

DNMI

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

klima

**LYSEFJORDEN BRU - HENGEBRUALTERNATIVET
EN EKSTREMVINDANALYSE**

KNUT HARSTVEIT
RAPPORT NR.17/93



DNMI-RAPPORT

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

ISBN

RAPPORT NR.

17/93

DATO

28.04.93

TITTEL

LYSEFJORDEN BRU - HENGEBRUALTERNATIVET EN EKSTREMVINDANALYSE

UTARBEIDET AV

Knut Harstveit

OPPDRAGSGIVER

STATENS VEGVESEN - ROGALAND VEGKONTOR

OPPDRAGSNR.

SAMMENDRAG

Rapporten omhandler en vurdering av ekstremvindforholdene ved Giskelines i ytre Lysefjorden. Det er planlagt en hengebru på stedet.

Ekstremvinddata fra værstasjonen Sola danner hovedgrunnlaget for rapporten. Det er også benyttet 1 års data fra en målestasjon på Lauvvik i Høgsfjorden. En befaring og intervju med en båtskipper med 13-14 års fartstid på Lysefjorden er også med i vurderingen.

Den sterkeste vinden er vurdert til å komme fra vest. 100 - årsverdien for 10 minutters middelvind i 10 m høyde er estimert til 27 m/s og 3 s vindkast til 41 m/s. 50 m over fjorden er disse tallene økt til 36 og 49 m/s.

UNDERSKRIFT

Knut Harstveit

Knut Harstveit

SAKSBEHANDLER

Bjørn Aune

Bjørn Aune

FAGSJEF

S A M M E N D R A G

Data fra værstasjonen Sola (1958-92) er benyttet for estimering av ekstreme vindforhold ved Giskelines, en hengebrutrasé i ytre Lysefjorden i Rogaland. Privatstasjonen Lauvvik i Høgsfjorden (1989/90) er benyttet som støtte ved vurderingen.

Sola værstasjon er vurdert som den beste referansestasjonen og danner hovedgrunnlaget for estimeringen. Det er også foretatt en befaring og intervju med en båtskipper med lang fartstid i området. Vurderingen bygger på at vestlig vind er like sterk ved Giskelines som på Sola, mens vindfelt fra øvrige retninger svekkes av den lokale topografi.

Den sterke vestlige vinden blåser lokalt langs fjorden fra sørvestlig kant. Ved sterke nordlige vindfelt blåser en relativt sterk nordøstlig vind i området. Øst og sørøstlig vind som er hyppig og sterk mange steder i Høgsfjorden og Lysefjorden er skjermet av et fjellparti øst for Giskelines og gjør seg lite gjeldende ved brustedet.

Estimerte verdier må oppfattes som de mest sannsynlige. Usikkerhetene er store fordi det er fysiske effekter som bare er skjønnsmessig vurdert. Det anbefales målinger i området. Giskelines på sørøstsiden av sundet synes være velegnet til målinger.

Tabellen viser estimerte ekstremverdier av vindhastigheter (m/s) med 10 minutter og 3 sekunder midlingstider ved den planlagte brua. Tabellen inneholder også estimert horisontal turbulensintensitet og er gitt for 3 nivåer over fjordflaten.

Par. / z	10m	50m	100m
U(10min)	27m/s	36m/s	41m/s
U(3sek)	41m/s	49m/s	55m/s
I_u	0.19	0.14	0.13

1. Innledning

Bakgrunnen for denne rapporten er en forespørsel fra Statens Vegvesen Rogaland. Man er der i gang med planlegging av vegforbindelse over ytre del av Lysefjorden. Det er 3 alternativer for denne vegforbindelsen. Alternativ 2 er en hengebruforbindelse som fordrer vinddata. Det er enda ikke bestemt hvilket alternativ som skal realiseres. En regner likevel med byggestart i 1994.

2. Sted og topografi

Bruområdet ligger i Ryfylke, Rogaland nær det sørvestre hjørnet av Norge. Området ligger ca. 30 km innefor kystlinjen.

De ytterste 10 km er preget av et flatt landskap (Jæren). Innenfor Gandsfjorden og Sandnes er det et bølget fjellandskap med høyder på 3-500 moh. En forlengelse fra Boknafjorden nord for Stavanger, Høgsfjorden, avgrenser mot et høyere fjellandskap øst for denne. Høgsfjorden løper sørøst - nordvest. Lysefjorden er en sidefjord til Høgsfjorden. Lysefjorden er 40 km lang, <2km bred og løper nordøst-sørvest i ytre del, men dreier østnordøst - vestsørvest i indre del. Fjordsidene er meget bratte.

Lysefjorden skjærer seg inn i et fjellandskap. Fjellhøyden på sørøstsiden av fjorden er 500-800m i ytre del og 800-1100m i indre del. På nordvestsiden av fjorden er fjellhøyden 200-700m i ytre del. Nord for indre del er høyden 700-1000m.

Den ytterste del av fjorden, mellom Forsand og Hamn, er en 5 km lang strekning som løper nordnordøst - sørsørvest (025-205°). Denne strekningen har en markert innsnevring ved Giskelines der fjordbredden (utenom selve Giskelines) er nede i 500m. Giskelines er en flat halvøy som stikker 100m ut i fjorden fra østsiden. Dette er det aktuelle hengebruområdet. Området ligger i Forsand kommune.

Sør og nord for hengebruområdet er fjorden mer enn 1 km bred. Innsnevringen er preget av bratte fjell. Fjellsidehelningen ligger i området 30-45°. Øst for bruområdet reiser Bergefjellet (630moh) og Vikastakken seg (645 moh). Vest for brustedet går Sökkaknuten opp i 341 moh og Viddasfjell har en topp på 428 moh.

Fjellene Vikastakken-Bergefjellet på østsiden utgjør en fjellrygg med akse sørvest-nordøst.

Fjellene på vestsiden (Viddalsfjellet-Varden-Sökkaknuten) utgjør også en fjellrygg, men akse avhenger av den skala som betraktes.



Figur 1
Kart over ytre Lysefjorden og deler av Høgsfjorden.

3. En kvalitativ analyse av vindforholdene i området

Det bratte terrenget utgjør en risiko for at sterk vind/sterke vindkast kan slå ned i fjorden. Slike nedslag er kjent ved øst og sørøstlige vindfelt mange steder i indre strøk i Rogaland og Hordaland (1). Nordvestlige og sørøstlige vinder er ellers de sterkeste og hyppigste vinder i Høgsfjorden (2).

3.1. Befaring og intervju med båtskipper

Den 30.03.93 ble det gjennomført en befaring med hurtigbåt fra Lauvvik over Høgsfjorden til Forsand, gjennom sundet ved Giskelines der hengebrualternativet er. Derfra videre til Hamn og retur langs sørøstre fjordbredd. På befaringen deltok en båtskipper med 13-14 års fartstid på Lysefjorden, en representant fra Teknisk etat, Forsand kommune, J. Thomsen fra Rogaland vegkontor og K. Harstveit (DNMI). Båtskipperen ble intervjuet om vindforholdene i området. Gjennom intervjuet røpet han god fysisk forståelse og observasjonsevne. Hans opplysninger ble derfor tillagt vekt.

Været var pent. Det blåste sørøstlig vind, vurdert til liten kuling i Høgsfjorden. Innenfor Forsand merket vi lite til denne vinden, kun et svakt sørlig drag. Inn mot Giskelines snudde dette draget, slik at en svak nordlig vind blåste gjennom Giskelines. Dette forholdet holdt seg inntil få hundre meter sør for Hamn. Der møtte vi en sterk østlig (eller østnordøstlig) vind, minst like sterk som på Høgsfjorden. Det var tydelig at det aktuelle bruområdet lå skjermet for sørøstlig vind.

Båtføreren opplyste at vi var vitne til det vanlige mønsteret ved øst og sørøstvind. Han mente at bruområdet kanskje var det stedet i Lysefjorden der det var minst vind. Siden dette er dominerende vindretning i Høgsfjorden er sørøst (2), er en slik uttalelse grei.

Ellers nevnte båtføreren at også den andre hovedretningen i Høgsfjorden, nordvestlig vind, ble en del redusert ved bruområdet, men at enkelte sterke kast kunne forekomme. På "høge-nord" kom det en sterk vind ut gjennom sundet. Også ved sørlig vind kunne det blåse noe i sundet, men den sterkeste vinden var nok vestlig vind, mente han, hvor vinden kom "fritt over derfra" som han sa og pekte i retning Ims/Høle.

3.2. Systematisk vurdering av vinden i forskjellige sektorer

Nordlige vindfelt blåser over kanten på fjellet Hatten, 5 km nordøst for brustedet. Der separeres vinden. Samtidig blåser det vind over fra Botnfjorden. Resultatet blir en virvel som dras ned mot fjorden. Vinden fortsetter utover, strupes ved Giskelines og resultatet blir en sterk nordnordøstlig vind ved brustedet. Imidlertid er nordlige vindfelt noe svekket i forhold til Sola

fordi den har passert over store landområder langs fjellrekken på Vestlandet.

Nordøstlige vindfelt er generelt svake i hele regionen og blir ikke diskutert.

Østlige og sørøstlige vindfelt blåser som en sterk sørøstlig vind i Høgsfjorden, og som en sterk øst - nordøst vind innenfor Hamm. Innover Lysefjorden kan det være områder med sterke vindkast i slike situasjoner. Ifølge båtfører N.N. vil øst og sørøstlig vind bare i liten grad gjøre seg gjeldende ved bruområdet. Dette var også det vi opplevde på befaringen.

Sørlig vind vil oppnå en viss styrke i innsnevringen ved Giskelines, men er på forhånd en del redusert ved sin bane over landskapsområdet sør for Forsand (Bjerkreim og Gjesdal kommuner). Dette gjelder også sørsørvestlig vind.

Vestsørvestlig til vestlig vind blåser i en kanal fra Sandnes over mot Ims og Ådnøya mot Sokkaknuten. Der dannes det et undertrykk ved Høllesli og vind dras inn i dette gjennom sundet ved Giskelines. Her oppstår en ekstra akselerasjon som følge av innsnevringen av fjorden. Båtføreren vi intervjuet mente at slik vestlig vind trolig er den sterkeste vinden ved brustedet.

Nordvestlig vind vil komme i form av en del sterke vindkast i ytre Lysefjorden. Ifølge båtføreren er kastene imidlertid ikke så sterke at han anser dette som noe stort problem.

4. Kvantitative ekstremvindestimer

4.1. 10 min middelvind

Basert på perioden 1958/59 - 1991/92 er det for Sola beregnet ekstremverdistatistikk for 8 sektorer for 10 minutters middelvind (m/s):

Tabell 1.

Ekstremverdier av 10 min. middelvind (m/s) med 3 returperioder for Sola værstasjon. Ekstremverdiene er gitt sektorvis for 8 sektorer og for vilkårlig sektor. Datagrunnlaget er fra 1958/59 - 1991/92.

ÅR	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	ALLE
2	19	10	15	17	17	16	18	21	21.1
10	23	13	18	20	20	19	22	25	25.5
100	28	15	21	25	25	23	27	30	30.9

Tabellen viser at vind fra vest til nord kan bli svært sterk. Det antas at nordlige vindfelt svekkes innover i fylket fordi slik vind da strømmes over lange fjellområder. Vi ser bort fra nordvestlig vind etter opplysningene fra båtskipperen, og konsentrerer oss om vestlig vind.

Vestlig, eller egentlig vestsørvestlig (240-260°), vind vil strømme gjennom kanalen ved Storavatnet over fra Sandnes.

Det viser seg at midlere hastighet ved nordvestlig vind er redusert til ca. 80% av Solaverdiene ved Lauvvik. Vinden blåser da langs Høgsfjorden, men uten ekstra strupningseffekt, og trolig på et sted som har noe reduksjon i forhold til midt ute på fjorden. Vi antar at vestlig vind reduseres på omtrent samme måte mot Giskelines, men at den ekstra forsterkning som foregår ved brustedet vil gi like sterk vind som på Sola. Dette gir 27 m/s som 100 årsverdi av 10 minutters middelvind, 10 m over vannflaten midt ute i sundet.

4.2 Vindkastekstremer

Kastfaktoren defineres som forholdet mellom vindkast og middelvind. Kastfaktoren på Sola er 1.5. Data fra Lauvvik (2) er presentert i frekvenstabeller (10 min middelvind) og stolpediagram (gjelder 2 s vindkast, forskjell til 3 s er ubetydelig). Sammenligning gir 95% fraktil på 14.9 m/s (vindkast) og 10.0 m/s (middelvind). Dette gir en kastfaktor på 1.49. For 90% fraktilen blir tilsvarende tall 12.8 m/s og 8.2 m/s, med kastfaktor 1.56. Høyeste rapporterte verdier var 32.8 m/s (vindkast) og 22.3 m/s (middelvind), kastfaktor 1.46.

Dette viser at kastfaktoren ved sterk vind på Lauvvik i Høgsfjorden er omtrent som for Sola, dvs. 1.5.

Dette er høyere enn det som kan forventes ut fra vannruhet ved sterk vind, og må skyldes en del innvirkning fra landskapet utenom fjorden.

Den samme kastfaktoren kan påregnes ved Giskelines. Vi benytter derfor 1.5 som faktor. Dette gir 40.5 m/s som 100 årsverdi av 3 sekunder vindkast 10 m over fjorden.

4.3. Vindprofiler og turbulensintensitet

Longitudinal turbulensintensitet, I_u , eller standardavviket i vindretningen dividert på 10min. middelvind, kan finnes av 3 s kastfaktor ved ligning

$$I_u = \frac{GF_{3sek} - 1}{2.6} \quad \text{lign. (1)}$$

etter (3). I utgangspunktet betraktes turbulensintensiteten som

isotrop i horisontalplanet. 10 m over fjorden gir dette $I_u=0.19$.

Høydeøkningen kan finnes av potensformelen

$$\frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{Z_2}{Z_1}\right)^n = \frac{1-Gf_1}{1-Gf_2} \quad \text{lign. (2)}$$

som gir 10 min middelvind i 2 høyder som en funksjon av kvotienten mellom høydene, evt. $1-Gf$, der Gf er kastfaktor.

Høydeøkningen, gitt ved eksponent n , er ruhetsavhengig. Ved homogene forhold er n knyttet til kastfaktoren, gjennom lign. 3 (funnet ved kurvetilpasning mellom det logaritmiske vindprofil og potensprofil):

$$n = 0.36 e^{\frac{-0.36}{Gf_{3s,10m}^{-1}}} \quad \text{lign. (3)}$$

Med kastfaktor 1.5 gir lign. 3 en n -eksponent på 0.18, derved oppnås 36.0 m/s som 10 min middelvind i 50 m høyde over fjorden (lign. 2). Kastfaktoren i 50 meters høyde blir 1.37, dvs. kasthastigheten blir 49.3 m/s. Turbulensintensiteten, I_u (50m) blir 0.14 ifølge lign. 1.

Ligning 2 med de gitte n -verdier gir følgende tabell:

Tabell 2.

Tabell over 100 - års verdier av 10 min middelvind og 3 s vindkast sammen med kastfaktor, Gf , turbulensintensitet, I_u og n -eksponent i vindprofilen. Verdiene er gitt i 3 høyder over fjordflaten ved brustedet i Lysefjorden.

Par. / z	10m	50m	100m
U(10min)	27m/s	36m/s	41m/s
U(3sek)	41m/s	49m/s	55m/s
Gf(3sek)	1.50	1.37	1.33
I_u	0.19	0.14	0.13
n	0.18	0.18	0.18

Det er forholdsvis store usikkerheter knyttet til disse tallene. Usikkerheten er særlig knyttet til koblingen mellom Giskelines og Sola. For å bedre dette leddet bør målinger ved Giskelines løpe ett års tid.

5. Referanseliste**(1) Harstveit, K.:**

*Hardangerbrua. Vindmålinger 11.11.88 -
01.09.90. Oppdragsrapport for Statens veg-
vesen.
DNMI KLIMA 31/90*

(2) Eidnes, G. og Lothe, A.:

*Miljømålinger for dykket rørbru over
Høgsfjorden. Sluttrapport.
NHL rapport STF60 F90036.
Trondheim 1990.*

(3) Harstveit, K.:

*Askøy bro. Vindmålinger på Storebuneset
01.12.87 - 29.02.88. Oppdragsrapport for
Statens vegvesen.
DNMI KLIMA 12/88*



Metrologisk institutt
Klimaavdelingen v/Knut Harstveit
Postboks 43
Blinderen
0313 OSLO

METEOROLOGISK INSTITUTT	
Saksnr. 773	Dok.nr.:
Saksb. Kl.	A 322.1
Innk. 25/2-93	Eks:

**RV 13 LYSEFORDEN BRU
FORESPØRSEL OM PRISTILBUD FOR UTARBEIDELSE AV
BELASTNINGSKRITERIER VEDRØRENDE VINDLASTER FOR
HENGEBRUALTERNATIVET**

Det henvises til telefonsamtale 19. februar 1993.

Det ønskes i første omgang pristilbud for utarbeidelse av belastningskriterier for vind vedrørende hengebrualternativet for Lyseforden bru.

Hengebruprosjektet har linjeføring etter alternativ 2 på vedlagte bilag 1 og 2, datert 10. februar 1993.

Selve hengebruprosjektet har et hovedspenn over fjorden på 430 m i ca. 50 m høyde som vist på bilag 4.

Norges Hydrotekniske Laboratorium (NHL) har i tiden 31. august 1989 til 2. april 1990 foretatt vindmålinger ved Lauvvik ferjekai. Beliggenheten av målestasjonen er avmerket med rødt på bilag 2.

Resultatet av målingene vil bli ettersendt.

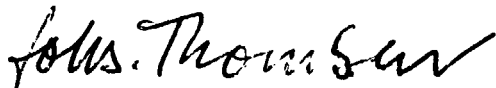
Det er ikke endelig avgjort hvilke alternative bru-prosjekt som skal bygges. En regner likevel med byggestart i 1994.

I første omgang trengs anbefalinger om de vindlaster det må regnes med for å kunne utarbeide et korrekt kostnadsoverslag for hengebrualternativet.

Dersom Metrologisk institutt mener det er nødvendig med nærmere lokale målinger av vinden om hengebrualternativet blir endelig valgt, bes dette opplyst.

Tilbudet på vurdeirngen av vindkraftene for hengebrualternativet bes sendt snarest og senest innen 8.mars 1993.

Anleggsavdelingen
Med hilsen



Johannes Thomsen
overing.

Vedlegg

Kopi til: P, PU, A , Ab, J. Thomsen
Vegdirektoratet
Bruavd. v/Vangsnes

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

STATENS VEGVESEN Rogaland

pb. 197

4001 STAVANGER

Attn.: O.ing. Johannes Thomsen

Deres ref.:

Vår ref.: (bes oppgitt ved svar)

Dato:

Brev av 24.02.93

322.1/773/93 KnH

8. mars 1993

RV 13 LYSEFJORDEN BRU HENGEBRUALTERNATIVET

DNMI vil kunne ta på seg en vurdering av vindforholdene ved brustedet. En vil benytte data fra Sola og Utsira som referanse. Data fra Lauvvik, Høgsfjorden vil også bli brukt. Disse forutsettes ettersendt. Deretter blir det foretatt en topografisk korreksjon for vinden inn mot brustedet. En befaring i området er nødvendig sammen med en samtale med lokalkjente (fastboende på Forsand, ferjeskipperer med lang fartstid). En befaring bør gjøres i samarbeid med Vegkontoret.

Det vil bli utarbeidet ekstremverdier av 10, 50 og 100 års returperiode med varighet 3 sek., 1 min., og 10 min for vind på tvers av brua, 50 m over sjøen. Det blir også gitt estimater av turbulensintensitet i vindens retning ved brustedet. Det vil også bli utarbeidet vindprofiler ved brutårnene, fra 10 til 100m over sjøen, ved vind på langs og på tvers av tårnene.

Analysen kan gjøres til en pris av kr. 20.000,- inkludert utgifter til befaring. Rapport vil foreligge pr. 01.05.93.

Resultatet må nødvendigvis bli beheftet med en del usikkerhet. En vil allerede nå signalisere at det er nødvendig med målinger på stedet for å få mer sikre konklusjoner. Vindforholdene på brustedet kan være svært forskjellige fra såvel Utsira og Sola, som Lauvvik.

Brev adresseres til Det norske meteorologiske institutt, ikke til funksjonærer.

Postadresse:
Postboks 43 - Blindern
0313 OSLO 3

Kontoradresse:
Niels Henrik Abels vei 40

Telegramadresse:
Meteorologen
Oslo 3

Telefon:
(02) 60 50 90

Telex: 21564
Telefax: 69 25 15
Teletex: 18 04 80

Postgiro nr: 0807 5052600
Bankgiro nr.: 6094.05.00527

Det anbefales at Vegkontoret snarest setter igang nødvendig anbudsvirksomhet for vindmåledelen. Vindmålingene bør være igang pr. 1.09.93 for å sikre data fra høsten 1993. Erfaringsmessig går det 3-6 mnd. fra målingene først planlegges til de første data foreligger.

Med hilsen

Bjørn Aune e.f.
fagsjef

Knut Harstveit