

DNMI

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

klima

**TJELDSUNDET BRU
VINDFORHOLD**

KNUT HARSTVEIT
RAPPORT NR. 09/97 KLIMA



DNMI-RAPPORT

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

ISBN 0805-9918

RAPPORT NR.

09/97 KLIMA

DATO

14.04.97

TITTEL

TJELDSUNDET BRU VINDFORHOLD

UTARBEIDET AV

Knut Harstveit

OPPDRAKSGIVER

Siv.ing. Haug og Blom-Bakke A/S

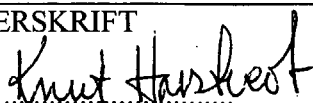
OPPDRAKSNR.

SAMMENDRAG

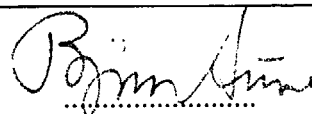
Ut fra data fra Evenes og Raftsundet hvor også langtidsdata fra Bodø og Andøya er med, samt vurdering av terrengforholdene på stedet, er det angitt ekstremvinddata og turbulensparametre ved Tjeldsundbrua.

Ekstremvindverdier er gitt for 10, 50 og 100 års returperiode. Longitudinal turbulensintensitet, kastfaktorer og høydefordeling er også angitt. Vindkastverdiene i 10 m høyde ligger nær opp til kurve E i Norsk Standard NS3479, men høydeøkningen er svakt mindre ved Tjeldsundbrua. For vind langs brua, dvs. på tvers av fjorden er det vesentlig svakere vind.

UNDERSKRIFT



Knut Harstveit
SAKSBEHANDLER



Bjørn Aune
FAGSJEF

SAMMENDRAG

Ut fra data fra Evenes og Raftsundet hvor også langtidssdata fra Bodø og Andøya er med, samt vurdering av terrengforholdene på stedet, er det angitt ekstremvinddata og turbulensparametre ved Tjeldsundbrua. Resultatene er gitt i tabellene under. Verdier av U (vindfarten i m/s med indeks for varighet) er gitt for 10, 50 og 100 års returperiode. Longitudinal turbulensintensitet, I_u , samt kastfaktorer ($Gf_{3-5s} = U_{3-5s}/U_{10min}$; $Gf_{1min} = U_{1min}/U_{10min}$) og eksponent i høydeformelen (lign.1-3 s.5-6) er angitt. Vindkastverdiene i 10 m høyde ligger nær opp til kurve E i Norsk Standard, NS3479, men høydeøkningen er svakt mindre ved Tjeldsundbrua. For vind langs brua, dvs. på tvers av fjorden er det vesentlig svakere vind.

Ekstremvindforhold og turbulensparametre ved vindretning fra sørvest og nordøst, det vil si vind vinkelrett inn mot brua.

z [m]	U_{10min} [m/s]			U_{1min} [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_{1min}
10	28.3	32.0	33.5	33.5	37.9	39.7	39.6	44.8	47.0	0.16	1.40	1.18
20	31.0	35.0	36.7	36.2	40.9	42.9	42.3	47.8	50.1	0.15	1.37	1.17
30	32.7	36.9	38.7	37.9	42.8	44.9	44.0	49.7	52.1	0.14	1.35	1.16
40	33.9	38.3	40.2	39.1	44.2	46.3	45.2	51.1	53.6	0.13	1.33	1.15
50	34.9	39.4	41.3	40.1	45.3	47.5	46.2	52.2	54.8	0.13	1.32	1.15
n	0.13	0.13	0.13	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.13		

Ekstremvindforhold og turbulensparametre ved vindretning fra øst til sørøst og vest til nordvest, det vil si i bruas lengderetning.

z [m]	U_{10min} [m/s]			U_{1min} [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_{1min}
10	11.5	13.0	13.6	16.8	19.0	19.9	23.0	26.0	27.2	0.40	2.00	1.46
20	13.7	15.5	16.2	19.0	21.4	22.5	25.2	28.5	29.8	0.34	1.84	1.39
30	15.1	17.1	17.9	20.4	23.1	24.2	26.6	30.1	31.6	0.30	1.76	1.35
40	16.3	18.4	19.3	21.6	24.4	25.5	27.8	31.4	32.9	0.28	1.71	1.33
50	17.2	19.4	20.4	22.5	25.4	26.6	28.7	32.4	34.0	0.27	1.67	1.31
n	0.25	0.25	0.25	0.18	0.18	0.18	0.14	0.14	0.14	0.25		

1. Innledning

Bakgrunnen for denne rapporten er en forespørsel fra siv.ing. Haug og Blom-Bakke som skal utføre prosjekteringsarbeid for Statens Vegvesen, Nordland. Det gjelder en del vedlikeholdsarbeider på Tjeldsundet bru i sør-Troms.

2. Sted og topografi

Tjeldsundet bru forbinder Skånland og Hinnøya. Brua krysser Tjeldsundet og ligger i Harstad og Skånland kommuner, ca. 20 km sør for Harstad sentrum. Tjeldsundet er det innerste av sundene som skiller øygruppen i Ofoten, Lofoten og Vesterålen fra fastlandet. Området er komplekst med fjell på over 1000 moh både øst, vest og sør for sundet.

Tjeldsundet strekker seg over en avstand på 40 km og går i hovedsak sørvest - nordøst. Det danner en krok rundt Tjeldøya, men ved bruområdet er retningen sørsørvest - nordnordøst (210 - 030°). Brua er ca 1 km lang og sundet 1 - 2 km nær brua, enkelte steder 2 - 3 km, foruten et indre fjordbasseng (Lavangsfjorden). Tjeldøya ligger mellom Tjeldsundet på vestsiden og Ramsundet på østsiden.

Ved brua skråner det middels bratt opp mot 300 moh på begge sider. Liene er skogkledde.

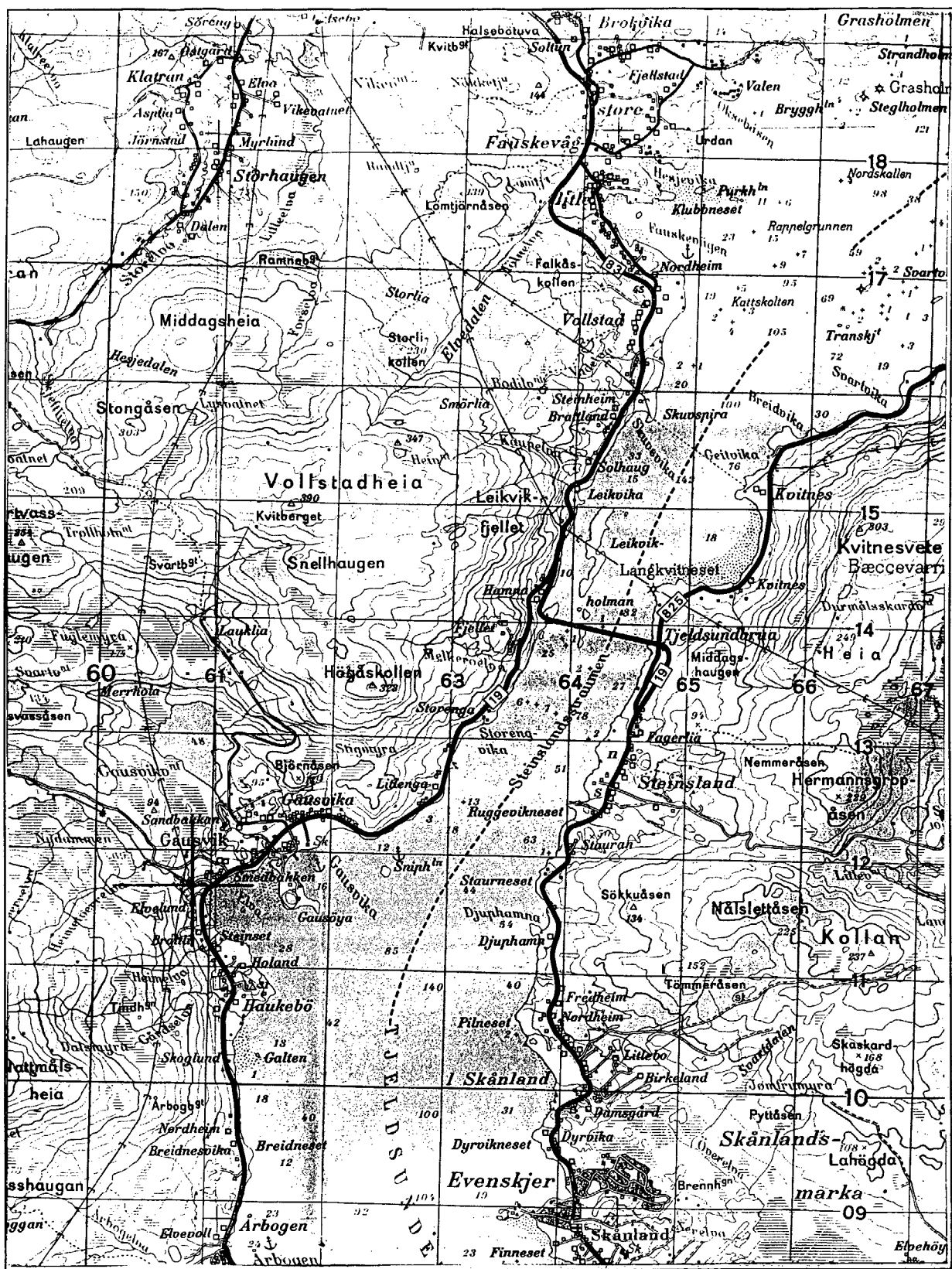


Fig. 1. Kart over Tjeldsundet

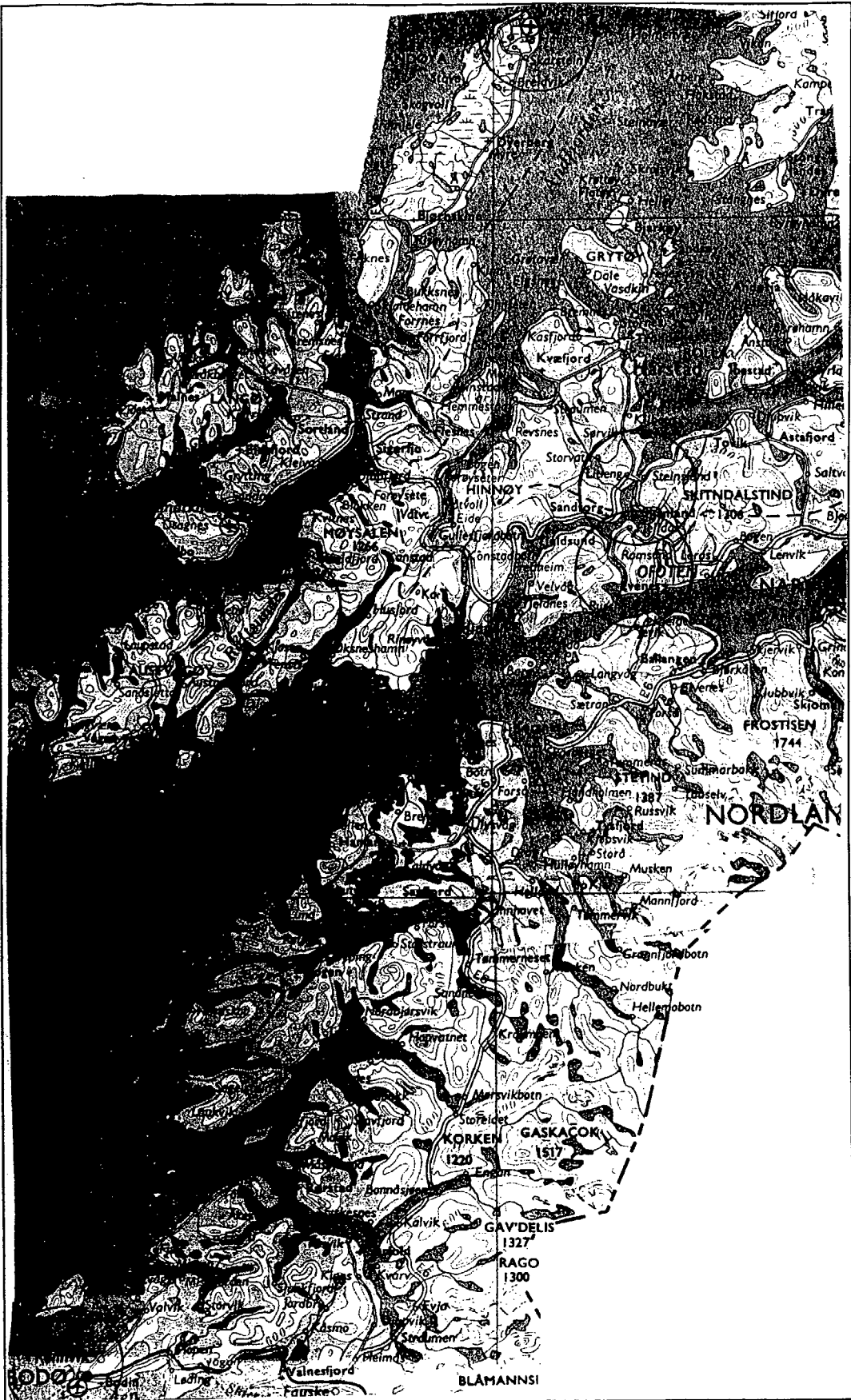


Fig. 2. Kart over nordlige del av Nordland og sørlige del av Troms

3. Vindforholdene i området

Det er en skjemingseffekt og en forsterkningseffekt på vinden i Tjeldsundet. Dels er det en del høye fjell og noe vegetasjon rundt bruområdet, spesielt på begge sider av sundet, men også i noe avstand, i sørvest (Tjeldøya). Disse fjellene er forholdsvis bratte, men ikke dramatisk bratte. Det må antas at vinden til dels separeres, med sterke vindfelt i høyden. Nede i fjord og dalområdene vil derimot denne terrengvirkningen gi skjermingseffekter.

Lokalt er imidlertid bruområdet en innsnevring i en bredere kanal, dette strammer vindfeltet og kanaliserer vinden. Det vil si at det aller meste og den sterkeste vinden kommer i sektorene nord til nordøst (360 - 040°) og sør til sørvest (180 - 220°).

Samlet gir dette ganske stor skjerming av vind som går på tvers av fjorden, dvs. vind fra øst til sørøst og vind fra vest til nordvest, mens vind som løper langs fjorden ikke får svært forskjellige forhold fra referansevinden i området.

4. Bruk av vinddata for oppsett av et ekstremvindklima og et generelt vindklima

Ihht. til norsk standard (1) er 3-5 s vindkast satt til kurve E i Harstad kommune og kurve B i Skånland. I 10 m høyde på en flyplasslignende flate gir kurve E: 45 m/s og kurve B: 40 m/s, begge som 50-års verdier. Brua krysser kommunegrensene.

Det er tidligere beregnet 50-års verdier av 3-5 sekunders vindkast og 10 minutters middelvind på Evenes lufthavn med 43 m/s og 26 m/s som resultat, vindretning sørsørvest (200 - 220°) (2).

Det er tidligere utført beregninger av vindlaster i Raftsundets nordlige del (Gunnarbåten) i forbindelse med Lofotens fastlandsforbindelse (3). Ut fra målinger fra en kortere periode og sammenligninger lange dataserier fra Bodø og Andøya, kom en der fram til vindverdier som er

gyldige i målepunktet på Gunnarbåten. Den sterkeste middelvinden, 30 m/s som 10 minutters middelvind, ble funnet ved vindfelt fra sørvest, lokalt er denne dreiet sørsørøst pga. avbøyning over den bratte skrenten på vestsiden. Forholdene var da forholdsvis jevne med longitudinal turbulensintensitet, I_u på 0.19, kastfaktor $Gf_{3-5s} = U_{3-5s}/U_{10min}$ på 1.5 og følgelig 3-5 s vindkast på 45 m/s. Det ble riktignok vurdert enda høyere vindkast i vestlige vindfelt (48 m/s), men dette skyldes særlige virveffekter ved bratt fjell og har ikke relevans for Tjeldsundbrua.

Vindkastene i sørvestlige vindfelt er neppe svakere i Tjeldsundet enn i Raftsundet og Tjeldsundet er nok minst like utsatt som Evenes. Middelvinden er nok høyere i Tjeldsundet enn både på Evenes og i Raftsundet som begge viser noe mer turbulens enn det som er typisk over en sjøflate.

Vi kan anta omtrent samme vindkast i Tjeldsundet som det vi får ved sørvestlige vindfelt i Raftsundet (merk at dette ikke gjelder de sterke kastene i vindfelt vestsørvest - vest i Raftsundet). Turbulensintensiteten og kastfaktoren er trolig noe lavere fordi fjorden er bredere og lokal friksjon noe mindre.

Ut fra dette synes det fornuftig å benytte 32 m/s som 10 minutters middelvind og en kastfaktor på 1.4 med tilhørende turbulensintensitet på 0.16, hvilket gir 45 m/s som 3-5 sekunder vindkast, 50 års returperiode og 10 m referanse høyde. Dette tilsvarer verdien i kurve E i 10 m høyde. Den noe mildere turbulensen enn tilfelle er på en flyplassflate tilsier imidlertid at vindøkningen med høyden er noe mindre enn det kurve E tilsier, slik at verdien 30 m over fjorden blir 50 m/s mens kurve E angir 52 m/s.

For Raftsundet er det gitt et omregnings skjema til andre returperioder ved sørvestlig vindfelt. Dette antas gyldig også for Tjeldsundet. Høydeprofilen finnes ved ligningene 1 - 3.

$$\frac{U(z)}{U(10m)} = \left(\frac{z}{10m}\right)^n \quad \text{lign. 1}$$

$$\frac{I_u(z)}{I_u(10m)} = \left(\frac{z}{10m}\right)^{-n} \quad \text{lign. 2}$$

$$\frac{Gf(z)-1}{Gf(10m)-1} = \left(\frac{z}{10m}\right)^{-n} \quad \text{lign. 3}$$

Turbulensintensiteten og 1 min kastfaktor (4) er gitt ved

$$I_u = \frac{Gf_{3-5s} - 1}{2.5} = \frac{Gf_{1min} - 1}{1.15} \quad \text{lign. 4}$$

og lign.2 og 4 gir også grunnlag for å beregne n i lign.1 for vindkast med varighet 3-5 s, U_{3-5s} og 1min, U_{1min} , når $n(I_u)$ er antatt lik den antatt kjente $n(U_{10min})$.

Den sterke skjermingen ved vind på tvers av fjorden gir nok reduksjon til mindre enn halvparten av vinden langs sundet, vi antar her en reduksjon til 40%. Turbulensen vil dog bli høy, og vindkastene reduseres noe mindre, det antas en kastfaktor på 2.0, hvilket gir 0.40 som turbulensintensitet. Etter dette blir 50 - års verdien av 10 min middelvind: 13 m/s og 3-5s vindkast: 26 m/s. Høydeprofilet er antatt noe skarpere, med 0.25 som eksponent for middelvind, 0.14 for kast og -0.25 for turbulensintensitet.

Tabell 1 og 2 viser en del resultater og utregnede verdier for en del høydenivåer.

Tabell 1

Ekstremvindforhold og turbulensparametre ved vindretning fra sørvest og nordøst, det vil si vind vinkelrett inn mot brua.

z [m]	U _{10min} [m/s]			U _{1min} [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 _{1min}
10	28.3	32.0	33.5	33.5	37.9	39.7	39.6	44.8	47.0	0.16	1.40	1.18
20	31.0	35.0	36.7	36.2	40.9	42.9	42.3	47.8	50.1	0.15	1.37	1.17
30	32.7	36.9	38.7	37.9	42.8	44.9	44.0	49.7	52.1	0.14	1.35	1.16
40	33.9	38.3	40.2	39.1	44.2	46.3	45.2	51.1	53.6	0.13	1.33	1.15
50	34.9	39.4	41.3	40.1	45.3	47.5	46.2	52.2	54.8	0.13	1.32	1.15
n	0.13	0.13	0.13	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.13		

Tabell 2

Ekstremvindforhold og turbulensparametre ved vindretning fra øst til sørøst og vest til nordvest, det vil si i bruas lengderetning.

z [m]	U _{10min} [m/s]			U _{1min} [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 _{1min}
10	11.5	13.0	13.6	16.8	19.0	19.9	23.0	26.0	27.2	0.40	2.00	1.46
20	13.7	15.5	16.2	19.0	21.4	22.5	25.2	28.5	29.8	0.34	1.84	1.39
30	15.1	17.1	17.9	20.4	23.1	24.2	26.6	30.1	31.6	0.30	1.76	1.35
40	16.3	18.4	19.3	21.6	24.4	25.5	27.8	31.4	32.9	0.28	1.71	1.33
50	17.2	19.4	20.4	22.5	25.4	26.6	28.7	32.4	34.0	0.27	1.67	1.31
n	0.25	0.25	0.25	0.18	0.18	0.18	0.14	0.14	0.14	0.25		

5. Referanser

(1) Norges Byggstandardiseringsråd

*Endringsblad til NS3479:1990. Prosjektering av konstruksjoner.
Dimensjonerende laster.*
NORGES STANDARDISERINGSFORBUND, Oslo 1994.

(2) Harstveit, K. og Andresen, L.:

Ekstremvindanalyse for kyststrekningen Rogaland - Finnmark.
DNMI KLIMA 07/94, Oslo 1994.

(3) Harstveit, K.:

*Raftsundet bru - Lofast.
Ekstreme vindforhold.*
DNMI KLIMA 09/94, Oslo 1994.

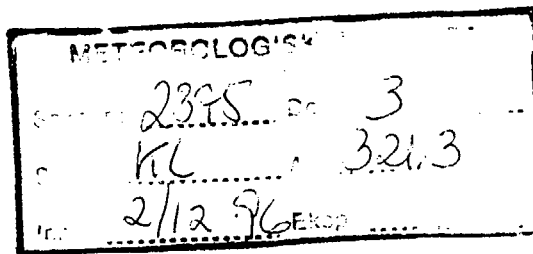
(4) Harstveit, K.:

*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.

Sivilingeniørene

HAUG OG BLOM-BAKKE A/S

Rådgivende ingeniører i byggeteknikk - M.R.I.F.



Det Norske Meteorologiske Institutt
Postboks 43 Blindern

0313 Oslo

Deres ref.: K.Harstveit

Vår ref.: LBB/tjldsvml.nmi

Dato: 29.11.96

TJELDSUNDBRUA - Troms Vurdering av vindklimaet på brustedet.

Det vises til brev fra DNMI datert 25.10.1996.

På vegne av Statens vegvesen, Troms, bestilles herved en vurdering av vindklimaet på brustedet.

I denne omgang ønskes en vurdering av vindklimaet basert på vinddata fra Evenes lufthavn og Kvanntokollen som beskrevet i Deres brev.

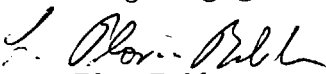
Det vi ønsker er estimater for 10 min. middelvind og 3-5 s. vindkast, vindprofil og turbulensintensiteter. Returperioder 10, 50 og 100 år.

Øvre ramme for prosjektet vil være kr. 25.000,- og vi håper rapporten kan leveres i løpet av januar 1997.

Faktura for arbeidet sendes vårt firma for attestasjon og stilles til:

Statens vegvesen, Troms
v/K.Davidsen
Vegkontoret
9005 Tromsø

Med hilsen
for Siv.ing Haug og Blom-Bakke A/S


Lars Blom-Bakke

KOPI: Statens vegvesen, Troms v/K. Davidsen
Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Bruavdelingen v/ K. Grefstad

Siv.ing. Haug og Blom-Bakke A/S
Siv.ing. Egil Haug
Siv.ing. Lars Blom-Bakke
Siv.ing. Øistein O. Pettersen

Chr. Krohgs gt. 32 B
0186 Oslo
Telefon ~~22 36 44 40~~ 22 98 90 12
Telefax ~~22 36 05 50~~ 22 98 90 29

Postgiro nr.
0808 2542249
Bankgiro nr.
1627.05.15650

Foretaks nr.
943 276 390 MVA