



**DNMI**

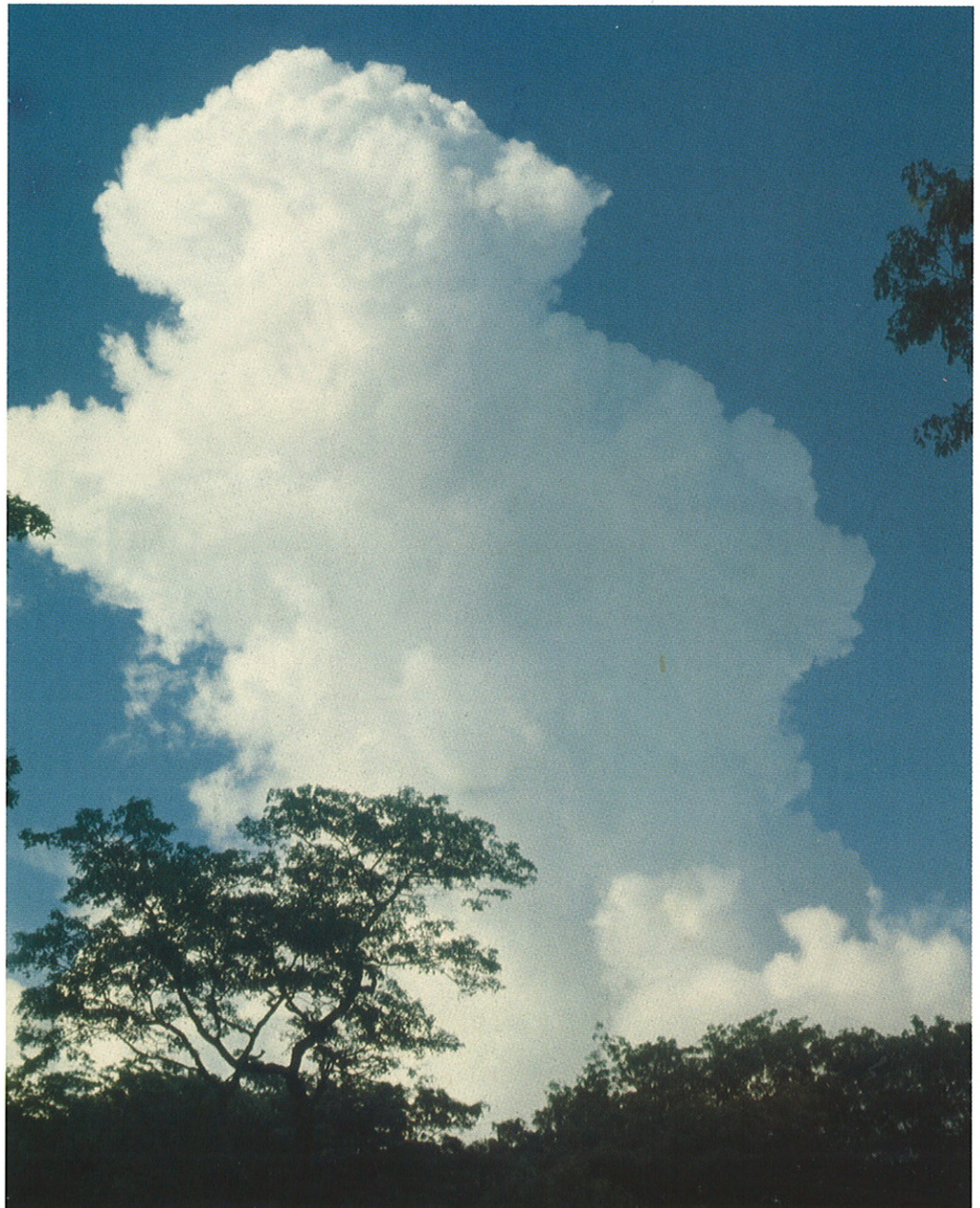
Det norske meteorologiske institutt

# Greipstad og Lyngdal FM/TV – sendere. Klimalaster

**Knut Harstveit**

RAPPORT NO. 02/01

# KLIMA



# DNMI-RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT  
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO 3  
TELEFON: 22 96 30 00

ISBN 0805-9918

RAPPORT NR.

02/01 KLIMA

DATO

30.03.01

TITTEL

**Greipstad og Lyngdal FM/TV – sendere.  
Klimalaster**

UTARBEIDET AV

**Knut Harstveit**

OPPDRAKSGIVER

**Norkring**

OPPDRAKSNR.

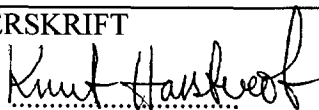
SAMMENDRAG

Ekstremverdier av vind og islaster for FM/TV – senderne Greipstad, Kristiansand S og Lyngdal er estimert. Som datagrunnlag er benyttet vindmålinger fra Oksøy fyr, Lista og Lindesnes og kommuneverdier fra ny norsk vindstandard. Dataene er satt i sammenheng med målinger fra Stord og Vealøs, samt estimeringer for Bjerkreim.

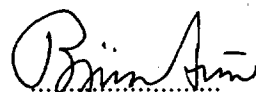
Islastene er vurdert i hht. ny internasjonal islaststandard. Islastene er satt i sammenheng med lastene på Vealøs, Hovdefjell og Bjerkreim og er en kombinasjon av erfaringsgrunnlag og kjennskap til skyhøyden ved temperatur 0 til  $-10^{\circ}\text{C}$  omregnet fra observasjoner fra Kjevik og Lista flyplasser, samt Oksøy fyr.

Det er gitt verdier med 1 og 50 års returperiode og kombinasjonslaster er gitt i tråd med anbefalinger fra ny islaststandard

UNDERSKRIFT



**Knut Harstveit**  
SAKSBEHANDLER



**Bjørn Aune**  
FAGSJEF

## SAMMENDRAG

### Vindhastigheter

Ekstremvind med 10 – 100 års returperiode er gitt i tabeller under for Greipstad og Lyngdal FM/TV – sendere. For 1 års returtid kan 50- års verdien av samtlige vindhastigheter multipliseres med 0.75.

z [m]	U <sub>10min</sub> [m/s]			U <sub>1min</sub> [m/s]			U <sub>3-5s</sub> [m/s]			Turbulensparametre		
	10 år	50 år	100 år	10 år	50 år	100 år	10 år	50 år	100 år	I <sub>u</sub>	Gf <sub>3-5s</sub>	Gf <sub>1min</sub>
10	19.4	21.5	22.3	24.7	27.4	28.5	30.9	34.3	35.6	0.24	1.60	1.27
50	26.7	29.7	30.8	32.0	35.6	36.9	38.3	42.5	44.1	0.17	1.43	1.20
100	30.7	34.1	35.4	36.0	40.0	41.5	42.2	46.9	48.7	0.15	1.38	1.17
150	33.3	36.9	38.3	38.6	42.8	44.5	44.8	49.7	51.6	0.14	1.35	1.16
200	35.2	39.1	40.6	40.5	45.0	46.7	46.8	51.9	53.9	0.13	1.33	1.15
218	35.8	39.8	41.3	41.2	45.7	47.4	47.4	52.6	54.6	0.13	1.32	1.15
n	0.20	0.20	0.20	0.17	0.17	0.17	0.14	0.14	0.14	0.20		

Ekstremverdiene for Greipstad gjelder sektorene sørvest og vest. Ved sektor nordvest, nordøst, øst og sørøst kan det reduseres med en faktor 0.9 og ved nord, 0.8. Oppgitt turbulensintensitet gjelder forventet forhold ved ekstremvindbegivenheter. Ved moderat og middels sterk vind (5 – 15 m/s) kan det også forventes en rekke tilfelle med 6 til 9 % turbulensintensitet i topp av masta på dette stedet, mens verdier i området 3 til 5 % forventes mer sporadisk.

z [m]	U <sub>10min</sub> [m/s]			U <sub>1min</sub> [m/s]			U <sub>3-5s</sub> [m/s]			Turbulensparametre		
	10 år	50 år	100 år	10 år	50 år	100 år	10 år	50 år	100 år	I <sub>u</sub>	Gf <sub>3-5s</sub>	Gf <sub>1min</sub>
10	30.5	33.8	35.1	35.5	39.4	40.9	41.5	46.1	47.8	0.15	1.36	1.17
50	35.8	39.8	41.3	40.9	45.4	47.1	46.9	52.0	54.0	0.12	1.31	1.14
100	38.4	42.7	44.3	43.5	48.3	50.1	49.5	54.9	57.0	0.12	1.29	1.13
140	39.8	44.1	45.8	44.9	49.8	51.7	50.8	56.4	58.6	0.11	1.28	1.13
n	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.10		

Ekstremverdiene for Lyngdal gjelder sektorene sørvest, vest og nordvest. Ved sektor nordøst, øst og sørøst kan det reduseres med en faktor 0.9 og ved nord, 0.7. Oppgitt turbulensintensitet gjelder forventet forhold ved ekstremvindbegivenheter. Ved moderat og middels sterk vind (5 – 15 m/s) kan det imidlertid forventes en rekke tilfelle med 3 til 5% turbulensintensitet i topp av mast på dette stedet.

## Islaster

### Greipstad

Det velges ICR6 (10 m nivå) og høydefordeling  $\exp(0.007H)$ , hvilket gir en isvekt  $Im(H)$  pr. m lengde av slanke elementer på:

$$Im(H) = 8.3 \cdot e^{0.007H} \quad [kg / m]$$

der  $H$  [m] er høyden over bakken.

Istettheten settes til  $600 \text{ kg/m}^3$ .

Isbyggingen på tårnkonstruksjonen skjer mot øst – sørøst – sør – sørvest. Fra  $250 - 300^\circ$  og  $070$  til  $040^\circ$  faller utbyggingstykkelsen til 25% av tykkelsen i hovedsektor.

I tråd med anbefalinger fra ny islastnorm settes 1 års islast til 0.3 av 50 års last, regnet som vekt. Reduksjon av vindtrykket gjøres med 0.9 i topp av mast og 0.7 i 10 m nivå.

### Lyngdal

Det velges ICR7 (10 m nivå) og høydefordeling  $\exp(0.007H)$ , hvilket gir en isvekt  $Im(H)$  pr. m lengde av slanke elementer på:

$$Im(H) = 15 \cdot e^{0.007H} \quad [kg / m]$$

Istettheten settes til  $600 \text{ kg/m}^3$ .

Isbyggingen på tårnkonstruksjonen skjer mot sørøst – sør – sørvest – vest. Fra  $300 - 340^\circ$  og  $110$  til  $070^\circ$  faller utbyggingstykkelsen til 25% av tykkelsen i hovedsektor.

I tråd med anbefalinger fra ny islastnorm settes 1 års islast til 0.3 av 50 års last, regnet som vekt. Reduksjon av vindtrykket gjøres med 0.9 i topp av mast og 0.8 i 10 m nivå.

## 1. Innledning

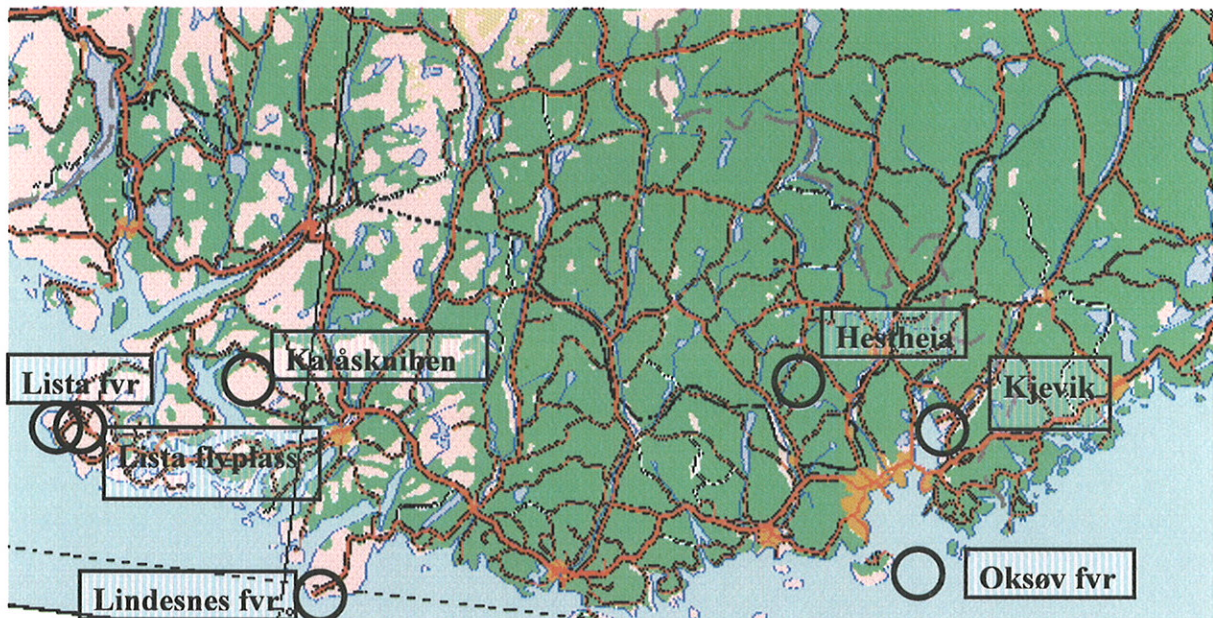
Bakgrunnen for denne henvendelsen er et ønske om oppdatering av klimalastene for anleggene, slik at disse er i tråd med nyeste informasjon vedrørende vindlaster og forslaget til ny vindlastnorm (1) og islastvurderinger er i følge forslaget til ny islastnorm (2).

## 2. Sted og topografi

Greipstad FM/TV - sender ligger på Hesteheia, 298 moh, sør i Songdalen kommune, ca. 12 km nordvest for Kristiansand S. Området består av lave åser med typisk høyde 200 - 300 moh og er skogbevakst. Masta er 218 m høy og rager da 516 m over havet, eller ca. 250 m over terrenget.

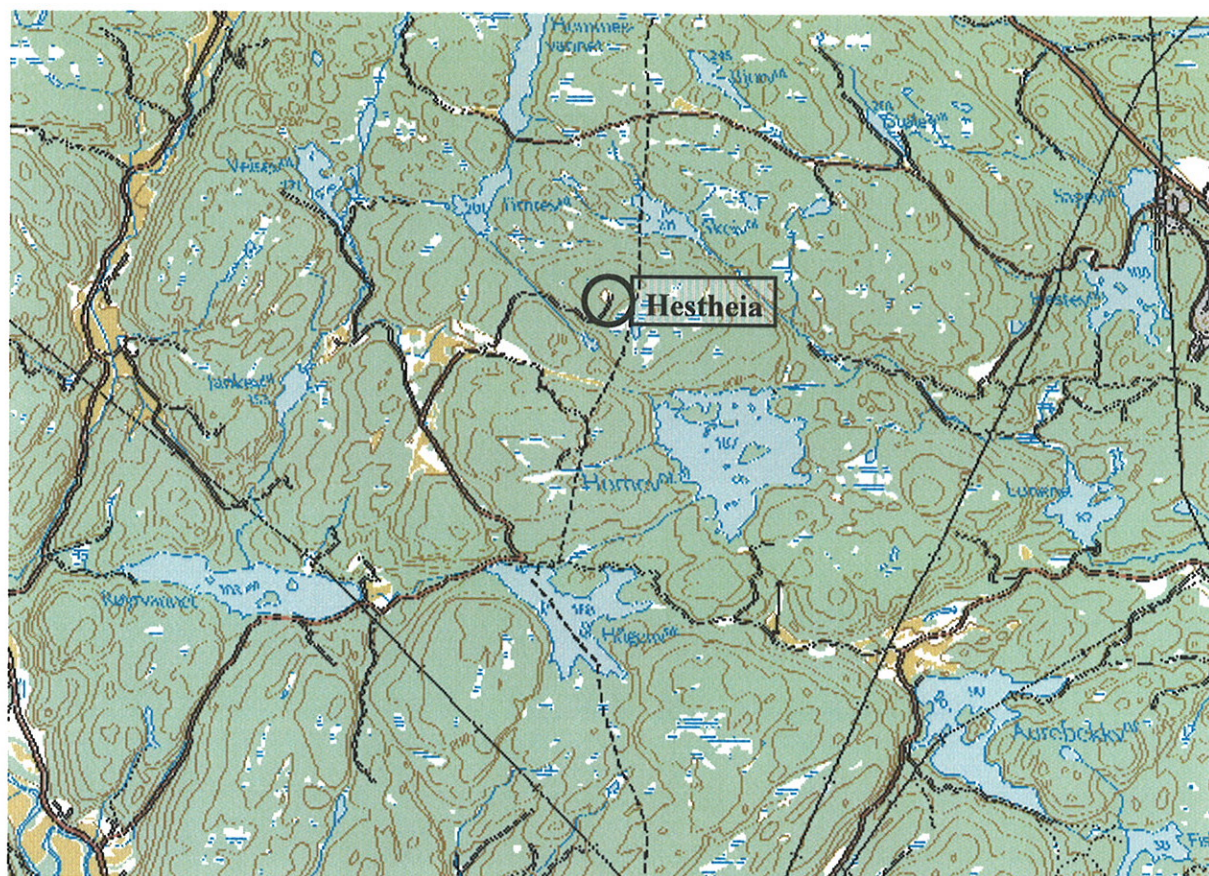
Kalåskniben, ligger i Lyngdal kommune, ca. 10 km nordvest for kommunesenteret. Selve toppen ligger 500 moh, mens tårnet er 140 m høyt. Dette området er fritt for skog over ca. 300 moh.

Begge anleggene ligger i Vest-Agder fylke, ca. 15 km innenfor kystlinjen. Kalåskniben ligger ca. 50 km vest for Greipstad. Kalåskniben tilhører i større grad det sørvestlige terrenget med mer nakne knauser enn tilfelle er på Greipstad.



**Figur 1.**

Kart over Sørlandet med regional plassering av Greipstad (Hesteheia) og Lyngdal (Kalåskniben) FM/TV – senere, samt værstasjonene Lista fyr, Lista flyplass, Lindesnes, Oksøy og Kjevik. Kilde: Statens kartverk: "Opplev Norge".



**Figur 2.** Kart i målestokk 1:50 000 over Greipstad (Hestheia) og Lyngdal (Kalåskniben)  
 FM/TV – senere Kilde: Statens kastverk: "Opplev Norge".

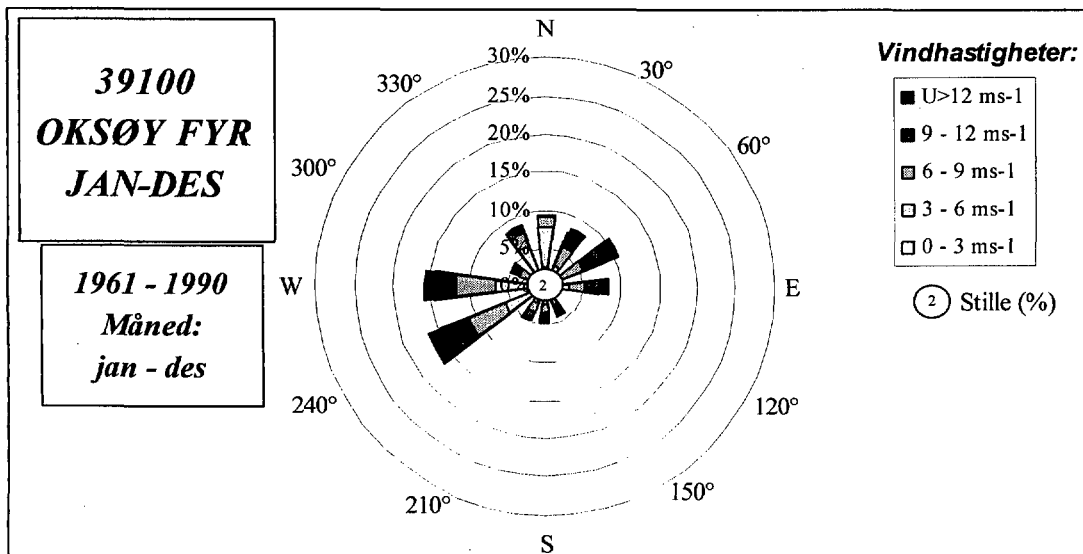
### 3. Datagrunnlag, resultater og diskusjon

#### 3.1 Vindklima

**Tabell 1**

*Frekvenstabell for Oksøy fyr*

Frekvenstabell: 39100 OKSØY FYR jan-des												År: 1961 til 1990			Weibul-parametre	
N = 43828 4 obs/døgn												Måned: jan til des				
Sekt. °	0-3 ms <sup>-1</sup>	3-6 ms <sup>-1</sup>	6-9 ms <sup>-1</sup>	9-12 ms <sup>-1</sup>	12-15 ms <sup>-1</sup>	15-18 ms <sup>-1</sup>	18-21 ms <sup>-1</sup>	21-24 ms <sup>-1</sup>	24-27 ms <sup>-1</sup>	27-30 ms <sup>-1</sup>	>30 ms <sup>-1</sup>	% sum	U ms <sup>-1</sup>	Std ms <sup>-1</sup>	α	β
360	2.6	5.1	1.4	0.2	0.0							9.3	4.30	1.94	2.29	4.66
30	0.9	2.3	2.5	1.7	0.8	0.2	0.0					8.4	7.26	3.48	2.10	8.48
60	0.5	1.9	3.1	2.9	1.5	0.5	0.1	0.0				10.5	8.60	3.54	2.64	10.05
90	0.9	2.2	2.3	1.6	0.9	0.4	0.1	0.0				8.3	7.65	3.87	1.90	8.89
120	0.2	0.5	0.5	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0				2.2	8.07	4.03	2.07	9.28
150	0.5	1.1	1.0	0.8	0.5	0.1	0.0					4.0	7.39	3.82	1.76	8.90
180	0.8	1.5	1.1	0.8	0.4	0.1	0.0	0.0				4.7	6.72	3.71	1.73	7.58
210	0.7	1.7	1.3	0.8	0.3	0.1	0.0	0.0				4.8	6.53	3.46	1.88	7.51
240	1.4	4.2	5.1	4.0	1.4	0.3	0.1	0.0	0.0			16.6	7.52	3.41	2.21	8.55
270	1.6	4.8	5.1	3.0	0.9	0.2	0.1	0.0	0.0			15.8	6.89	3.26	2.22	8.00
300	0.7	1.5	1.3	0.9	0.3	0.1	0.0	0.0				4.9	6.70	3.49	1.87	7.68
330	2.0	3.8	1.7	0.7	0.2	0.1	0.0					8.5	5.09	2.86	1.93	5.49
Skift												0.0				
Stille	2.1											2.1				
Sum	14.8	30.6	26.5	17.9	7.6	2.2	0.4	0.0	0.0			100.0	6.74	3.65	1.91	7.80



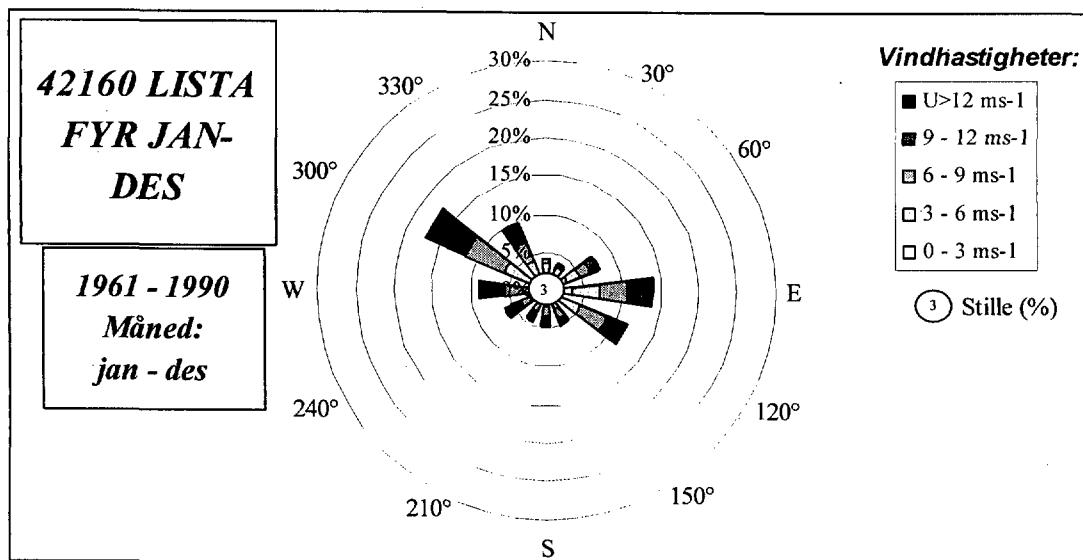
**Figur 3**

*Vindrose for Oksøy fyr*

Tabell 2

Frekvenstabell for Lista fyr

Frekvenstabell: 42160 LISTA FYR jan-des												År: 1961 til 1990			Weibul-parametre	
N = 43827 4 obs/døgn												Måned: jan til des				
Sekt. °	0-3 ms <sup>-1</sup>	3-6 ms <sup>-1</sup>	6-9 ms <sup>-1</sup>	9-12 ms <sup>-1</sup>	12-15 ms <sup>-1</sup>	15-18 ms <sup>-1</sup>	18-21 ms <sup>-1</sup>	21-24 ms <sup>-1</sup>	24-27 ms <sup>-1</sup>	27-30 ms <sup>-1</sup>	>30 ms <sup>-1</sup>	% sum	U ms <sup>-1</sup>	Std ms <sup>-1</sup>	α	β
360	2.1	1.6	0.4	0.1	0.0	0.0						4.2	3.29	2.63	1.54	3.42
30	2.1	1.1	0.4	0.2	0.1	0.0						3.8	3.25	2.90	1.16	3.35
60	2.7	1.8	1.6	1.0	0.4	0.1	0.0	0.0				7.6	5.27	3.95	1.18	5.41
90	3.2	3.9	3.5	2.1	0.9	0.2	0.0	0.0				13.8	6.14	3.90	1.48	6.72
120	1.8	3.2	3.6	1.8	0.7	0.2	0.0	0.0				11.3	6.64	3.67	1.93	7.52
150	1.0	1.5	1.2	0.8	0.3	0.1	0.0		0.0			5.0	6.33	3.87	1.56	7.09
180	1.0	1.1	1.2	0.9	0.3	0.1	0.0	0.0				4.6	6.61	4.10	1.51	7.00
210	0.8	0.9	1.2	0.9	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0			4.4	7.25	4.31	1.91	8.66
240	1.0	1.2	1.5	1.2	0.7	0.3	0.1	0.0				6.1	7.81	4.55	1.91	9.52
270	1.5	1.7	2.2	1.9	0.9	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0		8.8	7.90	4.69	1.69	8.90
300	2.1	3.9	5.3	4.0	1.3	0.3	0.2	0.0	0.0			17.1	7.48	3.86	2.33	9.04
330	1.9	2.4	2.6	1.9	0.7	0.2	0.1	0.0				9.7	6.76	3.99	1.79	7.70
Skift												0.0				
Stille	3.4											3.4				
Sum	24.7	24.4	24.5	16.6	6.9	2.1	0.7	0.1	0.0	0.0		100.0	6.32	4.23	1.49	6.99



Figur 4

Vindrose for Lista fyr



De to anleggene ligger omtrent like langt fra kystlinjen og avstanden mellom dem er bare 50 km. Beliggenheten nær den sørligste delen av landet med hurtig variasjon av midlere kystlinje innenfor korte avstander, gjør at det likevel er noe endring i vindfeltene.

På Oksøy fyr rett utenfor Kristiansand er framherskende vindretninger sørvest - vest, samt nord til nordøst. Den sterkeste vinden kommer fra sørvest til vest. På Lista fyr utenfor Kalåskniben er framherskende vindretninger øst - sørøst og vest - nordvest. Fra sistnevnte sektor kommer også den sterkeste vinden. På Oksøy fyr er der en del tilfelle med svak nordlig vind, trolig som følge av svak nordøstvind som ledes ut fjorden innenfor. Vi legger også merke til at sørlig vind er meget sjelden på begge stasjonene, men når denne forekommer, kan den bli forholdsvis sterk. Vind fra nord er svak begge steder fordi området som helhet er skjermet av Langfjella. Det kan antas at vinden på anleggene innenfor ligner en del på vinden på de nærliggende fyrstasjonene, men at vinden nær bakken, særlig på det skogdekkede området rundt Greipstad, er lavere. I toppen av anleggene blåser det ventelig noe mer enn på fyrstasjonene.

I toppen av Greipstadmasta vil nok øst - sørøst og sørvest - nordvest dominere. Den sterkeste vinden kommer ventelig fra vest i toppen av masta, men denne er mer bremsset i nedre del, slik at sørvest - vinden der er sterkest.

### 3.2 Ekstremvind

Data fra Stord (3) angir 52-54 m/s (mastefot 715 m over havet, mastehøyde 120 m over fjelltopp), fra Vealøs (4) ved Skien (mastefot 500 m over havet, mastehøyde 150 m over fjelltopp), 38 m/s. Terrenget rundt Vealøs er skog. På Bjerkheim (5), 548 m over havet, er det ut fra resonnementer kommet fram til 45 m/s i mastetoppen, 122 m over terreng. Terrenget er der mer nakent.

Ut fra dette er det rimelig at ekstremvinden på toppen av anlegget på Kalåskniben skal ligge opp mot verdien for Bjerkheim og på Greipstad opp mot verdien for Vealøs.

Ifølge ny vindstandard (1) ligger kommuneverdiene på 26 m/s for Søgne og Kristiansand og 24 m/s for Songdalen og Vennesla. Hestheia ligger nær nær krysningpunktet mellom disse kommunene, og 25 m/s er en rimelig antagelse. Med kommuneverdi menes ekstremvind med 10 minutter midlingstid, 10 m over bakken og 50 års returtid. Verdien gjelder referanse-terreng, dvs. et flatt terreng med ruhet 0.05 m. På Hestheia ansees terrenget røft sett som flatt, dog med en viss form for konkavitet. Dette gjør det rimelig å regne 0.15 m som ruhet.

I Lyngdal er kommuneverdien 26, Farsund 28 og Kvinesdal 24 m/s. Verdien ved Kalåskniben i Lyngdal og nær øvrige grenser vurderes derfor til 26 m/s. På Kalåskniben er terrengruheten omtrent som på et referanseterreng, dvs. som på et åpent område uten særlig vegetasjon. Denne toppen bør imidlertid også beregnes med "speed-up", dvs forsterkning av vindfeltet over toppen på grunn av strømlinjekonvergens. Dersom vi legger på en enkel "speed-up" - faktor på 1.30 for forsterkning av middelvinden i 10 m høyde og tilsvarende svekning av turbulensintensitet ( $1/1.30$ ), vil vi få 34 m/s i 10 m høyde, og tilhørende turbulensintensitet på 0.15.

Vi benytter følgende formelapparat i beregningssystemet:

$$u_{10\min}(10m) = C_t \cdot k_t \ln(10/z_0) \quad \text{lign.1}$$

der  $k_t=0.205$  for  $Z_0=0.15m$ , og  $0.19$  for  $Z_0=0.05m$ . Kastfaktoren for 3 s vindkast er gitt ved

$$gf_{3s}(10m) = \frac{2.5}{C_t \cdot \ln \frac{10}{Z_0}} + 1 \quad \text{lign.2}$$

og eksponenten for 10 min middelvind kan beregnes ved

$$n = \frac{0.26 \cdot Z_0^{0.14}}{C_t^2} \quad \text{lign.3}$$

der  $C_t$  er antatt "speed-up" koeffisient og  $n$  angir vindprofileksponent, bestemt ved tilnærmelser til logaritmeprofilet.

$$\frac{U_2}{U_1} = \left( \frac{Z_2}{Z_1} \right)^n \quad \text{lign.4}$$

Lign.3 er en forenkling av "speed-up" beregningen i vindstandarden, og begrunnes i at det er svært usikkert å beregne "riktig speed-up" i et ikke-idealiserert terreng. Bruk av lign.3 gir en betydelig mer moderat vindøkning med høyden når "speed-up" på 1.3 er lagt inn. Ligningen er foreløpig på forsøksstadiet. Lign 2 begrunnes i (6) og vindstandarden (1), lign (1) kommer fra standarden. Lign 3 uten  $C_t$  korreksjon er funnet ved kuvetilpasning mot logaritmiske vindprofiler.

Høydeøkningen for  $gf$  framkommer ved å la  $gf-1$  få eksponent  $-n$ . For beregning av 1 min vind benyttes 1.15 i stedet for 2.5 i lign.2. Overføringstall fra 50 til 100 år er 1.038 og til 10 år, 0.091. Når alle formlene er plassert i celler i et regne-ark, framkommer resultatet direkte ved å angi  $Z_0$ ,  $C_t$  og  $U_{ref}$ (kommuneverdi).

**Tabell 3**

*Ekstremvindforhold og turbulensparametre for Greipstad FM/TV - sender*

Ekstremvindforhold og turbulensparametre for Greipstad FM/TV - sender												
z [m]	$U_{10\min}$ [m/s]			$U_{1\min}$ [m/s]			$U_{3-5s}$ [m/s]			Turbulensparametre		
	10 år	50 år	100 år	10 år	50 år	100 år	10 år	50 år	100 år	$I_u$	$Gf_{3-5s}$	$Gf_{1\min}$
10	19.4	21.5	22.3	24.7	27.4	28.5	30.9	34.3	35.6	0.24	1.60	1.27
50	26.7	29.7	30.8	32.0	35.6	36.9	38.3	42.5	44.1	0.17	1.43	1.20
100	30.7	34.1	35.4	36.0	40.0	41.5	42.2	46.9	48.7	0.15	1.38	1.17
150	33.3	36.9	38.3	38.6	42.8	44.5	44.8	49.7	51.6	0.14	1.35	1.16
200	35.2	39.1	40.6	40.5	45.0	46.7	46.8	51.9	53.9	0.13	1.33	1.15
218	35.8	39.8	41.3	41.2	45.7	47.4	47.4	52.6	54.6	0.13	1.32	1.15
n	0.20	0.20	0.20	0.17	0.17	0.17	0.14	0.14	0.14	0.20		

Tabell 3 viser tydelig hvorledes den økte ruheten nedsetter middelvinden i 10 m nivået, mens en markert høydeøkning bringer middelvinden med 50 års returperiode opp i 40 m/s, hvilket passer godt med antagelsen om at vi skal nærme oss mot Vealøs – verdien på 38 m/s, ovenfra. Vi ser også at vindkastverdiene blir relativt høye i mastetoppen.

Ekstremverdiene for Greipstad gjelder sektorene sørvest og vest. Ved sektor nordvest, nordøst, øst og sørøst kan det reduseres med en faktor 0.9 og ved nord, 0.8 i overenstemmelse med anbefalinger i den nye standarden.. Oppgitt turbulensintensitet gjelder forventet forhold ved ekstremvindbegivenheter. Ved moderat og middels sterk vind (5 – 15 m/s) kan det imidlertid forventes en rekke tilfelle med 6 til 9% turbulensintensitet i topp av mast på dette stedet, mens verdier i området 3 til 5 % forventes mer sporadisk.

**Tabell 4**

*Ekstremvindforhold og turbulensparametre for Lyngdal FM/TV - sender*

Ekstremvindforhold og turbulensparametre for Kalåskniben, Lyngdal												
z [m]	U <sub>10min</sub> [m/s]			U <sub>1min</sub> [m/s]			U <sub>3-5s</sub> [m/s]			Turbulensparametre		
	10 år	50 år	100 år	10 år	50 år	100 år	10 år	50 år	100 år	I <sub>u</sub>	Gf <sub>3-5s</sub>	Gf <sub>1min</sub>
10	30.5	33.8	35.1	35.5	39.4	40.9	41.5	46.1	47.8	0.15	1.36	1.17
50	35.8	39.8	41.3	40.9	45.4	47.1	46.9	52.0	54.0	0.12	1.31	1.14
100	38.4	42.7	44.3	43.5	48.3	50.1	49.5	54.9	57.0	0.12	1.29	1.13
140	39.8	44.1	45.8	44.9	49.8	51.7	50.8	56.4	58.6	0.11	1.28	1.13
n	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.10		

Beregningene viser videre at 50 års –verdien i 10 m nivå for 10 min. middelvind på Kalåskniben er økt pga. ”speed-up”, men at en redusert høydeøkning bringer fram en kontrollert verdi i topp av mast.. Den er beregnet til 44 m/s, tett opp mot verdien for Bjerkreim. Det må selvfølgelig sies at usikkerheten ved bestemmelsen av ”speed-up” er meget stor, og at en har sjelt til sluttresultatet ved antagelsen om 1.3. Dog, 1.3 passer meget godt med det som man kan lese ut fra kart ved vestlig til nordvestlig vind, viss vi antar effektiv høydeforskjell på 200 m som stiger over ca. 1 km.

Ekstremverdiene for Lyngdal gjelder sektorene sørvest, vest og nordvest. Ved sektor nordøst, øst og sørøst kan det reduseres med en faktor 0.9 og ved nord, 0.7, i overenstemmelse med anbefalinger i den nye standarden. Oppgitt turbulensintensitet gjelder forventet forhold ved ekstremvindbegivenheter. Ved moderat og middels sterk vind (5 – 15 m/s) kan det imidlertid forventes en rekke tilfelle med 3 til 5% turbulensintensitet i topp av mast på dette stedet.

### 3.3 Atmosfærisk ising

#### 3.3.1 Datagrunnlag

**Tabell 5**

*Dato og værforhold fra Oksøy fyr for episoder med potensiell stor isingsfare.*

AAR	MND	DAG	TIM	DD	FF	FX	RR	TT	H	N
1957	3	17	18	100	12.3	12.3	26.2	0.7	x	9
1957	3	20	6	100	12.3	12.3	16.0	0.5	x	9
1958	1	12	6	140	15.4	19.0	31.3	2.6	x	9
1959	12	15	18	180	12.3	12.3	21.0	3.9	x	9
1960	2	3	18	160	15.4	15.4	21.5	1.5	x	9
1960	4	11	6	70	12.3	12.3	17.6	2.1	3	8
1960	11	22	6	60	12.3	12.3	18.0	0.2	x	9
1961	2	6	6	180	12.3	12.3	17.7	3.0	0	9
1961	12	5	6	100	12.3	12.3	22.9	4.1	x	9
1962	3	30	18	80	12.3	12.3	16.0	0.6	3	8
1965	12	18	6	120	12.3	15.4	43.4	1.0	x	9
1966	3	27	6	170	15.4	15.4	19.1	2.1	x	9
1970	1	10	6	140	12.3	15.4	29.8	-0.9	0	9
1970	2	22	18	120	12.3	15.4	21.4	-0.5	0	9
1972	3	4	18	140	11.3	19.0	17.3	2.4	3	8
1976	10	14	18	70	15.4	15.4	20.5	3.4	3	8
1977	2	19	18	50	10.3	15.4	36.0	2.0	3	8
1980	3	13	6	140	15.4	15.4	20.3	1.0	3	8
1981	12	24	6	70	19.0	19.0	17.2	-0.6	x	9
1982	3	15	12	180	10.3	10.3	17.0	4.2	x	9
1984	1	13	18	290	19.5	20.6	21.8	4.2	3	7
1987	3	26	0	70	11.3	15.4	22.6	0.3	x	9
1987	3	27	18	140	12.9	14.9	22.8	2.1	3	8
1987	11	22	12	40	10.8	10.8	17.7	3.4	3	8
1988	1	7	6	40	15.4	17.5	19.7	1.0	3	7
1988	1	7	0	40	16.5	19.5	17.4	2.5	3	8
1988	1	29	18	120	13.9	15.4	17.7	4.2	3	8
1988	1	29	12	120	14.9	15.4	15.8	4.9	3	8
1988	12	4	6	120	13.9	13.9	15.5	2.8	3	8
1988	12	5	0	30	12.9	13.9	15.7	1.6	3	8
1993	11	22	18	30	10.3	13.4	26.1	-0.6	3	8
1993	12	25	18	50	16.5	17.0	15.0	-0.6	3	8
1994	1	7	12	40	13.4	15.9	17.8	1.0	3	8
1995	2	22	18	220	14.9	15.4	15.5	4.7	3	8
1998	4	11	6	30	12.3	12.3	20.6	1.2	3	8
1998	4	13	0	40	12.3	15.9	22.0	0.8	3	8
1999	1	25	12	30	10.3	10.3	17.7	0.8	3	8

Det er foretatt et utvalg av data fra Oksøy fyr. Data hver 12. time av vindretning, DD, vindfart, FF, maksimal vindfart siste 6 t, FX, oppsamlet nedbør siste 12 timer, RR, lufttemperatur, TT, skyhøyde, H og skydekke, N er tatt ut under følgende betingelser:  $FF > 10$  m/s,  $RR > 15$  mm,  $-1 < TT < 5^{\circ}\text{C}$ ,  $H < 300\text{m}$  ( $< 4$ ) og  $N > 6/8$  ( $> 6$ ). Her betyr kombinasjonen  $H=x$  og  $N=9$  at skyhøyden og skydekket ikke er observerbart pga. tett tåke eller tett snøvær. Når dette forekommer sammen med store nedbørsmengder, kan vi anta at det er lavereliggende skyer slik at Greipstad - masta ligger inne i skydekket. Ved skybasis 300 m og vind over 10 m/s er temperaturforskjellen fra Oksøy til 500 m nivået typisk  $4^{\circ}\text{C}$ , dvs. at datauttaket dekker intervallet  $-5$  til  $+1^{\circ}\text{C}$  i mastetoppen. Derved beskriver værparameteruttaket tilfelle med lavt skydekke, overskyet vær, evt. med snø og tåke, vind over 10 m/s, samt at det faller en del nedbør, dvs. skyene er meget vannholdige. Som vi ser er vindretningen på Oksøy da typisk i sektor 030 til  $180^{\circ}$ . På toppen av Greipstadmasta er vindretningen trolig 070 til  $180^{\circ}$  fordi det ved nordøstlig vind ofte er varm luft i høyden og kaldluft under. Kaldluften sklir ned langs kysten, mens høydevinden blåser over fjellet som en øst til sørøstvind.

Tabellen viser også at det er ganske mange tilfelle med forhold som må betegnes som potensiell isingsfare i toppen av masta.

### Tabell 6

Forekomst av tilfelle med  $+3 < T < -7^{\circ}\text{C}$ ,  $FF > 10$  knop,  $H < 1000$  fot og  $N_H \geq 5/8$  på Kjevik (kolonne 2 og 3) og  $+3 < T < -3^{\circ}\text{C}$ ,  $FF > 15$  knop,  $H < 1500$  fot og  $N_H \geq 5/8$  på Lista flyplass (kolonne 4 og 5). Datagrunnlag 1996-2000.

DD	Kjevik		Lista flyplass	
	Frekvens	Timer pr. år	Frekvens	Timer pr. År
360	0.01 %	0.6	0.03 %	2.7
30	0.49 %	43.0	0.03 %	2.7
60	0.86 %	75.3	0.10 %	9.0
90	0.10 %	8.8	0.63 %	55.6
120	0.00 %	0.3	0.57 %	50.2
150	0.06 %	5.5	0.44 %	38.6
180	0.09 %	8.0	0.05 %	4.5
210	0.06 %	5.2	0.01 %	0.9
240	0.03 %	2.5	0.03 %	2.7
270	0.03 %	2.2	0.09 %	8.1
300	0.00 %	0.0	0.16 %	14.3
330	0.01 %	0.6	0.02 %	1.8
Sum	1.73 %	151.9	2.18 %	191.0

Det er nå valg ut en del kriterier som er såpass omfattende at det kan gi grunnlag for en retningsfordelt statistikk. Utvalget plukkes opp fraflyplassene Kjevik og Lista, og er tilpasset Greipstad og Kalåskniben. Det er valg ut antall tilfelle med lave skyer med skydekke  $5/8$  eller mer innenfor et temperaturintervall som gir isingsrisiko og med vind over en viss hastighet. For Kjevik er det er til sammen 150 timer pr. år som tilfredsstill kriteriene, men disse er selvfølgelig ikke absolutte, og antall endres med valg av vindstyrkegrense, valg av temperaturgrense og valg av skyhøydegrense. Men tabellen viser tydelig at de fleste tilfelle med ising i 500 m nivået kommer når vinden på Kjevik ligger på nordøst. Trolig er vinden i

høyden noe dreiet mot øst til sørøst i slike tilfelle. Dette pga. en forventet dreining både på grunn av friksjonsbremsning i nedre lag og føring av stabil luft langs kystlinjen i lavere lag. Indikasjonen om mye fuktig luft indikerer også at det er snakk om pålandsvind i høyden.

De to tabellene for Kjevik og Oksøy indikerer at mens over 80% av tilfellene med isingspotensiale kommer fra øst – nordøst, er sjansene for at vinden ligger i sektor sørøst til sør langt større når vi tar med tilfelle med sterk nedbør. Dette tyder på at skyene med stort vanninnhold og risiko for alvorlig ising, i enda større grad er knyttet til pålandsvind.

Tabellen for Lista flyplass viser at vindretningen her kommer fra øst til sørøst, og at sekundærmaksimumet på sør er flyttet til vest – nordvest.

Det er selvsagt ikke mulig å angi islaster direkte fra informasjon som listet over. Men det er mulig å benytte slik informasjon for å få fram en relativ fordeling over et område. Vi må da "hekte" verdien på steder vi har tro på, data for eller erfaring fra. Her passer det godt å benytte informasjon fra andre master i området, og omregne dette til isrikosoner ifølge ny istastnorm. Siden mastene strekker seg over store områder der høydefordelingen inneholder både endrede soner og endring på grunn av lokal eksponering, har vi valgt en noe annen eksponent for høydeformelen enn angitt i isingsnormen.

### 3.3.2 Islaster

Ut fra antakelser i 10 m nivået og islaster i mastetopp har vi da kommet fram til følgende anbefalinger:

#### Greipstad

Det velges ICR6 (10 m nivå) og høydefordeling  $\exp(0.007H)$ , hvilket gir en isvekt  $Im(H)$  pr. m lengde av slanke elementer på:

$$Im(H) = 8.3 \cdot e^{0.007H} \quad [kg / m]$$

der  $H$  [m] er høyden over bakken.

Istettheten settes til  $600 \text{ kg/m}^3$ .

Isbyggingen på tårnkonstruksjonen skjer mot øst – sørøst – sør – sørvest. Fra  $250 - 300^\circ$  og  $070$  til  $040^\circ$  faller utbyggingstykkelsen til 25% av tykkelsen i hovedsektor.

I tråd med anbefalinger fra ny islastnorm settes 1 års islast til 0.3 av 50 års last, regnet som vekt. Reduksjon av vindtrykket gjøres med 0.9 i topp av mast og 0.7 i 10 m nivå.

#### Lyngdal

Det velges ICR7 (10 m nivå) og høydefordeling  $\exp(0.007H)$ , hvilket gir en isvekt  $Im(H)$  pr. m lengde av slanke elementer på:

$$Im(H) = 15 \cdot e^{0.007H} \quad [kg / m]$$

Istettheten settes til  $600 \text{ kg/m}^3$ .

Isbyggingen på tårnkonstruksjonen skjer mot sørøst – sør – sørvest – vest. Fra  $300 - 340^\circ$  og  $110$  til  $070^\circ$  faller utbyggingstykkelsen til 25% av tykkelsen i hovedsektor.

I tråd med anbefalinger fra ny islastnorm settes 1 års islast til 0.3 av 50 års last, regnet som vekt. Reduksjon av vindtrykket gjøres med 0.9 i topp av mast og 0.8 i 10 m nivå.

#### 4. Referanseliste

- (1) **Norges byggstandardiseringsråd 3491**  
Norsk standard.  
Prosjektering av konstruksjoner. Dimensjonerende laster - Vindlaster  
Draft. Oslo 2000.
- (2) **ISO/TC 98/SC 3**  
Atmospheric Icing of Structures  
ISO/CD 12494. Draft. København 2000.
- (3) **Harstveit, K.:**  
Skien FM/TV kringkaster - Vealøs. Klimalaster. Sluttrapport for vindmåleprosjektet.  
Oppdragsrapport for televerket. DNMI KLIMA 25/92 pp. 1-18 + vedlegg.
- (4) **Harstveit, K.:**  
Stord FM/TV kringkaster. Sluttrapport for vindmålinger. Oppdaterte klimalaster.  
Oppdragsrapport for televerket. DNMI KLIMA 10/93 pp. 1-16.
- (5) **Harstveit, K.:**  
Bjerkreim FM/TV - sender. Klimalaster. Oppdragsrapport for televerket. DNMI  
KLIMA 46/91 pp. 1-6.
- (6) **Harstveit, K.:**  
Full scale measurements of gust factors and turbulence intensity, and their relations in  
hilly terrain.  
Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 61, 1996, pp 195-205

