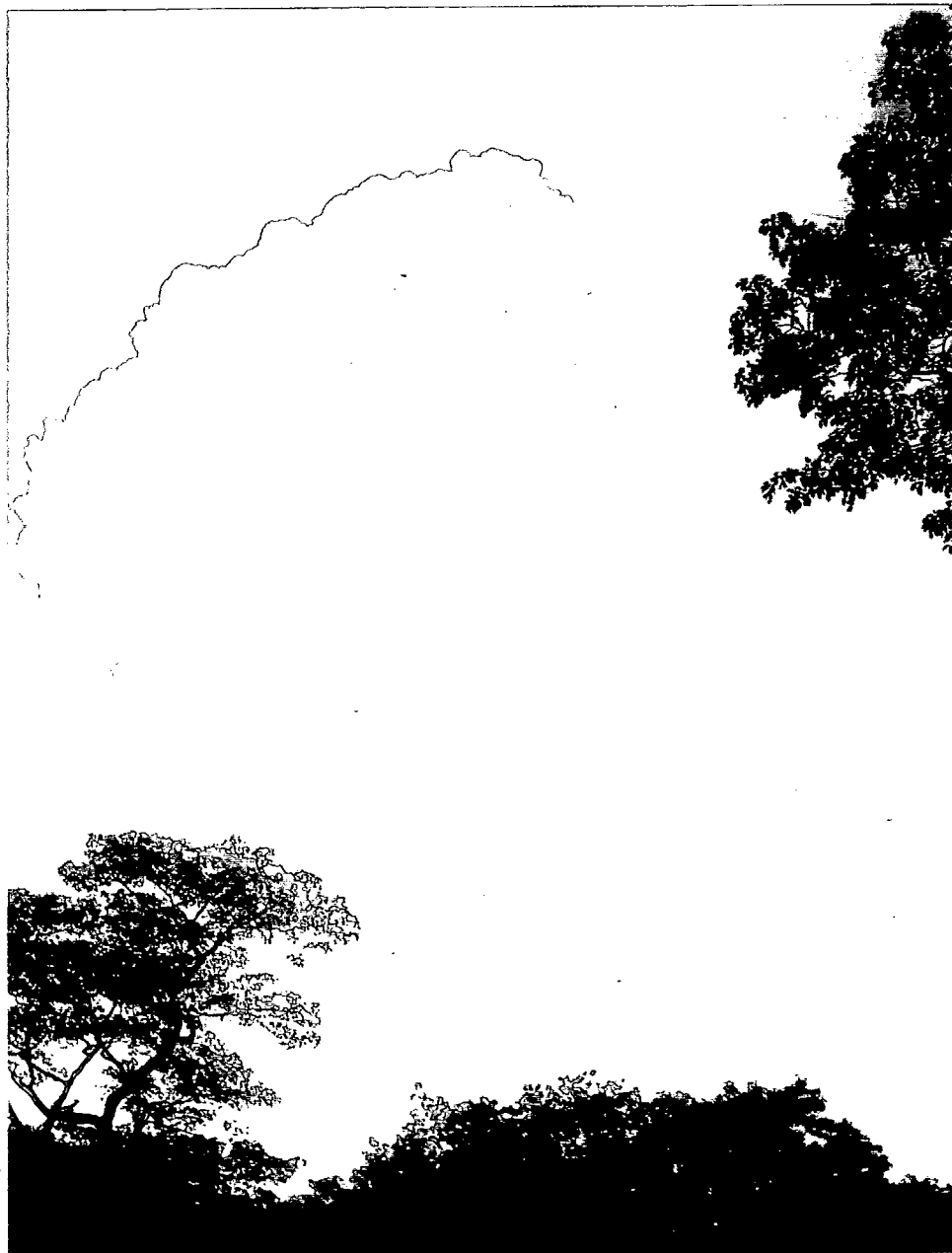
DNMI

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

klima

**HOBØL - VÆRMESSIG TILGJENGELIGHET
FOR EN FLYPLASS 190 M OVER HAVET**

**LARS ANDRESEN, KNUT HARSTVEIT, PER OVE KJENSLI
RAPPORT NR. 12/92**



DNMI-RAPPORT

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

ISBN

RAPPORT NR.

12/92 KLIMA

DATO

16.03.19

TITTEL

**HOBØL - VÆRMESSIG TILGJENGELIGHET
FOR EN FLYPLASS 190 m OVER HAVET**

UTARBEIDET AV

LARS ANDRESEN, KNUT HARSTVEIT, PER OVE KJENSLI

OPPDRAUGSGIVER

**LUFTFARTSVERKET
HOVEDFLYPLASSPROSJEKTET**

OPPDRAUGSNR.

SAMMENDRAG

Det er ikke foretatt siktmålinger på Hobøl. For beregning av rullebanesiktforhold er det benyttet en modell for omregning av sikt fra ett høydenivå til et annet, der effekter av topografi og skjerming er inkludert. Frekvenser av værmessig tilgjengelighet, basert på rullebanesikt alene i hht. >KAT IIIA, >KAT II og KAT I er estimert til hhv. 99.7% [99.3-99.9], 97.9% [96.4-98.4] og 95.7% [94.4-97.4].

Ved rullebaneretning langs dominerende vindretning [200-230°] vil kombinasjonen sidevind over 5 m/s og KAT II-/IIIA-forhold redusere den værmessig tilgjengelighet med 0.1% [0.0-0.3]. Ved rullebaneretning på tvers av dominerende vindretning blir dette bidraget stort, 2.0% [1.4-2.6] ved baneretning 120-135°.

Med en baneretning på 205° og vind mellom nordøst og sør vil østre rullebane ligge i vindskygge av Spydeberg varde. Dette vil føre til vindskjær de nederste 60 m over rullebane-nivå.

UNDERSKRIFT

Lars Andresen
.....

Lars Andresen

SAKSBEHANDLER

Bjørn Aune
.....

Bjørn Aune

FAGSJEF

SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Det er ikke foretatt siktmålinger på Hobøl. Frekvenser av RVR under 550 m, 350 m og 200 m, med angivelse av usikkerhet, er estimert ved hjelp av en modell for omregning av sikt fra et høydenivå til et annet, der effekter av ulikt terreng inngår. En alternativ beregningsmåte, basert på skyhøydestatistikk, er benyttet for å vurdere resultatet.

Man valgte å benytte modellen til å beregne de aktuelle frekvensene, da modellen også kunne benyttes til en videre detaljering av resultatene. Værmessig tilgjengelighet på årsbasis er presentert i tabellene nedenfor, først basert på rullebanesikt alene, dernest basert på rullebanesikt og sidevind i kombinasjon (neste side).

Frekvenser [%] av værmessig tilgjengelighet på Hobøl, basert på rullebanesikt alene, for tidsperioden 1957-91.

1957-91	KAT I	KAT II	KAT IIIA	<KAT IIIA
VÆRM. TILGJ.	95.7	2.2	1.8	0.3

Akkumulerte frekvenser [%] av værmessig tilgjengelighet på Hobøl, basert på rullebanesikt alene, for tidsperioden 1957-91.

1957-91	KAT I	≥KAT II	≥KAT IIIA	<KAT IIIA
VÆRM. TILGJ.	95.7	97.9	99.7	0.3
	94.4-97.4	96.4-98.4	99.3-99.9	0.1-0.7

Det er utført beregninger av sidevindkomponenter i forhold til forskjellige rullebaneretninger, presentert i tabellen under.

Baneretning	Frekvens av s.v. (%)	Usikkerhetsintervall
120/300°	2.0	[1.4-2.6]
135/315°	2.0	[1.4-2.6]
160/340°	1.2	[0.7-1.7]
190/010°	0.4	[0.2-0.6]
205/025°	0.1	[0.0-0.3]
215/035°	0.1	[0.0-0.2]

Værmessig tilgjengelighet for forskjellige rullebaneretninger er presentert i tabellen nedenfor.

Frekvenser av værmessig tilgjengelighet på Hobøl, basert på rullebanesikt og sidevindkomponenter i forhold til forskjellige rullebaneretninger, for tidsperioden 1957-91.

BANERETNING	KAT I	≥KAT II	≥KAT IIIA	<KAT IIIA
120/300°	95.7	96.9	97.7	2.3
135/315°	95.7	96.9	97.7	2.3
160/340°	95.7	97.3	98.5	1.5
190/010°	95.7	97.7	99.3	0.7
205/025°	95.7	97.8	99.6	0.4
215/035°	95.7	97.8	99.6	0.4

Med en baneretning på 205° og vind mellom nordøst og sørsørøst vil østre rullebane ligge i vindskygge av Spydeberg varde. Dette vil føre til vindskjær de nederste 60 m over rullebane-nivå.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. INNLEDNING	1
2. OMRÅDEBESKRIVELSE	1
2.1. Regional beskrivelse	1
2.2. Lokal beskrivelse	3
2.3. Tåkeforholdene i området	3
2.4. Datagrunnlag	4
3. VÆRMESSIG TILGJENGELIGHET	6
3.1. Rullebanesikt på Hobøl	6
3.1.1. Modellberegnet rullebanesikt	6
3.1.2. Variasjonsbredde og usikkerhet	7
3.1.3. Alternativ beregningsmetodikk	8
3.2. Rullebanesikt for sesonger og deler av døgn	9
3.3. Rullebanesikt og sidevind	10
4. VINDSKJÆR OG TURBULENS	13
4.1. Komfort og kabinsikkerhet. Strukturelle påkjenninger. Retnings- og stillingskontroll av et luftfartøy.	13
4.2. Luftfarttøyets yteevne.	14
4.2.1. Vindskjær ved rullebaneretning 205/025°.	15
5. REFERANSER	17
APPENDIKS	
APPENDIKS A. ESTIMERING AV SIKTFREKVENSER PÅ HOBØL	i
A1. MODELL FOR OMREGNING AV SIKTFREKVENSER	i
A2. TOPOGRAFI OG SKJERMING	i
A3. MODELLPARAMETRE FOR Å BESKRIVE SIKTFORHOLD PÅ LANDVETTER	ii
A4. MODELLBEREGNINGER FOR HOBØL/LANDVETTER	iii
APPENDIKS B. RYGGE / HOBØL	v
B1. SKYHØYDESTATISTIKK FOR RYGGE	v
B2. VURDERING AV TÅKETETTHET PÅ HOBØL	vii
B3. VINDSTATISTIKK FOR HOBØL, RYGGE OG HURUM	ix
APPENDIKS C. SÄVE / LANDVETTER	xi
C1. OMRÅDEBESKRIVELSE	xi
C2. SKYHØYDESTATISTIKK FOR SÄVE	xiii
C3. SIKTSTATISTIKK FOR LANDVETTER	xv
C4. FORSKJELLER I MÅLT RVR HURUM/GARDERMOEN OG LANDVETTER	xvi
C5. VINDSTATISTIKK FOR LANDVETTER	xix

1. INNLEDNING

I forbindelse med Stortingets behandling av hovedflyplass-utbyggingen på Gardermoen i vårsesjonen 1992, skal det legges frem alternative sammenlikninger for Hobøl-alternativet.

Luftfartsverket har i denne forbindelse ønsket å foreta en ny vurdering av værmessig tilgjengelighet for en eventuell ny hovedflyplass på Hobøl.

Opgaven er definert slik :

Værmessig tilgjengelighet for det aktuelle flyplassområdet på Hobøl skal bestemmes ut fra kriterier for sikt, sidevind og kombinasjoner av disse. I utgangspunktet benyttes samme fremstillingsmetode som for tidligere tilgjengelighetsberegninger.

Usikkerheten i beregningene skal angis.

Det gis en vurdering av eventuell turbulens/vindskjæreffekter som skyldes Spydeberg varde.

Disse spørsmål er besvart i rapportens hoveddel. Appendiksdelen inneholder mer detaljer omkring metodikk og datagrunnlag og er ment som en dokumentasjon for det arbeidet som er utført.

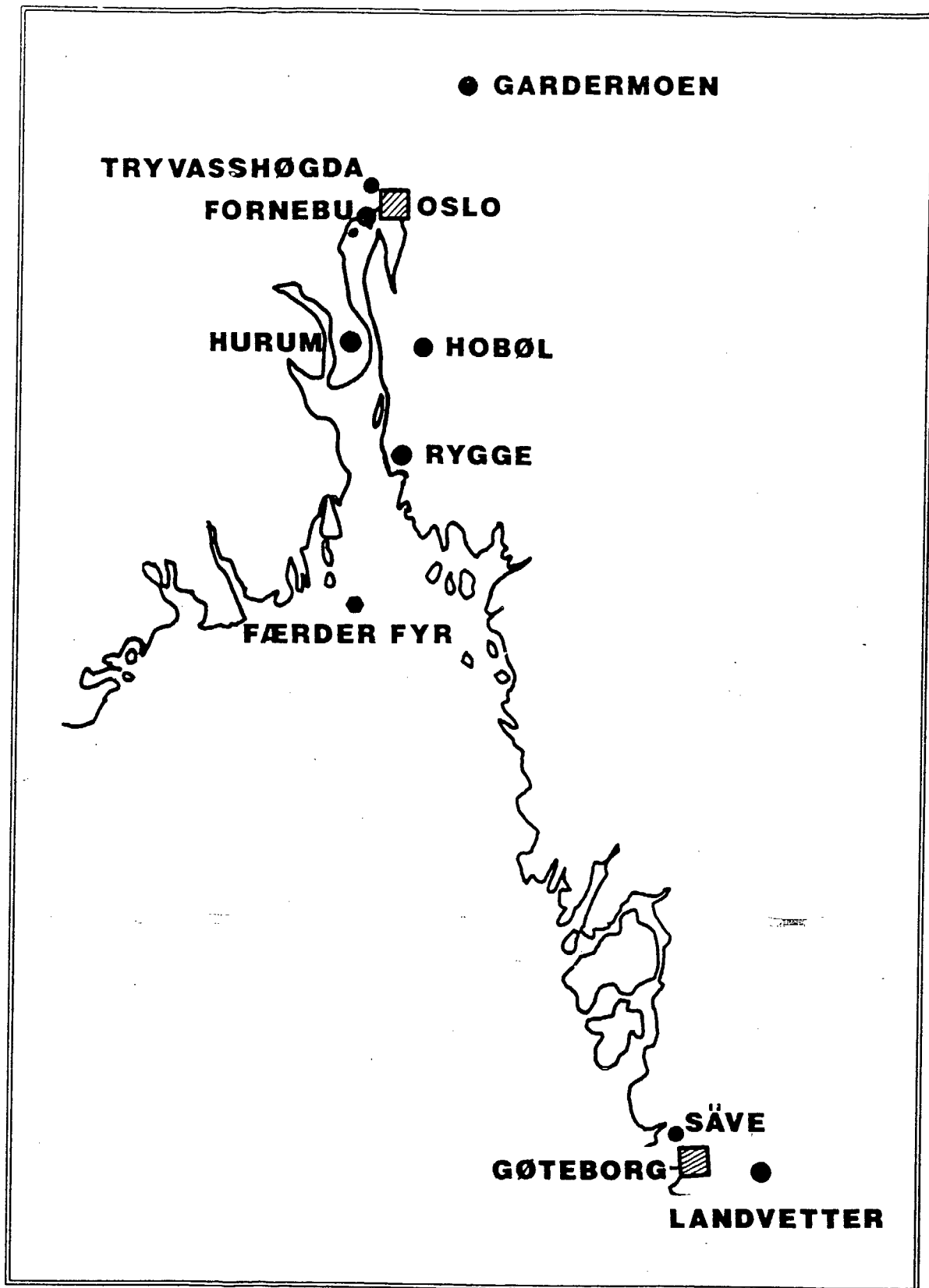
På grunn av tidsbegrensningen må beregningene gjøres uten at det settes opp nye måleinstrumenter.

2. OMRÅDEBESKRIVELSE

Hobøl ligger ca 40 km sør for Oslo. Planlagt beliggenhet for flyplassen er ca 190 m over havet i området 3 km sør for E-18, strekning Elvestad - Knapstad, på høydeplatået mellom Bjørnås (227 m o.h.) / Legerås (208 m o.h.) og Spydeberg varde (258 m o.h.). Se figur 2.1 og 2.2 (side 5).

2.1. Regional beskrivelse.

På regional skala ligger Hobøl i le for Langfjellene i Sør-Norge og fjellområdene fra Rondane og østover mot Midt-Sverige i sektor VSV-N-NØ. I den øvrige sektor er det stort sett jevnhøyt eller lavereliggende terreng i en avstand på 200 km. Spesielt i sektor S-SV ligger Hobøl vindutsatt og fritt eksponert for skyer, som driver inn over området fra Kattegat og Skagerak. Avstanden til ytre Oslofjord og Fredrikstad er 45 km i sørlig retning, til Moss 26 km i sørvestlig retning og til Hvitsten 20 km i vestlig retning. Se figur 2.1.



Figur 2.1.

Kart som viser Hobøls beliggenhet i forhold til Oslofjord-regionen. Værstasjonene som er benyttet i rapporten, er inntegnet.

2.2. Lokal beskrivelse.

En eventuell flyplass på Hobøl er planlagt i høydenivå 190 m, på det sentrale høydeplatået sørvest for Hobøl kirke. Hele flyplassområdet er idag barskogbevokst og det er overveiende skog over store avstander i alle sektorer, sett fra flyplassområdet.

Terrenget i den mest eksponerte sektor S-V, kan beskrives slik :

Sektor S (180°) :

I nærområdet til flyplassen er det svakt avtagende terrenghøyder fra 190 til 150 m, frem til riksvei 121, 5 km unna. Videre sørover er høydenivået 100-150 m over store avstander, helt ned til østsiden av Vannsjø, 20 km unna.

Sektor SV (190-240°) :

Terrenget skråner bare svakt de første 2-3 km, så faller det bratt av fra høydeplatået, ned mot en nord-sør-gående kløft, fra Bøler gård via Bølertjern til Bæretjern. Like vest for kløften er det høyder på 100-120 m. Videre sørvestover holder terrenget seg under 100 m helt ut til Oslofjorden.

Sektor V (250-270°) :

Terrenget faller bratt ned fra høydeplatået mot den omtalte kløft sør for Hobøl kirke. Videre vestover er det jevnt over omkring 100 m o.h. frem til Drøbaksundet.

Eksponeringen i de øvrige sektorer kort beskrives slik :

Sektor V-N (280-350°) :

Relativt åpent.

Sektor N-NØ (360-040°) :

Terrenget 8-10 km unna har høyder over 200 m-nivået.

Sektor NØ-Ø (050-110°) :

Relativt åpent. Store deler av nærområdet, mindre enn 10 km unna, har høyder på 120-160 m.

Sektor SØ (120-150°) :

Skjermende terreng, med koller på 200-250 m over havet.

Sektor SSØ (160-170°) :

Overgangssektor til den eksponerte S-V-sektoren mot ytre og indre Oslofjord, nevnt ovenfor.

Se forøvrig figur 2.2.

2.3. Tåkeforholdene i området.

Vanligste tåkeform på Hobøl er adveksjonståke. Adveksjonståke er en samlebetegnelse for 1) lavt skydekke som driver inn over og innhyller et høyereliggende område, 2) fuktige luftmasser som kondenserer skydråper på grunn av hevning mot høyereliggende terreng (orografisk effekt), 3) dråpekondensasjon på grunn av

avkjøling innover kaldere underlag. Disse effekter kan opptre isolert, men forekommer ofte i kombinasjon.

Det er spesielt i en sektor omkring sørsørvest at man vil forvente den største tåkehyppheten og de laveste siktverdier, på grunn av størst orografisk effekt og minimal terrengskjerming (beskrevet i Appendiks A2).

Det kan også tenkes at strålingståke eller transportert (advektert) strålingståke fra Øyeren-Lyseren-Glomma kan nå opp til flyplassnivå ved et vinddrag fra nordøst eller øst, men slik tåke vurderes til å inntreffe sjelden sammenlignet med adveksjonståken nevnt ovenfor. Omfanget av slik strålingsbetinget tåke kan bare avdekkes ved målinger.

2.4. Datagrunnlag.

For å beregne siktfrekvenser på Hobøl, og frekvenser av sikt og vind i kombinasjon, har vi benyttet oss av meteorologiske data fra værstasjonene Gardermoen, Tryvasshøgda, Fornebu, Stikkvannskollen (Hurum), Rygge, Hobøl og Ferder fyr (figur 2.1). Meteorologisk statistikk fra SMHI for flyplassene Säve og Landvetter er benyttet til estimering av usikkerhet.

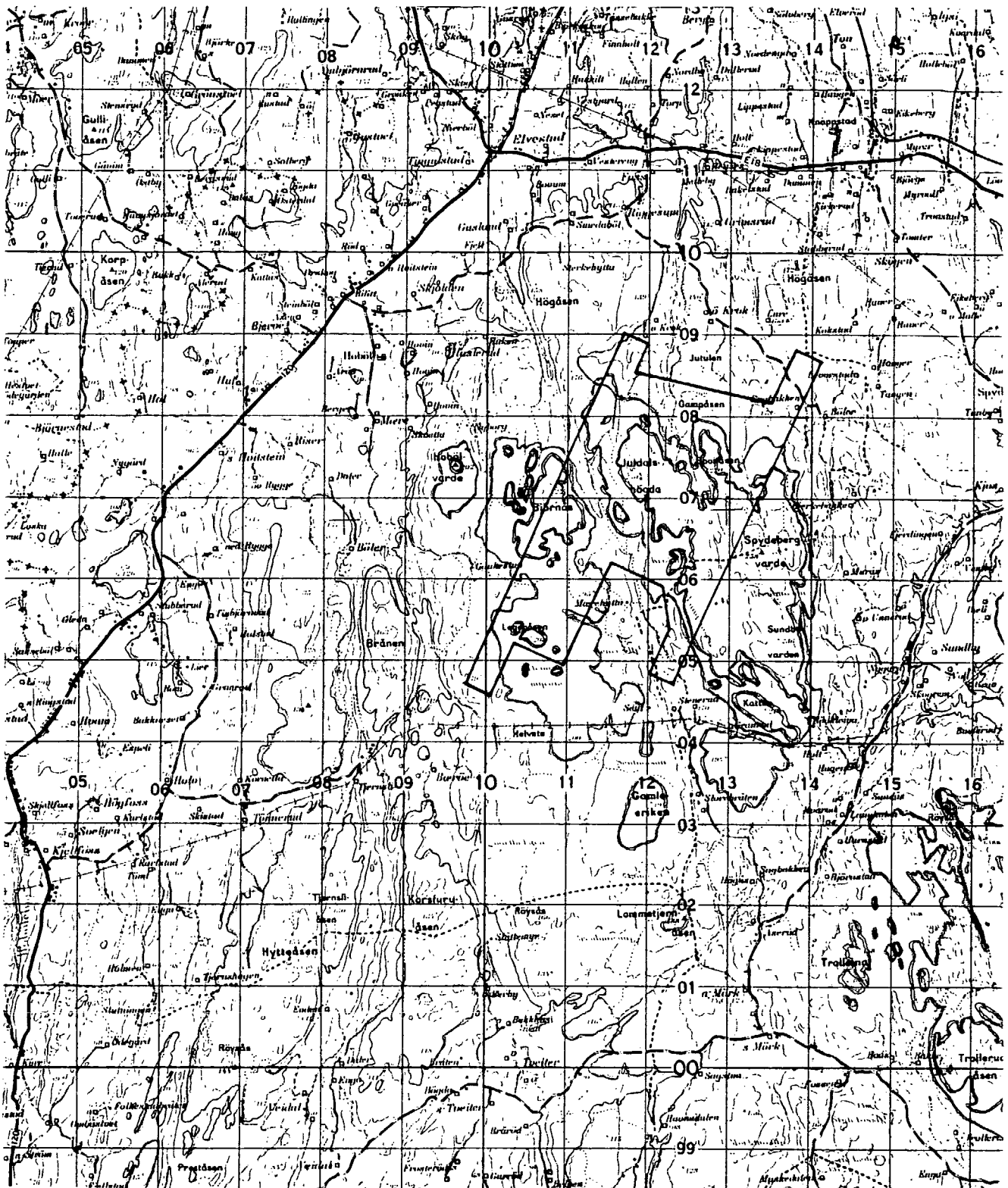
I tabell 2.1 er gitt en oversikt over de data som er benyttet i rapporten.

Tabell 2.1.
Dataoversikt.

STASJON	METEOROLOGISK PARAMETER	ANTALL OBS. PR. DØGN	TIDSROM
Gardermoen	Sikt, MVR	4	1957-88
	Sikt, RVR	144	1991
Stikkvannskollen	Sikt, MOR	144	1989
	Vind	144	1989
Flyplassnivå 290 m	Vind ¹		1961-75
	Sikt ² , RVR		1957-88
Rygge	Skyhøyde	4	1957-91
	Vind	4	1961-75
Hobøl	Vind	4	1971-72
Säve	Skyhøyde	8	1977-91
Landvetter	Sikt, MVR	8	1977-91
	Sikt, RVR	8	1977-91

¹ Normalisert ved hjelp av data fra Ferder fyr.

² Data er omregnet fra Stikkvannskollen og normalisert ved hjelp av data fra Rygge, Fornebu og Tryvasshøgda.



Figur 2.2.

Kart over det planlagte flyplassområdet på Hobøl. Koter for 200 m, 180 m og 100 m er tegnet med hhv. rødt, blått og grønt. En flyplass med rullebaneretning 025-205° er tegnet inn på kartet. Avstanden mellom hver rute på kartet er 1 km. Ekvidistansen er 20 m.

3. VÆRMESSIG TILGJENGELIGHET

Rullebanesikt (Runway Visual Range, RVR) er sikt langs rullebanen ved aktuell rullebanebelysning. ICAO (Den internasjonale sivile luftfartsorganisasjon under FN) beskriver både manuell og instrumentell måte å måle RVR på.

Instrumentlandingsystemet (ILS) klassifiseres i kategorier, i hovedsak etter hvilken minste sikt (RVR) som er nødvendig for å gjøre innflyging. Kriteriene for de forskjellige kategorier er definert av ICAO.

Værmessig tilgjengelighet er den prosentvise andel av tiden hvor meteorologiske forhold tillater landing i henhold til definerte grenser for de forskjellige innflygingskategorier. Aktuelle kategori-kriterier og statistikk for værmessig tilgjengelighet for en flyplass på Hobøl er presentert i kap.3.2.

I en planleggingsfase ønsker man å beskrive siktforholdene, slik de vil bli på en ferdig utbygd flyplass. Vanligvis vil en utredning av siktforholdene da være basert på meteorologiske målinger i det aktuelle flyplassområdet. På Hobøl eksisterer det ikke siktdata. Utredningen må derfor basere seg på opparbeidet erfaring og meteorologiske data fra nærliggende stasjoner. Resultatene bygger på værstatistikk for en relativt lang tidsperiode, 1957-91, samt kortere serier innenfor dette tidsrom, som er koblet til langtidsrekker.

3.1. Rullebanesikt på Hobøl.

For å komme frem til mest mulig realistiske siktfrekvenser på Hobøl, i høyde 190 m over havet, benytter vi en modell for omregning av sikt fra ett høydenivå til et annet, der effekter av ulikt terreng inngår. En alternativ betraktningsmåte benyttes for å vurdere resultatet.

3.1.1. Modellberegnet rullebanesikt fra Hurum til Hobøl.

Ved omregning fra ett høydenivå til et annet benyttes følgende formel :

$$V(H_1) = B \cdot [B^{1.5} \cdot V(H_2)^{-1.5} - (H_2 - H_1)]^{-2/3} \quad \text{lign. (1)}$$

der V er sikten i høydenivå H1 eller H2 og B er en konstant som bl.a. er avhengig av topografi og vegetasjon.

Ved omregning fra Hurum til Hobøl og Landvetter settes B=1900 i omregningsformelen (Appendiksene A1, A3 og A4).

Ved omregning av sikt fra Hurum til Hobøl må vi også ta hensyn til at turbulens og skjermings-effektene er forskjellig på de to stedene. Disse effektene er bestemt av topografi, terreng og vegetasjon. Vi må derfor øke beregningsverdiene fra lign. (1) for

190 m-nivået på Hobøl med 20% og for 150 m-nivået på Landvetter med 30% (Appendiks A2).

Med $B=1900$ i omregningsformelen og en siktkorreksjon på 20 % på Hobøl, får vi resultatet i tabell 3.1.

Tabell 3.1.

Modellberegning med $B=1900$ i omregningsformelen og 20 % siktkorreksjon på Hobøl.

HOBØL	RVR < 200 m	RVR < 350 m	RVR < 550 m
Modellverdi	0.3 %	2.1 %	4.3 %

3.1.2. Variasjonsbredde og usikkerhet.

En endring av B-faktoren i omregningsformelen har den effekt at høyere B-verdi gir mindre siktendring med høyden enn lavere B-verdi. Se tabell A.2 i Appendiks A4.

Det er vanskelig å tenke seg at siktforholdene på Hobøl kan være dårligere enn de vi får frem ved 1) å beregne ut fra observert sikt på Hurum (350 m-nivå), med en B-faktor på 2000, ned til 190 m-nivå, men 2) uten å ta hensyn til skjermingseffektene på Hobøl. Likedan vil siktforholdene på Hobøl neppe være bedre enn de vi får frem ved å beregne ut fra tilnærmet observert sikt på Landvetter (150 m-nivå), med samme B-faktor, opp til 190 m-nivå. Se Appendiks A4 og C4.

En slik beregnet øvre og nedre grense for RVR-frekvenser under 200, 350 og 550 m er presentert i tabell 3.2.

Tabell 3.2.

Øvre og nedre grense for siktfrekvenser på Hobøl, basert på $B=2000$.

HOBØL	RVR < 200 m	RVR < 350 m	RVR < 550 m
Øvre grense	0.7 %	3.4 %	5.3 %
Nedre grense	0.1 %	1.7 %	2.8 %

*Man er her utenfor omregningsformelens beregningsområde. Verdien er estimert. Vi har antatt at forholdet mellom RVR550 og MVR1000 ikke kan være under 35 % på Hobøl. Se Appendiks C4.

Som vi ser av tabell 3.1 har vi fått RVR-frekvenser på Hobøl som ligger godt innenfor variasjonsbredden i tabell 3.2.

$B=1900$ og siktkorreksjonen på 20% benyttes i det videre arbeidet.

Vi vurderer usikkerhetsintervallet til å være godt bestemt av øvre og nedre grense i tabell 3.2.

Usikkerheten settes til halve variasjonsbredden (avrundet for RVR > 200 m), dvs. ± 0.3 % for RVR < 200 m, ± 1 % for RVR < 350 m og til ± 1.5 % for RVR < 550 m.

3.1.3. Alternativ beregningsmetodikk.

Tåkefrekvensen på eksponerte steder i Oslofjord-regionen kan bestemmes godt ved bruk av skyhøydekurver for Fornebu og Rygge (3). Etter dette vil Hobøl ha en gjennomsnittlig årsfrekvens på ca 7 % av meteorologisk sikt under 1000 m (Appendiks B1). På Hurum (290 m o.h.) er den tilsvarende frekvens 13.5 %, eller nær det dobbelte av forventet verdi på Hobøl.

Ved å sammenlikne forholdet mellom frekvenser av RVR og MVR på Hurum og Gardermoen, beregnes tilsvarende forhold for Hobøl. Se Appendiks B2.

Med en årsfrekvens av MVR < 1000 på 7 %, får vi resultatet i tabell 3.3.

Tabell 3.3.

Estimat for siktfrekvenser på Hobøl, basert på skyhøydestatistikk fra Rygge og instrumentelle observasjoner fra Gardermoen og Hurum.

RVR < 200 m	RVR < 350 m	RVR < 550 m
0.4 %	2.1 %	3.2 %

Tabellen viser frekvenser som ligger svært nær de vi estimerte i tabell 3.1, for RVR < 200 og 350 m. For RVR < 550 m er forskjellen ca 1.1 %. Det er imidlertid tegn som tyder på at den alternative metoden har gitt for lavt anslag av RVR < 550 m (se Appendiks B2). Resultatene ligger således nærmere verdiene fra beregningsmodellen (tabell 3.1) enn det tabell 3.3 indikerer.

Beregningsmodellen, skissert i kap.3.1.1, benyttes i det videre arbeidet med beregning av sesongfrekvenser, natt/dag-frekvenser og sidevindfrekvenser.

3.2. Rullebanesikt for sesonger og deler av døgn.

For flyoperative vurderinger presenteres resultatene i forhold til Kategori I-, II- og IIIA-operasjoner, etter følgende definisjon :

KAT I	:	RVR \geq 550 m
KAT II	:	350 m \leq RVR < 550 m
KAT IIIA	:	200 m \leq RVR < 350 m
< KAT IIIA	:	RVR < 200 m

Tabell 3.4.

Frekvenser av Kategori I-, II-, IIIA- og < IIIA-forhold på Hobøl i tidsrommet 1957-89, når man ser bort fra eventuell sidevind.

Året er delt inn i 4-måneders periodene januar-april (J-A), mai-august (M-A) og september-desember (S-D). Døgnet er delt i periodene 0700-2250 (07-23, vanlig trafikkperiode) og 2300-0650 (23-07, lav trafikkperiode).

HOBØL					
FREKVENSER (%) AV RULLEBANESIKT					
1957-1989	KAT I	KAT II	KAT IIIA	< KAT IIIA	
J - A	93.5	3.2	2.9	0.4	
07-23	93.2	3.0	3.3	0.5	
23-07	94.2	3.6	2.1	0.1	
M - A	98.9	0.4	0.5	0.2	
07-23	98.8	0.4	0.6	0.2	
23-07	99.0	0.5	0.4	0.1	
S - D	94.8	2.9	2.1	0.2	
07-23	94.6	2.8	2.3	0.3	
23-07	95.2	3.1	1.6	0.1	
ÅR	95.7	2.2	1.8	0.3	
07-23	95.5	2.1	2.1	0.3	
23-07	96.1	2.4	1.4	0.1	

De modellberegnete frekvensene er angitt med 1 desimal for eventuelle videre beregninger. Desimalen er ikke et uttrykk for nøyaktigheten i resultatene. Usikkerheten i sesongverdiene er større enn i årsverdiene. Se forøvrig kap. 3.1.2.

Hovedtrekkene i sesongfordelingen er at det er lavere frekvenser av lav sikt om sommeren (mai - august) enn resten av året. Døgnfordelingen forteller at frekvensen av lav RVR er større om dagen enn om natta, hvilket skyldes forskjellen i bakgrunnsbelysningen.

3.3. Rullebanesikt og sidevind.

De forskjellige kategorier av flyforhold er her definert ut fra rullebanesikt alene. I tillegg til dårlig sikt kan sidevind redusere den værmessige tilgjengeligheten. Fra en flyoperativ synsvinkel er det interesse for følgende alternativer:

KAT I	+ vindkrav :	RVR \geq 550 m	&	s.v. \leq 16 m/s
KAT II	+ vindkrav :	350 m \leq RVR $<$ 550 m	&	s.v. \leq 5 m/s
KAT IIIA	+ vindkrav :	200 m \leq RVR $<$ 350 m	&	s.v. \leq 5 m/s
< KAT IIIA	+ vindkrav :	RVR $<$ 200 m		
	+ 200 m \leq RVR $<$ 550 m	&	s.v. $>$ 5 m/s	
	+ RVR \geq 550 m	&	s.v. $>$ 16 m/s	

s.v. er sidevindkomponent normalt på rullebaneretningen.

Det er foretatt vindmålinger på Spydeberg Varde på en snauhøgde kulle ca 250 m o.h., nivå 10m over bakken. Resultatet for perioden mai 1971 - april 1972 er gitt i Appendiks B3, tabell B.4. Tilsvarende periode for Rygge er gitt i tabell B.5. Tabellene B.6 og B.7 viser perioden 1961-75 for hhv. Rygge og Hurum-Stikkvannskollen, der målinger fra 1989 er normalisert til perioden 1961-75.

Ut fra dette har vi beregnet gjennomsnittsvinden på Hobøl til 1.13 ganger gjennomsnittsvinden på Rygge og 0.80 ganger gjennomsnittsvinden på Hurum.

200 m $<$ RVR \leq 550 m på Hobøl svarer omtrent til 45 m $<$ MOR \leq 55m på Hurum-Stikkvannskollen (350 moh.). Alle vindverdier som også har sikt i dette intervallet benyttes derfor i en frekvensfordeling. For å omregne fra Hurum til Hobøl multipliseres vindhastigheten med en faktor 0.80, og en 30° retningsdreining (med urviseren) fra Hurum til Hobøl (tabellene B.4 og B.7, Appendiks B3) legges inn.

Tabell 3.5 viser en slik tabell.

Vi kan nå bestemme sidevindkomponentene i forhold til angitte baneretninger og angi hvor hyppig slike komponenter overstiger 10 knop (5 m/s). Dette gjøres ved å ta den relative andel av tabell 3.5 som har slike komponenter og deretter multiplisere denne med frekvensen av antatt RVR-verdi mellom 200 og 550 m fra tabell 3.4, 4.0 %.

Tabell 3.5.

Beregnete verdier av frekvensfordelt vind på Hobøl ved 200 m $RVR \leq 550\text{ m}$. Tabellen er framkommet ved å telle opp alle observasjoner av vindhastighet på Stikkvannskollen i 1989 ved sikt (MOR) mellom 45 og 55m. Vindhastighetene [m/s] er redusert med faktor 0.8. Vindretningen er dreiet 30° med urviseren.

DD (°)	0.10 .99	1.00 -1.99	2.00 -2.99	3.00 -3.99	4.00 -4.99	5.00 -5.99	6.00 -6.99	7.00 -7.99	8.00 -8.99	9.00 -9.99	10.00 -10.99	11.00 -11.99	12.00 -12.99	13.00 -13.99	SUM
010	2	9	4												15
020	2		5												7
030			8	3											11
040	1		6	8		2									17
050	1	1	9	9	12	5									37
060		5	12	10	7	1									35
070	1	2	13	5	1										22
080	1	1	2		1										5
090	2	2	3												7
100	2	4	3												9
110	1	5	5	1											12
120	2	4	5												11
130		3	2	1											6
140		2	2												4
150	1	5	5												11
160		1	5	1											7
170		2	3	2	5	7	5	3							27
180		4	3	10	7	14	7	10	1						49
190		2	6	9	16	7	8	12	3						63
200		5	16	15	21	35	37	21	18	10	5	3	2		188
210		4	25	23	27	63	83	57	38	19	6	4	2	1	352
220		5	23	22	61	56	28	14	21	26	17	14	9		296
230		9	23	11	31	21	10	10	25	25	20	11	3		199
240	2	4	3	4	19	1		1			1	1	1		37
250		1													1
260															0
270	1														1
280	1														1
290			1												1
300	1														1
310			1												1
320															0
330	1	1	4												6
340		2	5	1											8
350	1	5	2	3	1										12
360	1	5	4												10
SUM	24	93	208	138	209	212	171	128	106	80	49	33	17	1	1469

Beregningene skissert ovenfor er utført for aktuelle baneretninger fra 120, 135, 160, 190, 205 og 215° og resultatene er gitt i tabell 3.6. Usikkerhetene er framkommet ved å legge inn øvre og nedre grense for prosentsetsatsen for RVR mellom 200 og 550 m, her er brukt 3 og 5%. Det er dessuten lagt inn en usikkerhet på $\pm 10^\circ$ retningsbestemmelse på Hobøl, samt $\pm 10\%$ på vindhastighetene. For 205°-alternativet er beregnet verdi lavere enn 0.1%, men er trukket opp til dette tall fordi den skarpe grensen på 240° (tabell 3.5) for vind med lav sikt gir utslag ved bare små vindretningsfeil. Den meget skarpe grensen på 240° kan feks. skyldes lokale forhold rundt målestasjonen på Stikkvannskollen.

Tabell 3.6.

Årsfrekvens av sidevindkomponenter (s.v.) høyere enn 5 m/s ved $200 \text{ m} \leq \text{RVR} < 550 \text{ m}$ på 5 forskjellige flyplassalternativer i 190 m's nivå på Hobøl.

Baneretning	Frekvens av sidevind (%)	Usikkerhetsintervall
120/300°	2.0	[1.4-2.6]
135/315°	2.0	[1.4-2.6]
160/340°	1.2	[0.7-1.7]
190/010°	0.4	[0.2-0.6]
205/025°	0.1	[0.0-0.3]
215/035°	0.1	[0.0-0.2]

Tabell 3.6 viser at det er svært lave frekvenser av sidevind over 5 m/s dersom baneretningen legges langs dominerende vindretning ved lav sikt, som ser ut til å være 215°. Legges den derimot på tvers blir frekvensene store, allerede ved en vinkel på 20° begynner bidragene å vokse.

Når også sidevind regnes med i vurdering av værmessig tilgjengelighet, med de kriterier som er satt opp innledningsvis i dette kapitlet, blir resultatet som vist i tabell 3.7.

Kommentar : En viktig oppgave for et eventuelt måleprosjekt blir å fastlegge den dominerende vindretning ved lav sikt med størst mulig nøyaktighet, slik at forholdet mellom regularitet og masseforflytning/fyllinger blir optimalt.

Tabell 3.7.

Frekvenser av Kategori I-, II-, IIIA-forhold på Hobøl i tidsrommet 1957-89, når man har tatt hensyn til at aktuell sidevindkomponent (i forhold til 205°) er begrenset oppad til 5 m/s for RVR under 550 m. Kolonnen til høyre viser i hvor stor del av tiden forholdene er dårligere enn Kategori IIIA eller når sidevind og redusert sikt i kombinasjon ikke er akseptabel. Se forøvrig tabelltekst til tabell 3.4.

HOBØL				
FREKVENSER (%) AV RULLEBANESIKT OG SIDEVIND				
1957-1989	KAT I + vindkrav	KAT II + vindkrav	KAT IIIA + vindkrav	< KAT IIIA + vindkrav
J - A	93.5	3.1	2.9	0.5
07-23	93.2	2.9	3.3	0.6
23-07	94.2	3.5	2.1	0.2
M - A	98.9	0.4	0.5	0.2
07-23	98.8	0.4	0.6	0.2
23-07	99.0	0.5	0.4	0.1
S - D	94.8	2.8	2.1	0.3
07-23	94.6	2.7	2.3	0.4
23-07	95.2	3.0	1.6	0.2
ÅR	95.7	2.1	1.8	0.4
07-23	95.5	2.0	2.1	0.4
23-07	96.1	2.3	1.4	0.2

4. VINDSKJÆR OG TURBULENS.

Ausland (6) har påpekt 4 problemområder for flygning under turbulente forhold/flygning ved vindskjær.

- 1) Komfort og kabinsikkerhet.
- 2) Strukturelle påkjenninger.
- 3) Retnings- og stillingskontroll av et luftfartøy.
- 4) Luftfartøyets yteevne.

4.1. Komfort og kabinsikkerhet. Strukturelle påkjenninger. Retnings- og stillingskontroll av et luftfartøy.

Dette er problemområder som knytter seg til turbulens. Komfort og kabinsikkerhet er relatert til passasjerer og besetning. Under turbulente forhold tar flyet opp hurtige og skiftende bevegelser. Dette kan være ubehagelig og under visse forhold farlig for personer inne i flyet. Kabinopplevelsene er avhengig av turbulensforholdene, flytype, vekt, samt flyhastighet og tiltak flygeren treffer ved flygningen. Vanligvis skal det benyttes en "turbulence penetration speed", en hastighet som ikke kan være for høy pga. de sterke aksellerasjoner som da vil oppstå. Hastigheten må imidlertid alltid overskride steilehastigheten.

Ut fra vurderinger omkring designkrav vedrørende vestre rullebanealternativ på Gardermoen (7), har en kommet fram til at slike krav vil være tilfredsstillt ved alle vindforhold på Gardermoen. Denne konklusjonen kan uten videre overføres til Hobøl fordi turbulensforholdene ganske sikkert er svakere der. Imidlertid vil en landing i skyggen av åser (Spydeberg Varde) kunne gi noen ubehageligheter. Et hovedpoeng her er at slike forhold er knyttet til områder med vindskjær. Tiltak for å unngå slike områder vil da også bidra til at man unngår turbulens.

4.2. Luftfartøyets yteevne.

Ved signifikant endring av horisontal vindhastighetskomponent langs flybanen eller ved vertikal hastighetskomponent forskjellig fra 0, vil flyets høyde endres dersom ikke spesielle tiltak settes i verk. Dette kan være svært alvorlig og har vært medårsak i mange flyulykker. Ved flygning i lav høyde inn/ut fra en del flyplasser må slike vindskjærssoner ofte krysses.

Kraftoverskuddet flyet må ha defineres gjennom en F-faktor, se lign. (2). Ligningen er ment som en forenklet illustrasjon.

$$F = \frac{dV_s}{gdt} - \frac{V_w}{V_t} \quad \text{lign. (2)}$$

Her er dV_s endringen av horisontal motvindkomponent, V_s , i flybanens retning over tiden, dt . V_w er nedoverrettet vertikalvindkomponent og V_t flyhastigheten "initial groundspeed".

Som ligningen viser, forbrukes kraftoverskuddet (negativ F), dersom man flyr inn i en sone med økende medvind eller avtagende motvind (negativ dV_s/dt , eller nedoverrettet vertikalvind (positiv V_w). [Fortegniskonvensjonene kommer av at en benytter flyet som referansepunkt og definerer V_w som "downdraught" (nedslagsvind).]

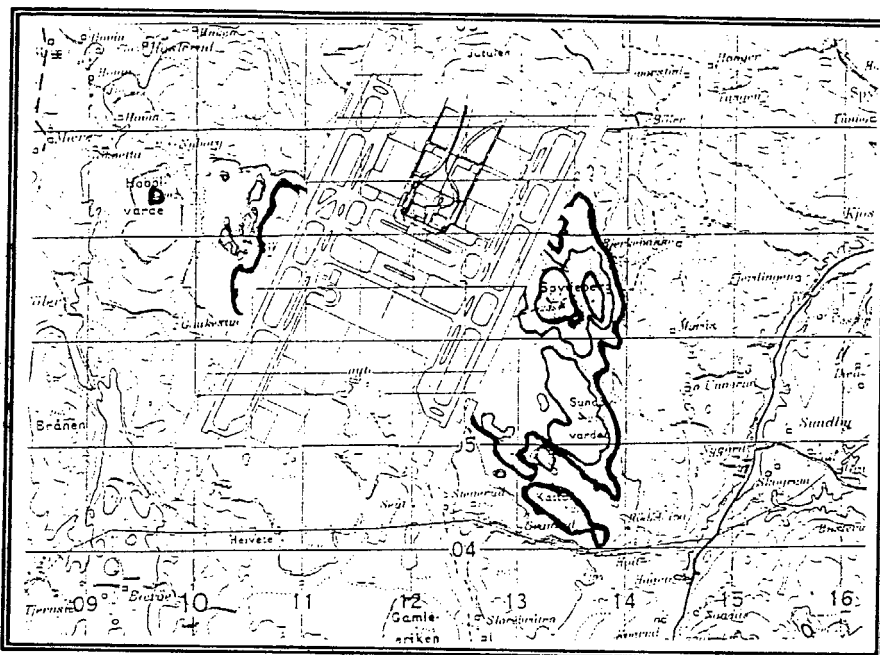
Dersom vindskjær i form av en økende medvindskomponent oppleves nær landingsøyeblikket, blir resultatet lett harde landinger selv om vindskjæret ikke er så stort at det er fare for sikkerheten.

4.2.1. Vindskjær ved rullebaneretning 205/025°.

Virkning av Spydeberg varde.

Figur 4.1 viser det planlagte flyplassalternativet med rullebaneretning 205/025°. Dette alternativet har en lengdeakse omtrent som dominerende vindretning og har en gunstig sikt og sidevindkombinasjon (kap. 3.3). Plasseringen på Hobølhøyden er generelt god, vindskjær- og turbulensmessig sett. Imidlertid viser Figur 4.1 at det er mulig å bygge plassen slik at Spydeberg Varde blir stående som idag. Dette medfører at vind i sektor 050 - 190° vil gi eksponering av deler av rullebanen, mens andre deler vil ligge i vindskyggen av varden.

Toppen av Spydeberg Varde blir liggende 65 m høyere enn rullebanen i en avstand på ca 200 til 1500 m. En må straks advare mot skråninger som er brattere enn 25° for å unngå uheldige separasjonseffekter og turbulensforhold. Dette medfører en minimumsavstand fra der helningen begynner og opp til toppen på 165 m. I tillegg kommer sikkerhetsavstand mellom banekant og start på helningen. Dette vil i praksis si at man må unngå avskjæringer av skråningen opp mot Spydeberg Varde, dersom man da ikke ønsker å fjerne hele åsen.



Figur 4.1

Kart over Hobbølområdet med inntegning av et flyplassalternativ med baneretning 205/025° og med nåværende Spydeberg Vardes plassering i forhold til dette.

La oss forsøke en tankegang som gir plassering av rullebanen 300 m fra åssidens "startpunkt", dvs. totalt 500 m fra toppunktet. Skråningen i dette terrenget tilsier et vindprofil mellom 0 og 60 m over bakken, som ligner på forholdene ved Trugstad (8) (0-200 m over bakken). Flybevegelse langs banen, f.eks. landing fra sør ved vind fra nordøst (030-080°) vil trolig gi vind på banen sør for Spydeberg varde som er like sterk som det som måles på varden, dvs., ca. 3% av tida over 5 m/s og 0.3% over 10 m/s (tabell B.4). Denne kan komme til å bli redusert til bare 1-3 m/s i skyggen av Spydeberg varde. Vindredukskjonen kan komme over få hundre meters horisontal lengde. Ved f.eks. 200 m flygelengde og 50 m/s, gjennomflys dette på 4 sekunder. Dette vurderes til å gi mulighet for harde landinger.

Det samme forhold vil gjøre seg gjeldende ved sørlig vind og innflygning fra nord på østre bane, selv om disse vindretningene er mindre hyppige.

Problemet kan reduseres ved at rullebanene enten trekkes 1 km mot vest i forhold til figur 4.1 eller ved at Spydeberg varde fjernes ved utbyggingen.

5. REFERANSER

1. 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
2. Yngvar Gjessing, Arvid Skartveit, Kåre Utaaker :
Vurdering av sikt- og vindforhold på Hurumåsen.
Meteorological report series
Universitetet i Bergen
Rapport nr.1-1990
3. Lars Andresen :
Siktforhold på Hurumlandet.
DNMI-rapport 28/87 KLIMA
1.september 1987
4. Alf Larsson :
Rullebaneanalys-RVR. Verknningen av økt lysintensitet i senterlinje og/eller kantlys på RVR.
Rapport for LV/Hovedflyplassprosjektet
August 1990
5. Lars Andresen og Per Ove Kjensli :
Gardermoen-prosjektet.
Meteorologiske målinger pr. 31. august 1991.
DNMI-rapport 37/91 KLIMA
21.oktober 1991
6. Ausland, K.:
Hovedflyplass - Gardermoen - vindforhold.
Luftfartsverket, Notat /KA/LV/SPP/, 7.10.91.
Oslo 1991.
7. Harstveit, K. og Andresen, L.:
Hovedflyplass - Gardermoen.
Vindforhold.
DNMI-rapport 42/91 KLIMA
Oslo 1991.
8. Gjessing, Y. og Skartveit A.:
Sodarmålinger av vindskjær i atmosfærens grenselag rundt Gardermoen. Rapportutkast.
Universitet i Bergen, 1991.
9. Quenzel H., Ruppertsberg G.H. and Schellhase R.:
Calculations about the systematic error of visibility-meters measuring scattered light.
Atmospheric Environment Vol.9, pp 587-601.
Pergamon Press 1975.

APPENDIKS

APPENDIKS A. ESTIMERING AV SIKTFREKVENSER PÅ HOBØL

A1. MODELL FOR OMREGNING AV SIKTFREKVENSER

Siktfrekvenser i 350 m-nivå på Hurum ble omregnet til høydenivå 290 m, basert på observasjoner fra Stikkvannskollen og St.Hansberget (1). Det ble også foretatt en tilsvarende omregning basert på skyhøydedata for Rygge og siktobservasjoner på Stikkvannskollen (2). Følgende omregningsformel ble benyttet :

$$V(H_1) = B \cdot [B^{1.5} \cdot V(H_2)^{-1.5} - (H_2 - H_1)]^{-2/3} \quad (\text{formel A.1})$$

eller motsatt :

$$V(H_2) = [V(H_1)^{-1.5} + (H_2 - H_1) \cdot B^{-1.5}]^{-2/3} \quad (\text{formel A.2})$$

V er sikten i høydenivå H1 eller H2 og B er en konstant som bl.a. er avhengig av topografi og vegetasjon. B varierer også med grad av orografisk eksponering. Det vil si : En mer markert ås som gir betydelig kondensasjon ved heving av fuktig luft og således senkning av skybasis, gir en høyere B-verdi enn en mindre markert ås.

Metodikken i (1) og (2) er identiske, eneste forskjell er at B-faktoren i omregningsformelen er hhv. 2242 og 2000. Førstnevnte passer bedre for lokale høydeforskjeller på Hurum, mens B=2000 trolig passer bedre ved overgang til Rygge, og dermed Hobøl.

Forsøk har vist at B=1900 passer best for Landvetter. Med kombinasjon B-faktor/siktkorreksjon, synes også B=1900 å passe for Hobøl (A3, tabell A.1 og A4, tabell A.2).

I A4 (tabell A.3) er vist hvordan sikten (MOR) endrer seg ved forflytning nedover i et tykt skylag.

A2. TOPOGRAFI OG SKJERMING

Vinden aksellereres over høydedrag. Dersom vegetasjonen er omtrent den samme, fører dette til en strømlinjekonvergens som er større dess brattere terrenget er (inntil en grense på ca. 30°). Strømlinjekonvergens er da mest markert over Hurum, mindre på Hobøl og minst markert på Landvetter.

Ved økende strømlinjekonvergens avtar bakgrunnsturbulensen. Turbulensen blir derfor større på Hobøl enn på Hurum, og størst på Landvetter. Dess høyere turbulens, dess mer avsetning av dråper på underlaget. Derved minker dråpetettheten og sikten bedres. Følgelig bedres sikten mest på Landvetter og noe mindre på Hobøl, sammenlignet med Hurum.

I tillegg vil den lokale turbulensen, som skyldes skjerming fra skog og høyereliggende terreng nær innpå flyplassområdet, være

forskjellig på de nevnte steder. På Hurum er det en markert stigning opp mot flyplassområdet fra alle retninger, hvilket gir minimale skjermingseffekter. På Landvetter er det høyereliggende terreng øst og sør for flyplassen og dessuten vest og sørvest for landingssonen i nord. Terrenget er skogbevokst og dette gir en øket skjermingseffekt. Se forøvrig en mer detaljert terrengbeskrivelse for Landvetter i Appendiks C.

En del av tåkelufta passerer altså skog og høyereliggende terreng, før den når fram til landingssonen i nord. Den offisielle siktstatistikk fra SMHI gjelder dette området av flyplassen. Fordi terrenget i tåkeførende sektor stiger noe brattere opp mot Hobøl enn på Landvetter, blir den lokale turbulensen litt mindre der.

Siden vindhastigheten på Spydeberg varde er 80% av vindhastigheten på Hurum, er det rimelig å tenke seg at turbulensintensiteten på Hobøl er $1/0.8 = 1.25$ ganger verdien på Hurum. Dette er da et rimelig tall for siktforbedringen mellom Hobøl og Hurum etter at det er korrigert for høydeforskjellen på de 2 steder.

Vi antar etter dette at de totale skjermingseffekter på Hobøl, sammen med effekten av ulik strømlinjekonvergens, er slik at sikten må økes med 20-25% i forhold til Hurum (forutsatt samme dråpetetthet i skyene). På Landvetter antar vi at sikten må økes med 30-35% i forhold til Hurum.

A3. MODELLPARAMETRE FOR Å BESKRIVE SIKTFORHOLD PÅ LANDVETTER

Avstanden mellom Hurum og Hobøl er relativt kort, sammenlignet med avstanden til Landvetter (230 km). Vi vil likevel benytte samme metodikk og se om det er samsvar mellom observerte siktfrekvenser på Hurum og Landvetter, ut fra de vurderingene som er gjort om terreng og vegetasjon foran i dette kapitlet. På grunn av den store avstanden må en regne med at omregningsformelen må tilpasses noe, for å ta hånd om de usikkerheter som eksisterer.

Før man kan foreta noen sammenlikning med de observerte frekvenser på Landvetter, må man se til at forutsetningene for en sammenlikning er oppfylt. I utgangspunktet er dette ikke tilfelle på grunn av ulik rullebanebelysning og forskjellige måleinstrumenter. Se Appendiks C4.

Etter at de nødvendige korreksjoner er foretatt, får man resultatene i tabell A.1.

Tabell A.1.

Beregnete siktfrekvenser på Landvetter, basert på observert sikt i 350 m-nivå på Hurum og $B=1900$ i omregningsformelen. Etter omregning til Landvetters høydenivå er sikten korrigerert opp 30%, pga. turbulens- og skjermingseffekter, og til slutt er det foretatt en korreksjon på 25% for å få sammenlignbare forhold mellom målingene på Hurum/Gardermoen og Landvetter.

LANDVETTER	RVR < 200 m	RVR < 350 m	RVR < 550 m
observert	0.01 %	0.3 %	1.7 %
lyskorrigerert	0.04 %	0.5 %	2.0 %
beregnet	0.03 %	0.6 %	1.7 %

Når man også tar i betraktning at en del av tåken på Landvetter er advektert strålingståke, så vil adveksjonståken ha frekvenser som ligger noe under de lyskorrigererte verdiene i tabell A.1. Den store avstanden mellom Hurum og Landvetter tatt i betraktning, har man her funnet en modelltilpasning som godt beskriver siktforholdene på Landvetter.

Dette gjør at vi senere kan benytte Landvetter i vurderingen av usikkerheten i resultatet for Hobøl.

A4. MODELLBEREGNINGER FOR HOBØL / LANDVETTER

Beregnete siktfrekvenser på Hobøl, basert på observert sikt i 350 m-nivå, med $B=1900$ og 2000 i omregningsformelen er presentert i tabell A.2. Etter omregning til Hobøls høydenivå er sikten korrigerert opp med 20-25%, pga. ulik topografi og skjermingseffekter. I tabell A.3 er presentert endringene i MOR fra utgangspunktet i 350 m-nivå til forskjellige nivåer nedover i skylaget, og med siktkorreksjoner på hvert enkelt nivå.

Tabell A.2.

Beregnete siktfrekvenser på Hobøl med $B=1900$ og 2000 i omregningsformelen og en siktkorreksjon på 20-25%.

B-verdi	Korr.	RVR < 200 m	RVR < 350 m	RVR < 550 m
1900	25 %	0.2 %	1.9 %	4.2 %
1900	20 %	0.3 %	2.1 %	4.3 %
2000	25 %	0.3 %	2.3 %	4.7 %
2000	20 %	0.3 %	2.5 %	4.9 %

Tabell A.3.

Omregning av MOR fra 350 m-nivå (Hurum) til 190- og 150 m-nivå (hhv. Hobøl og Landvetter), med (suksessive) siktkorreksjoner på hvert nivå. - betyr at man befinner seg under skybasis. I omregningsformelen er brukt $B=1900$.

MOR [m] 350 moh	MOR [m] 190 moh	MOR [m] + 20 %	MOR [m] 150 moh	MOR [m] + 30 %	MOR [m] + 25 %
30	39	46	42	55	68
35	49	59	56	72	90
40	63	75	75	98	122
45	81	97	108	140	175
50	108	129	180	234	293
55	155	186	905	1176	1471
60	275	330	-	-	-
65	-	-	-	-	-

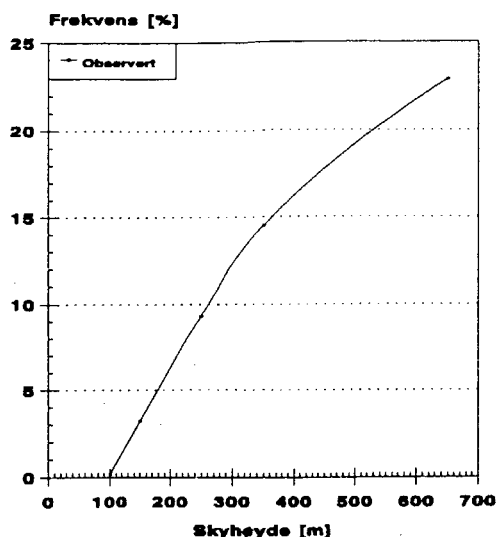
APPENDIKS B. RYGGE / HOBØL

B1. SKYHØYDESTATISTIKK FOR RYGGE

Skyhøydestatistikk fra lavlandet, presentert kumulativt, under forutsetning av at mengden av lavere skyer $\geq 5/8$, gir et godt bilde av tåkeforholdene på nærliggende høydedrag, som er godt eksponert for skyer som driver inn over området. F.eks. viser skyhøydekurver fra Fornebu en frekvens av skyer med skybasis under 530 m, på 23%. Observert tåke (meteorologisk sikt < 1000 m) på Tryvasshøgda i samme tidsrom er 24.4% (1). Tilsvarende kan vi lese ut av skyhøydekurver fra Fornebu og Rygge en frekvens av skyer med skybasis under 290 m, på 11.5-13%, for tidsrommet 1957-86. Her er det beregnet en frekvens av MOR <550 m (tilsvarer meteorologisk sikt < 1000 m) på Hurum på 13.5%. Ved terrenghøyder på 300-500 m er observert frekvens av tåke 1.5-2% mer enn det skyhøydekurvene angir, noe som sannsynligvis skyldes at fuktig luft, nær metning, pga. orografisk effekt danner skyer lokalt over høydedraget. Ved terrenghøyder på 150-200 m er trolig forskjellen mellom tåkefrekvens og skyhøydekurververdi bare 1%.

Figur B.1 viser skyhøydekurven for Rygge for tidsrommet 1957-91. Den viser en frekvens av skyer med skybasis under 190 m, på 6%. Ut fra det som er nevnt ovenfor vil vi forvente en tåkefrekvens på Hobøl på 7% for tidsrommet 1957-91, med en usikkerhet på $\pm 1\%$.

Skyhøydekurver fra Rygge og Säve (Rygge 1977-91, se tabell B.1, Säve 1977-91, se figur C.3) viser at det er 1.5% mer adveksjonståke på høydedragene i 150 meters høyde innenfor Rygge enn innenfor Säve. Frekvensen av skyer med skybasis over 150 m øker kraftig med høyden. Skyhøydekurver (Rygge 1977-91 ikke vist her) viser således at man må regne med 4.5% mer adveksjonståke på Hobøl (190 m o.h.) enn på Landvetter (150 m o.h.) i tidsrommet 1977-91.



Figur B.1.

Kumulativ fordeling av skyhøydefrekvenser under 650 m over Rygge for tidsrommet 1957-91. Rygge har en høyde på 50 m over havets nivå. Frekvensen av ikke-observerbar skyhøyde pga. tåke og tett snødrev er ikke medregnet.

Av datamaterialet fra SMHI har vi statistikk for tidsrommene 1977-91 og 1989-91. Disse tidsrom vil vi også benytte for Rygge i tillegg til 1957-91 og 1967-91. Vi kan da sammenligne de siste 35 år, 25 år og 15 år. Skyhøydestatistikk for ulike perioder er vist i tabell B.1.

Tabell B.1.

Skyhøydefrekvenser [%] for tidsrommene 1957-91, 1967-91, 1977-91 og 1989-91 for Rygge, basert på $n_h \geq 5/8$.

HØYDE OVER HAVET [m]	1957-91*	1967-91	1977-91	1989-91
< 100	0.2	0.2	0.3	0.7
< 150	3.2	4.0	4.3	5.2
< 250	9.3	10.4	11.4	13.4
< 350	14.5	15.5	16.6	18.7
< 650	22.9	24.2	26.0	26.9
h = /	5.5	5.1	4.9	3.4

*Korrigert pga. litt forskjellig observasjonspraksis før 1965 ($n_h=9$ ga noen tilfelle av $h=0-2$, til dels også $h=3-4$. Fra 1965 ga $n_h=9$ utelukkende $h=/$).

Tabellen viser at det har vært en liten økning, ca 1.5%, i frekvensen av skyhøyder under 200 m o.h. fra 1957-91 til 1977-91. Mengden av ikke-observerbar skyhøyde har holdt seg på 5-5.5%, bortsett fra den siste 3-års perioden. Konsekvensen av dette er at tåkehypigheten på Hobøl også har økt med ca 1.5% i samme

tidsrom. Vi har ikke tatt hensyn til dette, da man ikke kan være sikker på at klimaet vil endre seg i en slik retning.

B2. VURDERING AV TÅKETETTHET PÅ HOBØL.

Det er i hovedsak adveksjonståke / advektert skytåke som nedsetter sikten på Hobøl. Sikten er bestemt av mange forskjellige faktorer. En av disse er områdets beliggenhet i forhold til skybasis for skyene som driver inn over området. Inntil en viss høyde over skybasis vil det være slik at jo høyere beliggenhet i forhold til skybasis, desto lavere sikt. Når det er nedsatt sikt både på Hurum og Hobøl, forutsatt samme skysystem og samme skybasis, vil Hobøl ha bedre sikt enn Hurum fordi Hobøl ligger nærmere skybasis. Fordi Hobøl i noen tilfelle vil ligge under skybasis, samtidig som Hurum ligger innhyllet i skyer, vil Hobøl ha en lavere tåkefrekvens enn Hurum. Tabell A.3 illustrerer dette forholdet. Ved sikt (MOR) på 60 m i 350 m-nivå får man 275 m MOR i 190 m-nivå, og har man MOR=65 m i 350 m-nivå, befinner man seg under skybasis i 190 m-nivå.

Vi kan altså slå fast at det er langt sjeldnere tåke på Hobøl enn på Hurum. Og når et sammenhengende skysystem gir tåke på Hobøl og Hurum samtidig, så vil sikten være mindre nedsatt på Hobøl enn på Hurum.

Gardermoen har en årsfrekvens av tåke på 5%, som er noe lavere enn forventet verdi på Hobøl. Gardermoen har omtrent like mye strålingståke som adveksjonståke, men adveksjonståken har en noe annen karakter enn advektert skytåke omkring Oslofjorden. Den orografiske effekten (dominerende på Hobøl) er mer effektiv enn avkjølingseffekten (dominerende på Gardermoen) til å redusere sikten. Det fører til at tåken på Gardermoen ikke blir så tett som i et eksponert område for advektert skytåke. På den annen side vil tett skog nær opp til rullebanene på Hobøl, i samme høydenivå, føre til at sikten bedres noe når luften strømmer skrått inn mot rullebanen.

Vi må etter dette anta at frekvensene av lav sikt (mindre enn 300 m meteorologisk sikt) på Hobøl, vil ligge mellom tilsvarende for Hurum og Gardermoen, og nærmest Gardermoen.

Vi vil se hva dette resonnementet fører til om vi sammenligner observert frekvens av RVR under hhv. 200, 350 og 550 m med meteorologisk sikt under 1000 m. Tabell B.2 viser dette forholdet for Gardermoen og Hurum.

Tabell B.2.

Forholdet mellom observert RVR < 200 m, 350 m, 550 m og MVR < 1000 m på Gardermoen og Hurum.

1957-88	GARDERMOEN	HURUM
RVR200/MVR1000	0.1/4.9 = 2 %	2.7/13.5 = 20 %
RVR350/MVR1000	0.9/4.9 = 18 %	8.6/13.5 = 64 %
RVR550/MVR1000	1.7/4.9 = 35 %	11.0/13.5 = 81 %

En skjønnsmessig vurdering av tilsvarende forholdstall for Hobøl, basert på 1/4 av differansen mellom Hurum og Gardermoen, gir hhv. ca 5, 30 og 45%.

Med en årsfrekvens av MVR < 1000 m på 7%, får vi resultatet i tabell B.3.

Tabell B.3.

Estimat for siktfrekvenser på Hobøl, basert på skyhøydestatistikk fra Rygge og instrumentelle observasjoner fra Gardermoen og Hurum.

RVR < 200 m	RVR < 350 m	RVR < 550 m
0.4 %	2.1 %	3.2 %

Forholdstallet 1/4 er i denne vurderingen antatt konstant over hele RVR-intervallet. Dette er neppe helt korrekt, tallet er trolig noe lavere for lav RVR og høyere for høy RVR. Konsekvensen av dette er vesentlig at RVR < 550 m på 3.2% er for lavt anslått ved denne metoden. Vi har ikke gått videre inn på dette siden det er resultatene fra beregningsmodellen (kap. 3.1.1) som er benyttet i den videre analysen.

Tabell B.6.

Relativ frekvens [%] av vindstyrke i Beaufort, fordelt på 30-graders sektorer, for Rygge 1961-1975.

DD (°)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	SUM
350-010		3.7	4.2	4.0	2.0	0.3	0.0	0.0						14.2
020-040		2.7	3.5	3.4	1.8	0.1	0.0							11.5
050-070		1.3	2.0	1.9	0.6									5.8
080-100		0.9	1.5	1.3	0.4	0.0								4.1
110-130		1.5	1.5	1.3	0.6	0.0	0.0							4.9
140-160		1.2	2.1	1.6	0.8	0.1	0.0							5.9
170-190		1.3	2.8	4.4	4.0	0.8	0.2							13.4
200-220		0.9	3.0	6.2	6.4	1.4	0.2	0.0						18.0
230-250		0.8	1.6	2.0	1.0	0.1	0.0							5.5
260-280		0.7	1.1	0.9	0.5	0.1	0.0							3.3
290-310		0.8	1.1	1.1	0.5	0.1	0.0	0.0						3.6
320-340		1.5	1.4	1.2	0.7	0.1	0.0							5.0
Stille	4.8													4.6
SUM	4.8	17.4	25.7	29.1	19.3	3.2	0.5	0.0						100.0

Tabell B.7.

Relativ frekvens [%] av vindhastighet i m/s, fordelt på 30-graders sektorer, for Stikkvannskollen 1961-1975, normalisert fra målinger i 1989.

DD (°)	0	0.1	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	SUM
		2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	
350-010		0.9	2.9	2.0	0.4	0.1				6.2
020-040		1.4	4.8	4.0	1.1	0.1				11.4
050-070		0.9	3.4	3.2	1.0	0.1				8.7
080-100		0.7	1.8	1.5	0.6	0.1	0.0			4.6
110-130		0.6	1.3	1.0	0.4	0.1	0.0			3.4
140-160		0.5	1.2	1.2	0.7	0.3	0.1	0.0		4.0
170-190		1.2	4.2	5.6	4.1	1.8	0.5	0.1	0.0	17.5
200-220		1.4	5.2	6.2	3.8	1.2	0.2	0.0		18.0
230-250		0.8	2.7	2.5	1.1	0.2	0.0			7.3
260-280		0.7	1.9	1.5	0.5	0.1	0.0			4.7
290-310		0.7	2.2	1.9	0.7	0.1	0.0			5.6
320-340		1.0	3.0	2.4	0.7	0.1				7.2
Stille	1.3									1.3
SUM	1.3	12.1	34.6	33.0	15.1	4.3	0.9	0.1	0.0	100.0

Beaufort 0 svarer til 0.0- 0.2 m/s

- 1 0.3- 1.5
- 2 1.6- 3.3
- 3 3.4- 5.4
- 4 5.5- 7.9
- 5 8.0-10.7
- 6 10.8-13.8
- 7 13.9-17.1
- 8 17.2-20.7

APPENDIKS C. SÄVE / LANDVETTER

C1. OMRÅDEBESKRIVELSE

Landvetter ligger ca 230 km sørsørøst for Hobøl. Flyplassen ligger på et skogbevokst høydeplatå ca 150 m over havet. Avstanden til kysten er 75 km mot sør, 28 km mot sørvest og 26 km mot vest. Rullebanen har retning 030-210°. Visuell og instrumentell sikt representerer den nordlige del av flyplassen.

Nærterreng.

Selve flyplassen er anlagt på en nokså flat kolle. På begge sider av rullebanen, bortsett fra en mindre del i sør, er terrenget jevnhøyt eller litt høyere enn selve flyplassen. Det vokser barskog 200-300 m fra rullebanen og landingssone nord ligger derfor noe skjernet for adveksjonståke som driver inn over plassen fra alle retninger, med unntak av en smal sektor omkring 210-220°. Landingssone sør har en mer fri beliggenhet for tåkeskyer og vind i sektor sør til vest.

I noe større avstand faller terrenget av mot V.Ingsjön i sør (57 m o.h.), Nordsjön og Östersjön (74 m o.h.) i sørvest og mot jernbanen i sektor nordvest til nordøst (60-70 m o.h.). Mot øst og sørøst er det jevnhøyt terreng i en avstand av 3 km fra flyplassen. Mot vest faller terrenget bare svakt av. Se figur C.1.

Fjernterreng.

Sør og sørvest for Ö. og V.Ingsjön stiger terrenget bratt opp mot et meget kupert skogsområde med høyder opp mot 150 m i den vestre delen, 175 m i den østre delen. Disse åsene ligger 6-7 km fra flyplassens sørlige del og har en siktskjermende effekt for Landvetter i adveksjonståke fra sør. Også i en sektor omkring sørvest, sør-sørvest-vest for Nordsjön og Östersjön, er det et svært kupert skogsområde med høyder over 100 m i en avstand av 5-10 km fra flyplassen. Her kommer de lave tåkeskyene mer uhindret frem til flyplassen. Se figur C.1. Også i større avstander har terrenget høyder på omkring 100 m i sørvest og vest, helt ute ved kysten (Sandsjöbacka naturreservat), 20-25 km unna og høyder på 125 m i sør, 30 km unna. Dette betyr at platået som Landvetter ligger på har en stor utstrekning med bare svakt skrånende terreng i retning av Kattegat, og flyplassen ligger langt inne på platået.



Figur C.1.

Kart over flyplassområdet på Landvetter. Koter for 150 m og 125 m er tegnet med hhv. rødt og blått. Flyplassen har rullebaneretning 030-210°. Avstanden mellom hver rute på kartet er 1 km. Ekvidistansen er 5 m.

Tåkeforholdene.

Når skyer med skybasis under 150 m-nivå driver inn mot Landvetter, er dråpetettheten i skylagets nedre del betydelig redusert på grunn av intersepsjon på vegetasjonen. Terrenget modifierer skylaget, og en må anta at lokal skybasis meget sjelden blir liggende under 100-125 m o.h. i nærheten av flyplassen. I tillegg kommer den helt lokale skjermingen av landingsområdet i nord. En kan derfor ikke vente stor hyppighet av lave siktverdier på Landvetter. Landingsområdet i sør mangler den lokale skjermingen og det vil her være noe større hyppighet av lave siktverdier enn i nord. Men generelt er det terrengets fjernpåvirkning som setter nivået på den sikt som observeres på Landvetter ved adveksjonståke.

Strålingståke dannes ytterst sjelden på selve flyplassen. I klarvær med sterk utstråling og ellers forhold for tåkedannelse, vil tåken kunne legge seg i dalsenkningene omkring flyplassområdet. Dersom tåken f.eks. når 100 m over Nordsjön, Östersjön, V.Ingsjön og Ö.Ingsjön, kan den drive inn over flyplassen med et vinddrag fra sør eller sørvest. Også tåke over vannene vest, nord og nordøst for flyplassområdet kan drive inn over Landvetter og gi nedsatt sikt i høst- og vintermånedene (fra slutten av august til første del av april). Slik advektert strålingståke utgjør en betydelig del av den totale tåkehyppighet. Se C2.

C2. SKYHØYDESTATISTIKK FOR SÄVE

Det foreligger statistikk fra SMHI over skyhøyde på Säve for periodene 1977-1991 og 1989-91. Tabell C.1 viser at det ikke har vært nevneverdige forskjeller i skyhøydefrekvenser i de to periodene.

Tabell C.1.

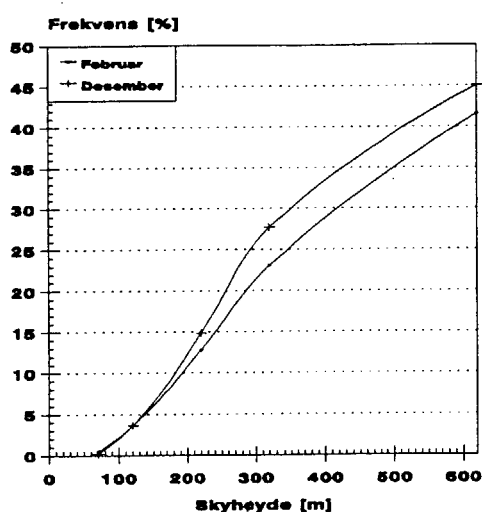
Skyhøydefrekvenser [%] for tidsrommene 1977-91 og 1989-91 for Säve.

HØYDE OVER HAVET [m]	1977-91*	1989-91*
< 70	0.2	0.3
< 120	1.6	1.6
< 220	7.5	6.8
< 320	15.2	14.7
< 620	30.1	29.7

*I statistikken for Säve mangler hhv. 6.0% og 8.1% av dataene for hhv. 1977-91 og 1989-91. Frekvensene i tabellen er beregnet av antall tilgjengelige data.

Av SMHI på Landvetter har vi fått opplyst at tåkehyppigheten i en 6-7-års periode for de to tåkerikeste månedene, februar og desember, var hhv. 17 og 16% (basert på METAR-data), med en fordeling av adveksjonståke+strålingståke på hhv. 8+9% og 10+6%. Dette viser at strålingståke utgjør en betydelig del av den totale tåkehyppighet på Landvetter.

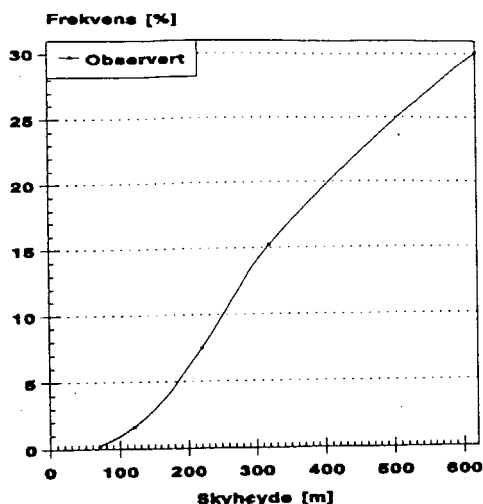
I figur C.2 er vist skyhøydekurvene for Säve for månedene februar og desember, for tidsrommet 1977-91. Disse viser en frekvens av skyhøyder under 154 m på 6.5%. Ut fra tidligere erfaring (1), vil vi estimere frekvensene av adveksjonståke til 7.5%. Observerte tåkefrekvenser på Landvetter i dette tidsrom er hhv. 12.8 og 13.2%, dvs. at strålingståken utgjør hhv. 5.3 og 5.7%, dvs. et forhold mellom adveksjonståke og strålingståke som ikke adskiller seg mye fra de vi fikk opplyst fra SMHI på Landvetter.



Figur C.2.

Kumulativ fordeling av skyhøydefrekvenser under 600 m over Säve for månedene februar og desember i tidsrommet 1977-91. Säve har en høyde på 20 m over havets nivå. Frekvensen av ikke-observerbar skyhøyde pga. tåke og tett snødrev er ikke medregnet.

Av skyhøydekurven for Säve for hele året, 1977-91, figur C.3, finner vi en frekvens av skyhøyder under 154 m på 3%. Vi estimerer at adveksjonståken utgjør 4% og strålingståken 2.5% av den totale tåkefrekvens på ca 6.5%. Vi har ingen opplysninger om siktfordelingen i de to tåketyper.

**Figur C.3.**

Kumulativ fordeling av skyhøydefrekvenser under 620 m over Säve for tidsrommet 1977-91. Säve har en høyde på 20 m over havets nivå. Frekvensen av ikke-observerbar skyhøyde pga. tåke og tett snødrev er ikke medregnet.

C3. SIKTSTATISTIKK FOR LANDVETTER

Det foreligger statistikk fra SMHI over RVR på Landvetter for perioden 1988-1991 (litt over 3 år). Visuell sikt er observert i perioden 1977-91. Tabell C.2 viser at det ikke har vært nevneverdige forskjeller i siktfrekvenser i de to periodene.

Tabell C.2.

Årsfrekvenser (%) av meteorologisk (visuell) sikt på Landvetter i periodene 1977-91 og 1989-91.

LANDVETTER	1977-91	1989-91
MVR < 1000 m	6.6	6.3
< 900 m	6.2	6.0
< 800 m	5.6	5.6
< 700 m	5.1	5.2
< 600 m	4.7	4.8
< 500 m	4.3	4.4
< 400 m	3.7	3.8
< 300 m	2.8	2.9
< 200 m	1.4	1.4
< 100 m	0.1	0.1

Når det ikke er forskjeller i meteorologisk sikt i de to periodene, går vi ut fra at frekvenser av observert RVR i den korte perioden, har gyldighet for hele tidsrommet 1977-91. Akkumulert fordeling av RVR er vist på figur C.4.

Det kan ikke påvises at siktfrekvenser i tidsrommet 1977-91 ville vært nevneverdig forskjellig fra tilsvarende frekvenser i tidsrommet 1957-91. Det er således ikke foretatt noen klimakorreksjon på dataene i tabell C.2 og da heller ikke på frekvensene av observert RVR.

C4. FORSKJELL I MÅLT RVR HURUM/GARDERMOEN OG LANDVETTER.

Lyskorreksjon.

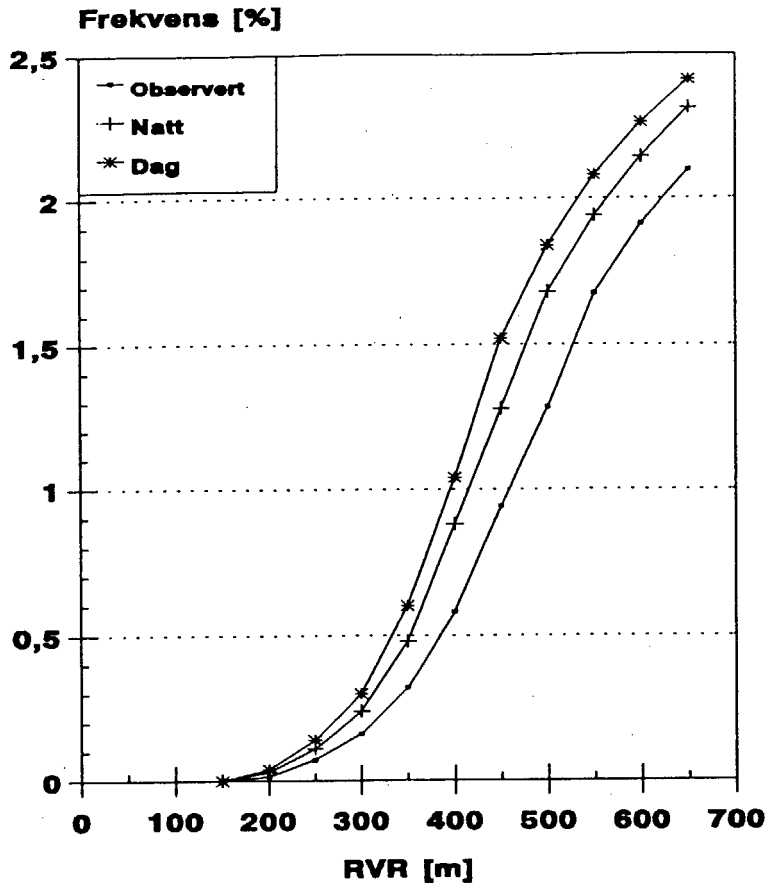
 En kan ikke direkte sammenligne målte verdier av RVR på f.eks. Gardermoen og Landvetter. På Gardermoen beregnes RVR ut fra kantlys med nominell lysstyrke på 20000 cd, senterlys med nominell lysstyrke 10000 cd. Beregningsprosedyren følger ICAO's retningslinjer med bruk av senterlys opp til 350 m RVR, kantlys fra 600 m RVR og oppover og med en lineær overgang imellom 350 og 600 m RVR.

På Landvetter brukes en nominell lysstyrke på kantlysene på 60000 cd. Kantlysene brukes til beregninger av RVR fra under 200 m og oppover (4) :

RVR = 200 m :	19800 cd
RVR = 300 m :	22800 cd
RVR = 400 m :	24000 cd
RVR = 500 m :	26400 cd
RVR = 600 m :	24000 cd

For å kunne sammenligne samme tåketetthet på Gardermoen og Landvetter, må RVR-observasjonene på Landvetter lyskorrigeres :

For forskjellige verdier av RVR med Landvetterlys beregnes en MOR-verdi for natt og dag (Allards lov, med $E_t = 10^{-6}$ og 10^{-4} for hhv. natt og dag). MOR-verdiene regnes om til RVR med bruk av lysstyrke 7000 cd (som for Hurum, etter RAE-metoden). Natt- og dag-kurvene tegnes opp. Disse er vist på figur C.4. Vi bruker midtverdien mellom natt og dag, ved lyskorreksjonen. Resultatet er vist i tabell C.3.



Figur C.4.

Kumulativ frekvensfordeling av RVR på Landvetter for perioden 1.11.1988-1.11.1991. Observasjonene er basert på nominell lysstyrke 60000 cd (i beregningene 19800-26400 cd). Korreksjon for nominell lysstyrke 20000 cd (i beregningene 7000 cd) er angitt med kurver for natt og dag.

Tabell C.3.

Observerte siktfrekvenser på Landvetter, med og uten lyskorreksjon.

LANDVETTER	RVR < 200 m	RVR < 350 m	RVR < 550 m
observert	0.01 %	0.3 %	1.7 %
lyskorrigert	0.04 %	0.5 %	2.0 %

Det er en relativt sterk økning av frekvensene for RVR < 200 m og RVR < 350 m, selv om det ikke slår mye ut i absolutte endringer i frekvensen. Det har likevel betydning for sammenligningen av måleresultater på Hurum/Gardermoen.

Andre RVR-korreksjoner.

 Ut fra det vi har sett av terrengforskjeller mellom Hobøl og Landvetter vil vi forvente et forholdstall mellom observert RVR og meteorologisk sikt under 1000 m på et nivå som ligger mellom Hobøl og Gardermoen, dvs. omkring 3, 25 og 40% for hhv. RVR200/MVR1000, RVR350/MVR1000 og RVR550/MVR1000. Tabell C.4 viser at de faktiske forholdstall ligger betydelig under dette, spesielt for RVR under 200 og 350 m.

Tabell C.4.

Forholdet mellom observert RVR < 200 m, 350 m, 550 m og MVR < 1000 m på Gardermoen og Landvetter (lyskorrigert).

	GARDERMOEN	LANDVETTER
RVR200/MVR1000	0.1/4.9 = 2 %	0.04/6.3 = 0.6 %
RVR350/MVR1000	0.9/4.9 = 18 %	0.5/6.3 = 8 %
RVR550/MVR1000	1.7/4.9 = 35 %	2.0/6.3 = 32 %

Det er en mulighet for at terrengskjermingen er spesielt stor på Landvetter og større enn det vi har regnet med, men det kan også være at forskjellen i måleinstrumenter på Hurum/Gardermoen og Landvetter kan føre til forskjellige transmittansmålinger i samme tåke. På Hurum/Gardermoen er brukt et transmissometer med sender og mottager adskilt med 45 m basislengde (Impulsphysik). På Landvetter er brukt et transmissometer, der sender og mottager sitter i samme enhet, og der speil plassert i forskjellig avstand til transmissometret, reflekterer utsendt lysstråle (ASEA).

Alle transmissometre er noe påvirket av foroverspredt eller tilbakespredt lys fra egen lysstråle (9). Fordi mottagerenheten i ASEA-instrumentet sitter svært nær senderenheten, er instrumentet trolig betydelig influert av tilbakespredt lys. Dette vil føre til at målt transmittans blir for høy, spesielt ved lave siktverdier (MOR < 100 m).

Som tabell C.4 viser er forskjellen mellom Landvetter og Gardermoen størst ved de laveste siktverdiene. Om vi nå forutsetter at terrengskjermingen på Landvetter er noe større enn først antatt, slik at de faktiske forholdstallene er like på Landvetter og Gardermoen, hva vil det bety av forskjell i faktisk målt RVR på de to flyplassene?

Med samme rullebanebelysning og samme instrumentering som på Gardermoen, vil vi da ut fra tabell C.4 og med samme prosedyre som i Appendiks B2, få følgende frekvenser for hhv. RVR < 200 m, 350 m og 550 m på Landvetter : 0.13%, 1.13% og 2.21%.

Vi går inn på frekvens-aksen med verdiene ovenfor i figur C.4. Der horisontal linje skjærer lyskorrigert verdi, midt mellom natt og dag, går vi loddrett ned til RVR-aksen. Da finner vi at

alle målte RVR under 255 m skulle vært under 200 m, alle målte RVR under 420 m skulle vært under 350 m og alle målte RVR under 605 m skulle vært under 550 m. Dette gir en forskjell (reduksjon) i målt RVR på hhv. 22%, 17% og 9% for RVR=200, 350 og 550 m, eller en økning på hhv. 28%, 20% og 10%.

Det er derfor rimelig å øke de modellberegnete frekvenser for RVR<200 m og RVR<350 m på Landvetter med 25%, for å få de faktisk observerte frekvenser på Landvetter (lyskorrigert). Dersom det ikke eksisterer noen forskjell mellom målt RVR på Landvetter og Gardermoen, må Landvetter være betydelig mer skjermet enn vi har regnet med, og de modellberegnete frekvensene må likevel økes med 25% for å kunne beskrive forholdene på Landvetter.

C5. VINDSTATISTIKK FOR LANDVETTER

Tabell C.5.

Relativ frekvens [%] av vindhastighet i m/s, fordelt på 8 hovedretninger (45-graders sektorer), for Landvetter 1977-1991.

RETNING	0	0.1	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	SUM
N		0.8	3.2	2.3	1.2	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	7.9
NØ		0.6	3.7	3.5	2.1	0.8	0.2	0.0	0.0		10.9
Ø		0.5	4.4	3.1	1.3	0.3	0.1	0.0	0.0		9.8
SØ		0.8	6.3	4.7	1.3	0.3	0.1	0.0	0.0		13.4
S		0.9	5.6	4.5	2.4	1.0	0.3	0.1	0.0	0.0	15.0
SV		1.0	5.5	6.6	4.8	2.3	0.8	0.2	0.0	0.0	21.3
V		1.0	3.5	4.1	3.0	1.4	0.5	0.1	0.0	0.0	13.7
NV		0.9	2.9	1.4	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1
Stille	1.9										1.9
SUM	1.9	8.4	35.3	30.3	16.8	6.6	2.1	0.5	0.1	0.0	100.0