

NILU OR: 12/91

NILU OR : 12/91
REFERANSE : O-8967
DATO : MARS 1991
ISBN : 82-425-0229-3

Vindberegninger for Drøbaksundet basert på målinger fra Småskjær og Færder

D. Tønnesen

INNHOOLD

	Side
SAMMENDRAG	2
1 INNLEDNING	3
2 MÅLESERIEN PÅ SMÅSKJÆR	3
2.1 Fordeling av retning og styrke	3
2.2 Karakteristiske vindspektra og korrelasjons- lengder	5
3 ESTIMERING AV EKSTREMVIND	8
3.1 Representativitet av perioden	8
3.2 Samtidige observasjoner på Småskjær og Færder ..	10
3.3 Langtidsfordeling av vind på Småskjær	12
3.4 Ekstremvind	14
4 KONKLUSJONER	19
5 REFERANSER	19
VEDLEGG A: Tabeller	20

SAMMENDRAG

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens Vegvesen, Buskerud Vegkontor utført analyse av vindmålinger fra Småskjær i Drøbaksundet. Målingene og beregningene er gjennomført i forbindelse med planlegging av veiforbindelse over/under Oslofjorden mellom Drøbak og Hurum.

På bakgrunn av måleserien på Småskjær 36 m over bakken og vindobservasjoner fra Færder fyr for perioden 1951-1989 kan følgende konklusjoner trekkes:

- Midlere vindhastighet over 10 minutter med 100 års returperiode er estimert til 33.5 m/s. Tilsvarende vindkast av 2 sekunders varighet er estimert til 41 m/s.
- Midlere vindhastighet over 10 minutter med 10 års returperiode er estimert til 26.5 m/s. Tilsvarende vindkast av 2 sekunders varighet er estimert til 32.5 m/s.
- Usikkerheten i disse estimatene er ca. 10%, målt som standardavvik i forhold til estimat.
- Karakteristiske vindspektra for sterk vind viser en raskere demping med økende frekvens for vind fra nord enn fra sør og vest.
- Korrelasjonslengdene ved sterk vind fra henholdsvis nord, vest og sør er 201 m, 280 m og 385 m.

VINDBEREGNINGER FOR DRØBAKSUNDET BASERT PÅ MÅLINGER FRA SMÅSKJÆR OG FÆRDER

1 INNLEDNING

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens Vegvesen, Buskerud Vegkontor utført analyse av vindmålinger på Småskjær i Drøbaksundet for å beregne maksimalvind, karakteristiske turbulensspektra og korrelasjonslengder.

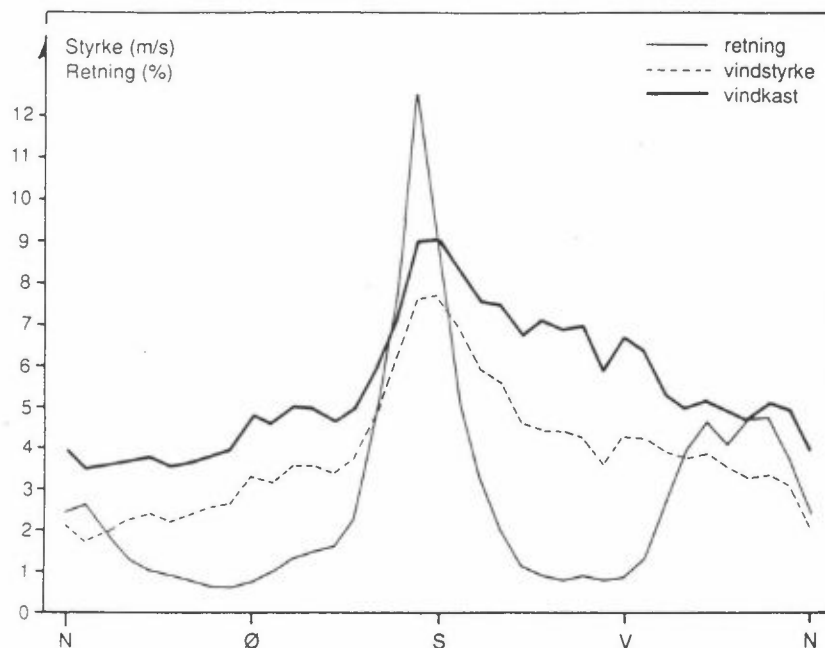
Målingene på Småskjær ble utført i perioden desember 1989 til juni 1990. Måleserien er sammenholdt med målinger utført på Færder av Det Norske Meteorologiske Institutt (DNMI) i perioden 1951-1989. Målestasjonen på Småskjær er nærmere beskrevet i egen rapport (Tønnesen, 1990).

2 MÅLESERIEN PÅ SMÅSKJÆR

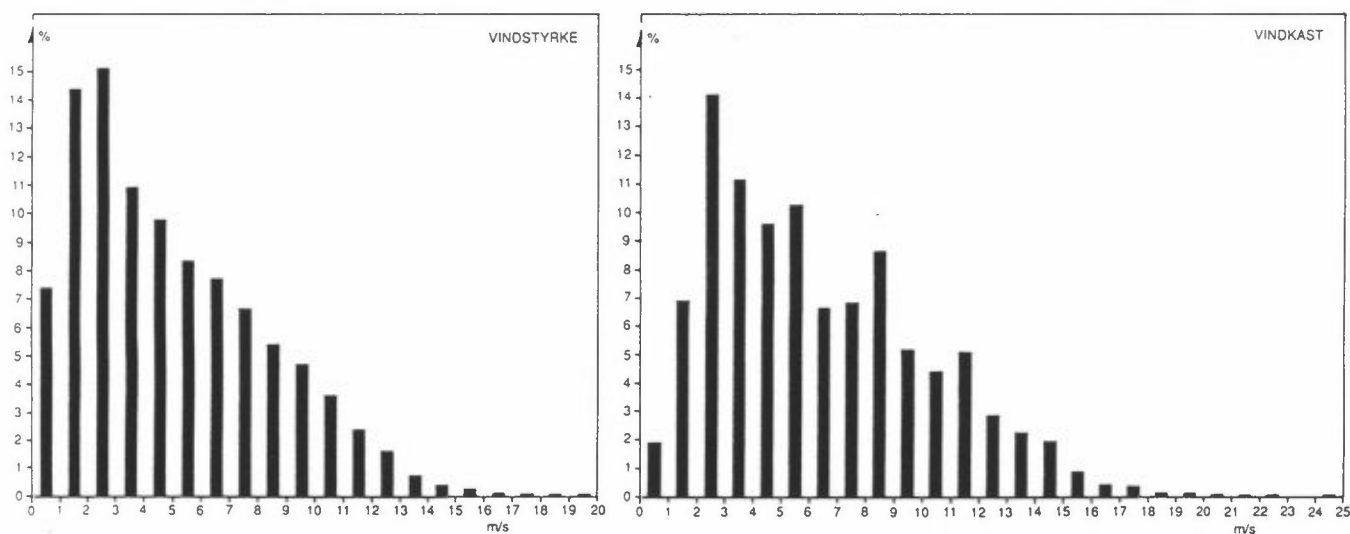
2.1 FORDELING AV RETNING OG STYRKE

Figur 1 viser vindretningsfordeling for 10-graders vindsektorer målt i 36 m høyde på Småskjær. Midlere vindstyrke og midlere vindkast for hver 10-graders sektor er også vist. Figuren viser en sterk kanalisering av vinden langs Drøbaksundet. Hovedvindretningen i måleperioden var vind fra 170 grader. Sterkeste midlere vindstyrke forekom ved vind fra 180 grader, og sterkeste midlere vindkast forekom også ved vind fra 180 grader. Figuren er basert på 28 588 observasjoner.

Fordeling av vindstyrke og vindkast i vindstyrkeklasser på 1 m/s er vist i figur 2. Sterkeste middelvindstyrke over 10 minutter i måleperioden var 20,8 m/s, mens sterkeste vindkast (2 sekunder) var 24,2 m/s. Medianvinden var 4,14 m/s, og midlere vindstyrke var 4,81 m/s. Medianverdien for vindkastfordelingen var 5,62 m/s og middelveien var 6,27 m/s.



Figur 1: Vindretningsfordeling, midlere vindstyrke og midlere vindkast for 10-graders vindretningsklasser i perioden desember 1989 til juni 1990.



Figur 2: Fordeling av midlere vindstyrke og vindkast på vindstyrkeklasser for perioden desember 1989 til juni 1990 (prosent av antall observasjoner).

Informasjonen i figur 1 og figur 2 er vist i tabellform i vedlegg A.

2.2 KARAKTERISTISKE VINDSPEKTRA OG KORRELASJONSLENGDER

Midlere autospektra er beregnet for utvalgte vær-situasjoner. Individuelle spektra er beregnet for 101 diskrete frekvensverdier opp til 0,42 Hz. Laveste diskrete frekvens forskjellig fra null er 0,004 Hz. De individuelle spektraene er skalert med $n/\text{VAR}(u)$ før de er midlet. Spektra er beregnet numerisk med glatting i et vindu på 60 tidsskritt. Rutinen beregner $S^*(\omega)$ for $0 \leq \omega \leq \pi$ med skalering slik at

$$2 \int_0^{\pi} S^*(\omega) d\omega = \sigma_x^2$$

Metoden er ytterligere beskrevet i datarapport (Tønnesen, 1990). Her er også enkeltspektra fra de utvalgte periodene framstilt. Korrelasjonslengdene er beregnet på grunnlag av det samme utvalget som midlere autospektra ved å integrere autokorrelasjonskoeffisienten for tidsforskjeller fra ett tidsskritt til tidsforskjeller opptil 128 tidsskritt. Fordi noen av tidsperiodene har sterkt svingende korrelasjonskoeffisienter er integralet beregnet av tallverdiene. Korrelasjonslengdene beregnes ved å multiplisere integrert korrelasjonskoeffisient med vindhastigheten.

R_i : Autokorrelasjonskoeffisient for tidsforskjell i

T : Integraltiden

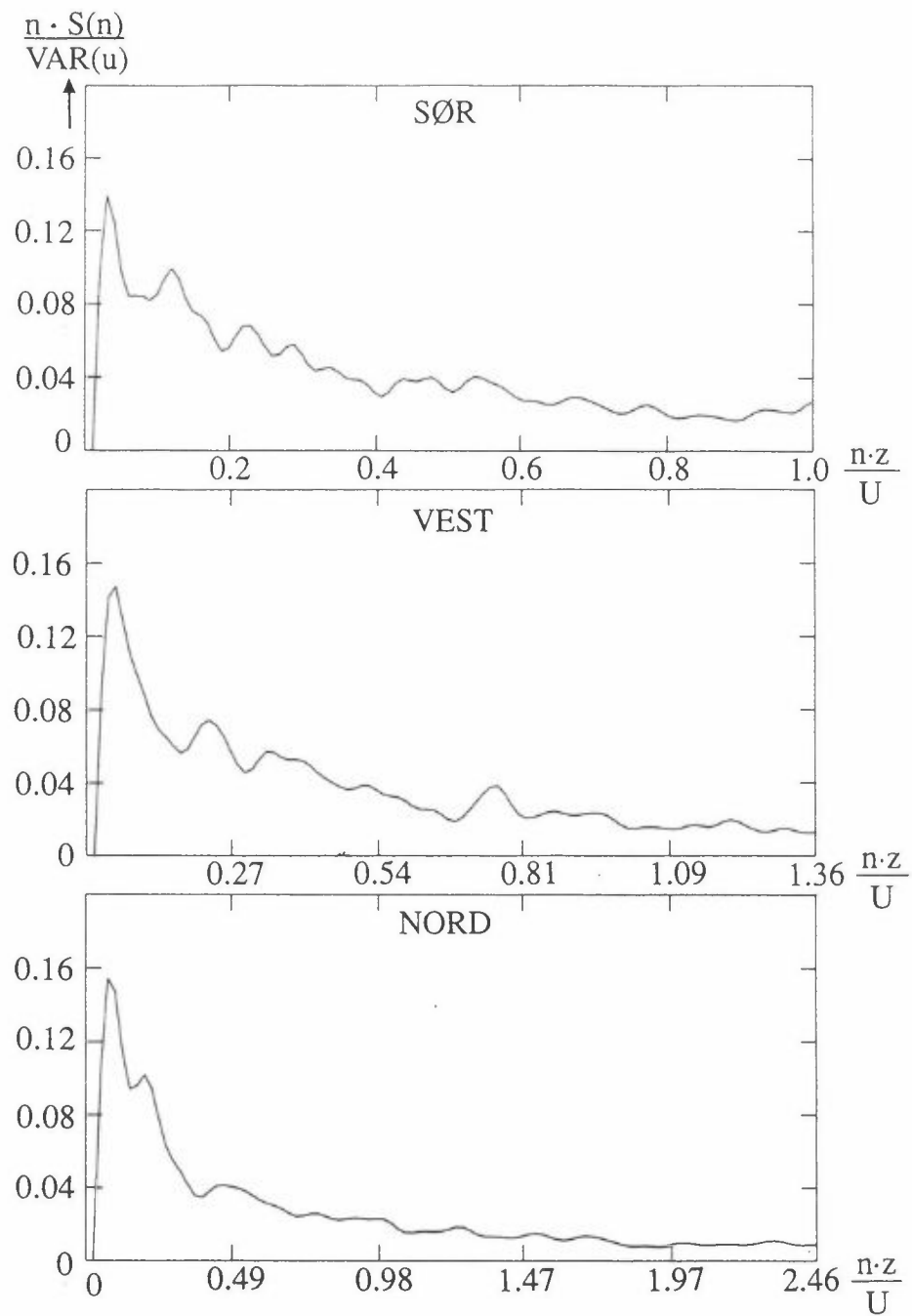
U : Vindhastigheten

L : Korrelasjonslengden

$$L = U \cdot T, \quad T = \frac{1}{\sum_{i=1}^{128} |R_i|}$$

Tabell 1 viser de utvalgte 10-minutters midlene.

Beregnete spektra er vist på figur 3 som funksjon av $\frac{n \cdot z}{U}$ der n er frekvensen, z er målehøyden og U er vindstyrken. De beregnede korrelasjonslengdene er vist i tabell 2.



Figur 3: Karakteristiske spektra for sterk vind fra sør (øverst), vest (i midten) og nord (nederst).

Tabell 1: Utvalgte perioder for å estimere karakteristiske spektra og korrelasjonslengder.

Periode Dato	Kl	Retning (grader)	Vindstyrke m/s	Karakteristisk for	Indeks tabell 2
15.01.90	0510	177	16,6	Sterk sørlig vind	L ₁
15.01.90	0520	171	16,9		L ₂
23.01.90	1550	168	16,3		L ₃
23.01.90	1600	169	16,6		L ₄
17.02.90	2140	182	15,7		L ₅
17.01.90	2250	289	12,1	Sterk vestlig vind	L ₁
17.01.90	2300	292	13,2		L ₂
04.03.90	1350	305	11,9		L ₃
04.03.90	1400	308	11,8		L ₄
16.05.90	0730	15	6,5	Sterk nordlig vind	L ₁
16.05.90	0740	12	6,7		L ₂
18.05.90	0530	6	6,9		L ₃
18.05.90	0540	6	6,7		L ₄
18.05.90	0550	8	6,9		L ₅

Tabell 2: Beregnete korrelasjonslengder for sterk vind fra tre retninger.

Retning	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	Midde1
Sør	251	295	447	533	403	385
Vest	356	247	311	207	-	280
Nord	261	191	195	161	195	201

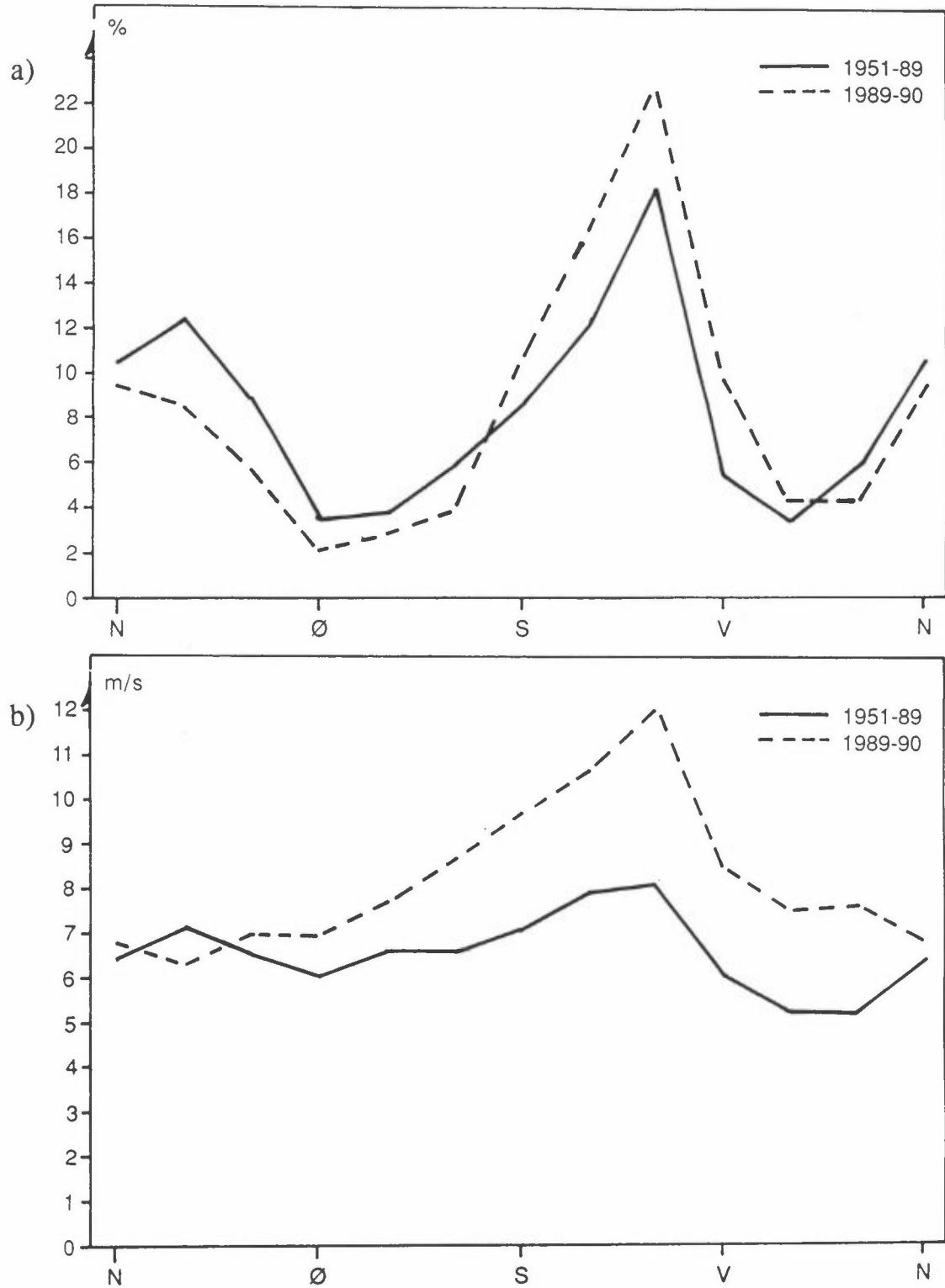
Formen på autokorrelasjonsfunksjonen varierer ganske mye fra periode til periode.

3 ESTIMERING AV EKSTREMVIND

3.1 REPRESENTATIVITET AV PERIODEN

For å vurdere representativitet av måleperioden er det foretatt en sammenligning mellom vindobservasjoner på Færder fyr i måleperioden med årsmiddelverdier for perioden 1951-1989. Figur 4 viser vindretningsfordeling og midlere vindstyrke for 30 graders vindretningssektorer på Færder basert på de fire faste observasjonstidene (kl 01, 07, 13 og 19).

Vind fra sør til vest har forekommet hyppigere i måleperioden enn i 39-års perioden, og for alle andre vindretningssektorer enn 30 grader har middelvindstyrken i måleperioden vært høyere enn normalt. Situasjoner med sterk vind er derfor overrepresentert i måleperioden. Sammenligningen er gjort mellom en 7 månedersperiode og et årsmiddel. Årlig middelvindstyrke er 7,0 m/s, mens langtidsmiddelvindstyrken for de 7 månedene i måleperioden var 6,85 m/s.

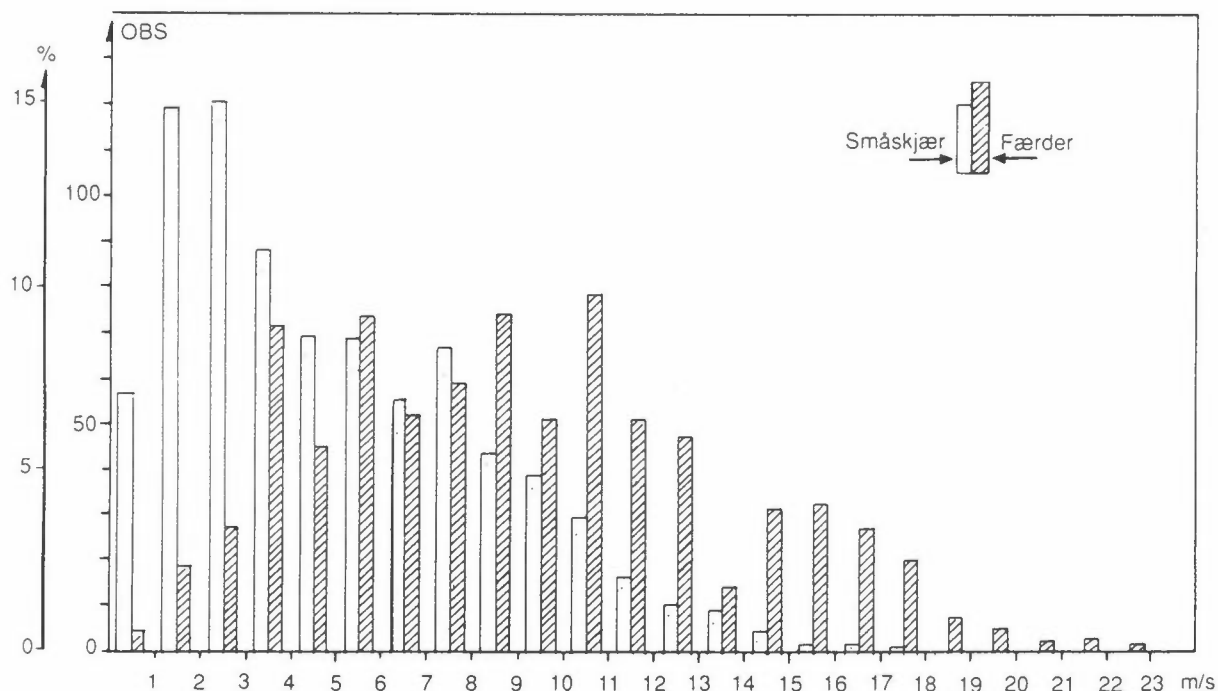


Figur 4: Retningsfordeling (a) og middelvindstyrke (b) på Færder for måleperioden desember 1989-juni 1990 og for årene 1951-1989.

3.2 SAMTIDIGE OBSERVASJONER PÅ SMÅSKJÆR OG FÆRDER

Vindstatistikken for Færder er basert på fire døgnlige observasjoner, kl 0600, 1200, 1800 og 2400 GMT. Datautvalget med samtidige observasjoner på Småskjær og Færder i måleperioden er på 796 observasjoner.

Figur 5 viser fordelingene av vindstyrke på de to stasjonene for samtidige observasjoner.



Figur 5: Forekomst av vindstyrke fordelt på klasser for Småskjær og Færder. Observasjoner kl 0600, 1200, 1800 og 2400 GMT på begge stasjoner fra desember 1989 til juni 1990.

Figuren viser at "halene" på frekvensfordelingen er forskjøvet ca. 5 m/s i forhold til hverandre. Samtidig forekomst av retning på de to stasjonene er vist i figur 6 for 30 graders vindretningssektorer.

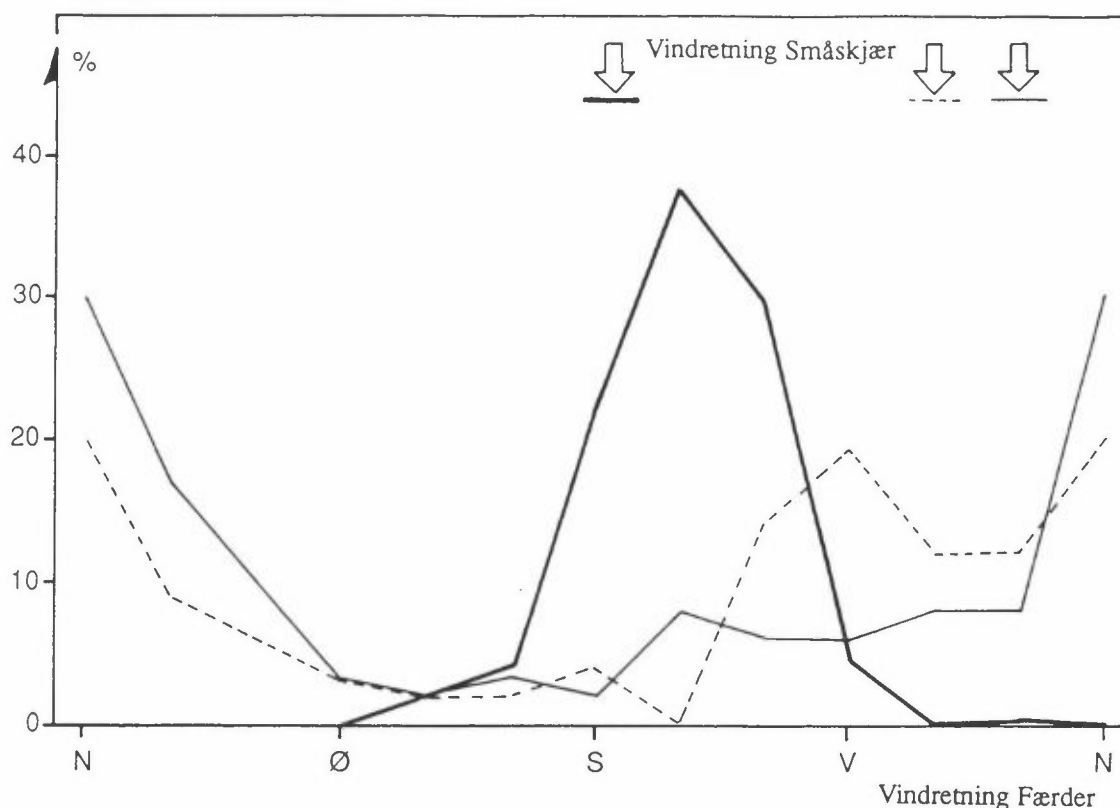
		Færder											
		3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
Småskjær	3	10	6	.	.	.	2	.	2	1	2	1	4
	6	2	2	.	1	.	.	.	1	.	.	.	1
	9	4	6	6	2	2	1	.	4	2	.	.	.
	12	.	2	3	7	3	4	4	12	1	1	1	1
	15	2	.	.	3	13	29	43	42	10	.	1	1
	18	.	.	.	3	6	40	68	54	8	1	1	.
	21	.	1	.	.	3	.	6	20	6	1	.	.
	24	1	.	2	12	6	1	.	.
	27	.	2	.	.	.	2	1	10	7	4	1	1
	30	9	6	3	2	2	4	.	14	19	12	12	20
	33	17	10	3	2	3	2	8	6	6	7	7	30
	36	22	8	4	3	.	2	4	4	4	3	4	13

Figur 6: Samtidig forekomst av vindretning i retningssektorer på 30 grader på Færder og Småskjær fra desember 1989 til juni 1990.

Figuren viser at det er bedre sammenheng mellom vindretningene på Færder og Småskjær for vind innover Oslofjorden enn for vind utover Oslofjorden (definert ved vindretningen ved Drøbak). Det generelle vindklimaet i ytre Oslofjord har sterkere vinder ved sørlig til vestlig vind enn ved nordlig til østlig vind. Da blir også føringen innover fjorden mer markert.

Figur 7 viser retningsfordelinger på Færder ved gitte samtidige vindretninger på Småskjær. Tre retningsfordelinger er vist, ved vindretninger 180 grader, 300 grader og 330 grader på Småskjær.

Figuren viser at når det blåser fra sør på Småskjær, er vindretningen på Færder fra sør til vest, mens når det blåser fra nordvest på Småskjær kan alle vindretninger opptre på Færder, men vind fra nord opptrer mest hyppig.



Figur 7: Vindretningsfordelinger på Færder når vindretningen på Småskjær hadde angitt retninger.

I 89,5% av den tiden vindretningen på Færder er mellom 150 og 240 grader, er vindretningen på Småskjær mellom 170 og 190 grader.

3.3 LANGTIDSFORDELING AV VIND PÅ SMÅSKJÆR

Informasjonen om samtidig forekomst av vindretning i 30-graders-sektorer på Småskjær og Færder, vist i figur 6, kan brukes til å estimere langtidsmiddel av vindretningsfordeling i Drøbaksundet. Dette gjøres ved å normere forekomsten av vind slik at for hver vindretningssektor på Færder blir summen av vindretninger på Småskjær 100%. De normerte fordelingene for Småskjær multipliseres så med langtidsmidlere forekomst fra Færder og summeres for alle vindsektorer på Færder. Overføringen har størst konfidens der observasjonsantallet på Færder er størst.

I tabell 3 er den observerte og den estimerte vindretningsfordelingen for Småskjær vist. I samme tabell er det også vist observert og estimert midlere vindstyrke for Småskjær, basert på langtidsmiddelverdi av vindstyrke i 30-graders sektorer på Færder. Estimeringen er gjort ved å multiplisere observerte forhold mellom vindstyrken på Småskjær og Færder med langtidsmiddelverdien av vindstyrker på Færder. For hver vindretning på Småskjær er så disse vindstyrkene midlet med vektall fra observert vindretningsfordeling. Standardavviket fra midling med vektall er også vist. Dette gir et uttrykk for usikkerheten i overføringen. I tabell 3 er "observert verdi" basert på observasjonene kl. 6, 12, 18 og 24 GMT.

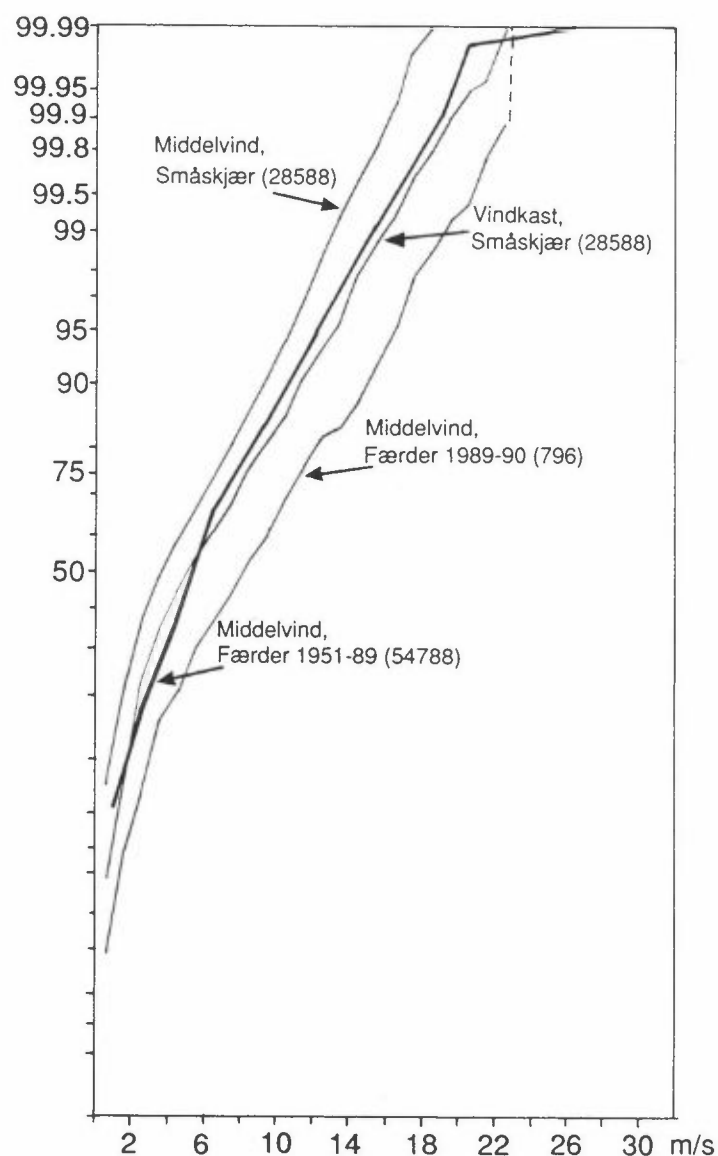
Tabell 3: Observert og estimert retningsfordeling og midlere vindstyrke for 30-graders vindretningssektorer på Småskjær.

SEKTOR	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
Obs. retning (%)	4.1	1.5	2.9	4.5	13.9	26.0	6.5	2.4	3.6	11.9	12.7	9.2
Obs. styrke (m/s)	2.4	2.5	3.1	3.5	5.5	7.8	5.8	4.4	4.5	4.0	3.2	2.4
Est. retning (%)	4.5	1.7	4.4	5.2	15.8	18.6	3.7	2.1	3.1	13.9	14.8	11.2
Est. styrke (m/s)	2.6	2.6	3.1	3.2	5.3	5.6	3.3	2.4	2.8	3.7	3.1	2.1
Standardavvik (m/s)	0.6	1.6	1.3	1.3	0.9	1.0	1.3	0.2	0.5	0.6	0.6	0.7

Tabellen viser at i måleperioden har innslag av sterk vind fra sør (180^0) og sørvest (210^0) forekommet oftere enn normalt. Vind fra sørvest (210^0) på Færder gir den sterkeste vinden der. Vind fra sør (180^0) på Småskjær gir den sterkeste vinden der. Estimering av vindstyrke i sørlig sektor på Småskjær basert på vind fra Færder har en relativ usikkerhet på 18% (standardavvik/middel). Middelvind på Småskjær beregnet fra estimert retnings- og styrkefordeling er 3,8 m/s.

3.4. EKSTREMVIND

Figur 8 viser kumulativ fordeling av vindstyrke for fire observasjonssett framstilt i et normalfordelt/lineært diagram. For 40-års middel på Færder, er framstillingen basert på inndeling av vindstyrke i Beaufort-klasser. Øvre kvartil i fordelingene er tilnærmet normalfordelte. Observasjonssettet fra Færder i måleperioden 1989-90 avviker mer fra en normalfordeling enn de tre andre observasjonssettene.



Figur 8: Kumulativ frekvensfordeling av vindstyrker framstilt i normalfordelingsdiagram.

Forekomst av vindstyrkene full storm, sterk storm og orkan medfører at kumulativ frekvensfordeling for vindstyrke på Færder 1951-89 har en markert knekk ved 99,98-prosentilen når den framstilles i normalfordelingsdiagrammet. Observasjonsantallet for disse vindstyrkene er 10 ganger på 39 år.

Værsituasjoner som gir slike ekstreme vinder har ikke forekommet i perioden desember 1989 til juni 1990. DNMI har estimert vind med 100-års returperiode på Færder til 38 m/s, vind med 50-års returperiode til 37 m/s og vind med 10-års returperiode til 30 m/s. For vindretningssektorene 170-190 grader på Småskjær og 200-220 grader på Færder er midlere vindstyrkeforhold i måleperioden 0,786, med et standardavvik på 0,088 (11%).

Anvendes denne overføringsfaktoren, blir 100-års vinden på Småskjær 30 m/s, og 10-års vinden 23,5 m/s.

Også den målte fordelingen av vindstyrker på Småskjær kan brukes til å estimere ekstremvind. Dette estimatet må korrigeres for manglende innslag av ekstreme vindsituasjoner i måleperioden 1989-90 og for overrepresentasjon av sterk vind i perioden. Overrepresentasjonen kan kvantifiseres ved sammenligning mellom fordelingene av vindstyrke på Færder i måleperioden og i 40-års perioden. For styrkeintervall på 1 m/s fra 15 m/s til 19 m/s, og for et "restintervall" >19 m/s er forholdet mellom antall observasjoner i måleseriene 1989-90 og 1951-89, $0,2417 \pm 0,0648$. Antall observasjoner i dette styrkeintervallet er 16,6 ganger større i måleperioden 1989-90 enn om målingene hadde hatt samme fordeling som måleserien 1951-89.

I tabell 4 er fordelinger som representerer øvre kvartil i de kumulative frekvensfordelingene fra fire måleserier vist, sammen med observasjonsantall som representerer 10-års og 100-års målinger i disse fordelingene. Median og standardavvik er tatt ut fra normalfordelingsdiagram ved grafisk metode. Nøyaktigheten i avlesningen er antagelig $\pm 0,3$ m/s. Avviket fra

normalfordelingen for 1951-89 ved 99,98 prosentilen er eliminert ved å bruke 97,5-prosentilen til å fastlegge standardavviket. Observasjonsantall er beregnet på bakgrunn av den estimerte overrepresentasjonen av sterk vind i måleperioden 1989-90. Fraktilene anvendt i beregningen er $1 - \frac{1}{N}$ der N er observasjonsantallet.

Observasjonsantallet er beregnet som følger:

$$(1) \quad NX = N_{40} \cdot PS$$

PS : Midlere forholdstall for vind på Færder over 15 m/s i 5 vindstyrkeklasser mellom 1989-90 måleserien og 1951-89 måleserien.

$$PS = 0,24 \sigma_{PS} = 0,065.$$

NX : Antall observasjoner fra målt fordeling 1951-1989 på Færder for å oppnå samme antall observasjoner over 15 m/s som målt i 1989-90.

N_{40} : Antall observasjoner i perioden 1951-1989.

$$(2) \quad N_y^1 = \frac{N_y \cdot N_1}{NX}$$

N_y : Antall observasjoner i y år med aktuell loggefrequens.

N_1 : Antall observasjoner i måleserien 1989-90 på Færder.

N_y^1 : Antall observasjoner fra en fordeling målt i 1989-90 som vil gi samme antall observasjoner av sterk vind som målinger i y år fra en fordeling som 1951-89.

Ekstremvinden beregnes etter formelen:

$$G(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-v^2/2} dv = 1 - \frac{1}{N_y^1}$$

$$t = \frac{x-\zeta}{\sigma}; \quad x = t \cdot \sigma + \zeta$$

De beregnede vindstyrkene er deretter korrigert for manglende ekstremvind ved faktoren mellom DNMI-estimatet (basert på Gumbel-statistikk) og estimat for Færder 1951-89 normalisert i forhold til måleperioden.

$$K_y = \frac{GE_y}{E_y}$$

der K_y er korreksjonsfaktoren, GE_y er MI-estimatet, og E_y er estimatet basert på 1989-90 for periode 4 år.

Tabell 4: Estimerte fordelinger, observasjonsantall for fraktilberegning, samt beregnet 10- og 100-års vind.

Måleserie	Normalfordeling median st.avvik		N, 10-år	N, 100-år	Korreksjons- faktor		10-års vind	100-års vind
	10-år	100-år						
Middelvind, Småskjær	4,0	3,93	43167	431673	1,35	1,539	26,6	33,5
Vindkast, Småskjær	5,2	4,70	43167	431673	1,35	1,539	32,4	40,7
Færder 1989-90	8,5	4,60	878	8776	1,35	1,539	30,4	39,2
Færder 1951-89	4,65	4,61	14600	146000	1,35	1,539	30	38

Resultatet fra denne metoden anvendt på måleserien fra Færder 1989-90 viser en liten overestimering i forhold til MI's estimat for Færder basert på måleserien fra 1951-89.

En endring i observasjonstallet for fraktilberegning på 25% gir en endring av vindestimatet på Småskjær på 1%. En endring av standardavviket i anvendt fordeling for Færder på 5% gir en endring i korreksjonsfaktorene på litt under 4%. Metoden er derfor ganske robust overfor usikkerhet i grunnlagsmaterialet, og størst samlet usikkerhet ligger i fastleggingen av de forskjellige normalfordelingene.

Den største svakheten ved å bruke overføringsfaktorer basert på betinget retningsfordeling ligger i at overføringsfaktoren kan være avhengig av vindstyrken. Antall observasjoner som grunnlag

for nøyaktighet i estimatene tilsier at korrigerings av estimert verdi fra fordelingene er det beste anslaget.

Usikkerheten i estimatene ligger i fastlegging av median og standardavvik, beregning av fraktiler og usikkerheten i ekstremvindestimatet fra DNMI. De ukorrigerede estimatene beregnes etter formelen

$$X_y = \sigma t_y + \zeta$$

Usikkerheten i σ og ζ er på ca. 0,3 m/s. Usikkerheten i t_y er på ca. 2% dersom usikkerheten i faktoren PS er på 25%.

Usikkerhetsanslag for ukorrigert estimat blir da

$$S(X_1) \approx 1,5$$

Anslaget forutsetter egentlig at σ , ζ og t_y er innbyrdes uavhengige, men σ og ζ er ikke det.

Korreksjonen av estimatene beregnes ved

$$E_y = \frac{EG}{EF} \cdot X_y$$

hvor EF er estimat for Færder, og EG er ekstremverdiestimatet fra DNMI.

Dersom usikkerheten i EG er ca. 1,5 m/s, blir samlet usikkerhet, forutsatt at EG, EF og X_y er uavhengige:

$$S(E_y) = 3,1$$

Usikkerheten er da på ca. 10%, representert ved standardavvik i forhold til verdien.

4. KONKLUSJONER

Måleserien på Småskjær ble gjennomført i en periode med høyere vindstyrker enn normalt, og med større innslag av sørvestlig og sørlig vind enn normalt. Måleperioden inneholder ikke tilfeller med helt ekstreme vindforhold (full storm eller mer). Maksimalvind med 10- og 100-års returperioder i 36 m nivå er estimert til 26,5 m/s og 33.5 m/s på bakgrunn av observert vindfordeling, samt representativiteten av perioden og den estimerte maksimalvinden på Færder fyr.

5. REFERANSER

Tønnesen, D. (1990) Vindmålinger i Drøbaksundet desember 1989 - mars 1990. Lillestrøm (NILU OR 96/90).

VEDLEGG A

Tabeller

Tabell A1: Sektormidler og ekstremverdi fra Småskjær desember 1989 til juni 1990.

Retning (dekagrader)	Forekomst (%)	Midlere styrke (m/s)	Midlere vindkast (m/s)	Høyeste styrke (m/s)	Høyeste vindkast (m/s)
1	2,59	1,72	3,49	8,3	11,6
2	1,86	1,97	3,60	6,3	11,9
3	1,29	2,25	3,68	6,2	10,4
4	0,98	2,39	3,76	6,6	9,9
5	0,84	2,21	3,52	6,5	10,2
6	0,73	2,33	3,61	6,9	9,9
7	0,65	2,49	3,78	7,5	11,6
7	0,68	2,60	3,94	7,6	15,5
9	0,76	3,24	4,71	11,1	13,1
10	0,98	3,14	4,62	8,1	11,0
11	1,35	3,51	4,99	8,1	11,3
12	1,50	3,50	4,83	8,4	11,9
13	1,59	3,40	4,68	9,5	11,9
14	2,32	3,76	4,94	11,5	16,1
15	4,84	4,69	5,80	12,9	15,8
16	7,65	5,98	7,10	18,1	22,7
17	12,47	7,52	8,91	19,8	23,0
18	8,64	7,56	8,98	20,8	24,2
19	5,22	6,82	8,30	17,5	20,1
20	3,38	5,85	7,51	14,6	17,3
21	2,07	5,54	7,44	12,0	16,7
22	1,26	4,58	6,65	11,5	20,3
23	0,93	4,47	7,00	11,0	17,3
24	0,73	4,42	6,86	11,2	16,7
25	0,87	4,31	6,90	12,3	18,2
26	0,81	3,66	5,88	11,3	20,9
27	0,84	4,27	6,57	12,3	17,3
28	1,38	4,27	6,31	14,7	17,6
29	2,71	3,82	5,27	16,5	20,3
30	3,88	3,75	5,01	16,9	18,5
31	4,61	3,83	5,10	13,6	22,7
32	4,07	3,50	4,86	13,6	19,4
33	4,69	3,30	4,76	12,2	15,2
34	4,72	3,36	5,02	12,8	18,5
35	3,66	3,06	4,93	13,0	21,2
36	2,46	2,06	3,89	9,8	14,6

Tabell A2: Forekomst av vindstyrke og vindkast fordelt på styrkeklasser. Enhet %.

Styrkeklasse	Vindstyrke	Vindkast
0- 1	7,38	1,93
1- 2	14,29	6,90
2- 3	15,08	14,12
3- 4	10,81	11,18
4- 5	9,69	9,56
5- 6	8,29	10,25
6- 7	7,70	6,61
7- 8	6,58	6,85
8- 9	5,34	8,61
9-10	4,69	5,20
10-11	3,56	4,47
11-12	2,48	5,14
12-13	1,54	2,92
13-14	0,76	2,26
14-15	0,43	1,99
15-16	0,18	0,80
16-17	0,11	0,46
17-18	0,05	0,40
18-19	0,01	0,15
19-20	0,01	0,10
20-21	0,00	0,05
21-22	0,00	0,01
22-23	0,00	0,03
23-24	0,00	0,00
24-25	0,00	0,00

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)
 NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH
 POSTBOKS 64, N-2001 LILLESTRØM

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORTNR. OR 12/91	ISBN-82-425-0229-3	
DATO MARS 1991	ANSV. SIGN. <i>Skottland</i>	ANT. SIDER 22	PRIS NOK 45,-
TITTEL Vindberegninger for Drøbaksundet basert på målinger fra Småskjær og Færder		PROSJEKTLEDER D. Tønnesen	
		NILU PROSJEKT NR. O-8967	
FORFATTER(E) D. Tønnesen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE) Statens vegvesen, Buskerud vegkontor Postboks 2265 - Strømsø 3003 DRAMMEN			
STIKKORD Vindmålinger Statistisk bearbeidelse			
REFERAT Bearbeiding av måleseriene fra Småskjær og Færder for 1989-90 viser at måleperioden var overrepresentert mht sterk vind i forhold til normal vindfordeling. De mest ekstreme vindstyrkene forekom allikevel ikke i måleperioden. Maksimalvind med 100-års returperiode er estimert til 33,5 m/s for Småskjær. Denne vil antagelig inntreffe ved sørlig vindretning.			

TITLE	Estimation of wind in Drøbaksundet based upon measured wind at Småskjær and Færder
ABSTRACT	

* Kategorier: Åpen - kan bestilles fra NILU A
 Må bestilles gjennom oppdragsgiver B
 Kan ikke utleveres C