

DNMI

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

# *klima*

KLIMALASTER - GULEN ANTENNEMAST

av Knut Harstveit

RAPPORT NR. 25/87



# DNMI - RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT  
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO 3  
TELEFON : (02) 60 50 90

ISBN

RAPPORT NR.

25/87 KLIMA

DATO

29.07.1987

TITTEL

KLIMALASTER - GULEN ANTENNEMAST

UTARBEIDET AV

KNUT HARSTVEIT

OPPDRAGSGIVER

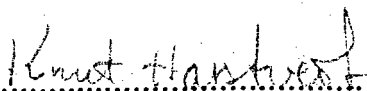
TELEDIREKTORATET - TRK

OPPDRAGSNR.

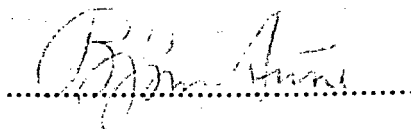
SAMMENDRAG

Med bakgrunn i en ønske om en generell nyvurdering av klimalastene på Gulen og en særlig interesse fra G. Folkestad er en slik analyse utført. 10 min middelvind med 50 års returperiode er satt til 50 m/s i topp av mast, og 45 m/s i 10 m' s nivå. Tilsvarende 3-5 s vindkast er satt til 60 m/s over hele masten. Turbulensintensiteten er satt til 8 % i topp og 18% i 10 m' s nivå. Islastene er satt til 40 cm utbygning mot sørvest til nordvest i toppantenne, til fylling av gittermast og 20 cm konsentrisk belegg, og til 10 cm konsentrisk belegg under 70 m.

UNDERSKRIFT



Knut Harstveit  
SAKSBEHANDLER



Bjørn Aune  
FAGSJEF

## KLIMALASTER FOR GULEN FM/TV SENDER.

## SAMMENDRAG

50 - ÅRS MIDDELVIND, m/s.

	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	VILKÅRLIG
100m	40	25	30	35	50	45	45	40	50
10m	40	21	25	29	41	45	45	40	45

Tabell 1. Estimert ekstremverdi av 10 min. middelvind med 50 -års returperiode på, Gulen TV-sender. Sørlig vind faller logaritmisk i styrke fra 30-10 m, fra 50 til 41 m/s. Profilet i vilkårlig sektor skulle da være klarlagt.

Tabell 2 viser en oppsummering av vindkast og turbulensforhold. Profilene av turbulensintensiteten antas variere logaritmisk fra 10m til 100 m's nivå.

ELEMENT	NIVÅ	S	SV-V	VILKÅRLIG
VIND- KAST	100m	60m/s	50m/s	60m/s
	10m	60m/s	60m/s	60m/s
I	100m	0.08	0.05	0.08
	10m	0.18	0.13	0.18

Tabell 2. Variasjon av 50- årsverdien av 3-5 s vindkast og turbulensintensitet, I, i de mest utsatte sektorer på Gulen FM/TV sender.

## ISLASTER.

Islastenes 50 års- verdier er satt til 10 cm i nederste 70 m hvor diameteren er 4 - 6 m, til 20 cm utenpå fylt gittermast, og 40 cm på toppantenne (diameter 1.6 m). Isen på toppantennen kan regnes som 40 cm i sektor sør til nordvest ( $180^{\circ}$  -  $315^{\circ}$ ) med elliptisk avtagende tykkelse til null. I sektor nord til sørøst ( $0^{\circ}$  -  $135^{\circ}$ ) er det således ikke is.

Isstrukturen er trolig noe variabel, men det mest vanlige er kanskje en "blomkålstruktur" med større og mindre hulrom. Isens tetthet kan i ugunstige forhold komme opp i  $700 \text{ kg/m}^3$ .

Kombinasjonen full islast / full vindlast vil ha en vesentlig lenger returperiode enn de to begivenhetene hver for seg.

### Vind og is kombinert.

I hht. de nye retningslinjene for vind og islast kombinert skal 1- års verdien av vind kombineres med 50 - års verdi av islast. 50 - års islast skal altså kombineres med 75% av de oppgitte 50 -års vindverdier.

Videre skal 50 -års vindverdier kombineres med årlig forekommende islast, i dette tilfellet 25% av 50 - års verdien.

## 1. INNLEDNING.

Grunnlaget for denne rapporten ble formulert på møte hos Rambøll & Hannemann, København 12. - 13. november 1986. Revurdering av gjeldende klimalaster på Gulen FM/TV sender ble der framlagt som en høyt prioritert oppgave. Saken er igjen aktualisert gjennom diskusjoner omkring oppførselen av nylig montert toppantenne under de aktuelle klimatiske forhold, se brev fra G. Folkestad (1, 2).

## 2. STED OG TOPOGRAFI.

Gulen fjernssyndsender ligger på Brosviksåta, 723 m o.h., i Gulen kommune, ytre Sogn (Fig. 1). Masten er ca. 100 m høy inkl. toppantenne på 12.5m.

### 2.1. Regional og storskala topografi.

Området er særlig skjermet mot nordøst av terreng med stor horisontal mektighet og som når opp i 2000 m' s høyde (Jostedalsbreen, Breheimen, Jotunheimen. Mot øst og sørøst er fjellrekken lavere (1500 m) og noe mindre mektig, men fjellpartier som Hallingskarvet, Hardangerjøkulen og Hardangervidda bidrar til å kanalisere vinden slik at sterk vind i enkelte soner kan forekomme. Slike vinder gjør seg imidlertid mer gjeldende i indre strøk.

I sektor sør gjennom vest til nord er terrenget åpent.

### 2.2. Lokal topografi.

Brosviksåta ligger åpent til på en halvøy mellom Sognefjorden og Gulafjorden (Fig.1). Halvøya har dimensjon 5 x 10 km. Fjelltoppen ligger på en nord - syd gående rygg. Mot øst er det meget bratt ned mot dalføret Nordgulen - Rutledal. Nærliggende fjell med samme høyde finnes øst og sørøst for toppen, i 5 - 10 km's avstand. 40 km mot østsørøst ligger Stølsheimen med topper på over 1200 m. Mot vest, nordvest og nord faller terrenget også nokså bratt mot sjøen, Sognefjorden i nord. Mot sør faller terrenget langsommere i høyde. Rettnok skjærer det seg fjorder og daler inn mellom fjellpartier, men utjevnet faller terrenget mot Fensfjorden, ca. 20 km mot sør.

### 3. VINDFORHOLD

#### 3.1 Dimensjonerende middelvind i topp av mast.

Der er tidligere utført en ekstremanalyse på vinddata fra Hellisøy fyr (3). Denne gav 36 m/s som ekstrem 10 min middelvind med 50 års returperiode. Vindretningen er sørlig. Vi har i (4) argumentert for at denne er svakt friksjonsbremset i forhold til forholdene over en fri sjøflate under samme regionale topografiske påvirkning. Justeres vinden opp til 38 m/s får vi 56 m/s som gradientvind ved bruk av lign. 1. Med denne gradientvind og vind i 10 m' s høyde,  $u(10)$ , på 36 m/s blir da ruheten,  $z_0 = 0.007\text{m}$ .

$$u(z) = 0.285 VG (VG/fz_0)^{-0.065} \ln(z/z_0) \text{ (lign. 1)}$$

Lign. 1 gir forholdet mellom gradientvinden,  $VG$ , og vindstyrken,  $u(z)$ , i høyden,  $z$  nede i atmosfærens grenselag ved ruhet,  $z_0$  og coriolisparameter,  $f (=1.3 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1})$  (5).

Overnevnte "gradientvind" på 56 m/s i sørlig sektor antas nå representere ekstrem 10 min middelvind med 50 års returperiode på toppen av friksjonssjiktet på kysten av Nordhordland og Sogn. Denne verdi er noe høyere enn verdien over fritt hav utenfor den kystsonen som er påvirket av fjellene.

Brosviksåta ligger noe lenger inne enn Hellisøy fyr. Sørlig vind må strømme over en betraktelig ruere overflate, ruheten kan vurderes til 0.1 m. Nå ligger toppen av TV - masten 820 m o.h., men gjennomsnittelig terrenghøyde de siste 20 km er ca. 300m o.h.. Det er derfor rimelig å sette effektiv høyde til 500 m. Ved bruk av lign. 1 får vi da  $u(500 \text{ m}) = 50 \text{ m/s}$  når  $VG = 56 \text{ m/s}$ . Vinden i toppen av TV - masten kan antas fri for påvirkning av selve toppen av Brosviksåta, da den ligger 100 m over denne. Dimensjonerende middelvind i topp av mast kan derfor settes til 50 m/s.

I sektor sørvest til vest strømmer vinden over en fri sjøflate og friksjonssjiktet er tynt (250 m). Gradientvinden er da den vind som blåser over 250 m' s nivået. Vi har imidlertid argumentert for (2) at vind i nivåer under fjellkamhøyde (1200 - 1500m) er regionalt bremset pga.

heving mot høyereliggende topografi. I nivåer på 400 - 500 m er 50 - årsvinden estimert til 44 m/s. Ved høyder sammenlignbare med fjellkamhøyden innenfor ligger den høyere. Vi anslår derfor "gradientvinden" til 45 m/s i sørvestlig til nordvestlig sektor i 820 m's høyde.

Nordvestlig gradientvind strømmer over øyer i Sulen kommune og vil svekkes noe. Nordlig gradientvind er generelt noe svakere, og i tillegg er føringen noe svakere for nordlig enn for sørlig vind fordi landet da ligger til venstre for vinden. Derved oppnås ikke akselerasjonseffekter ved ubalanse med corioliskraften. Friksjonsbremsingen kan anta være den samme ved nordlig som ved sørlig vind. Dersom gradientvinden antas til 45 m/s i nordvestlig sektor, og svakt kystforsterket gradientvind i nordlig sektor også er 45 m/s, kan 50 -årsverdien for nordvestlig til nordlig vind i topp av mast beregnes til 40 m/s.

I nordøstlig sektor er der store skjermingseffekter. Slik vind er regionalt skjermet ved fjellrekken som har stor horisontal skala mot denne retning og høye fjellpartier (nordlige Langfjell). 50 - årsverdien av 10 min middelvind settes derfor til 25 m/s i nordøstlig sektor.

Østlig vind vil kunne slå ned en del steder i indre strøk, men på kysten vil skjermingseffekten dominere. Sørøstlig vind vil kunne være ganske sterk i indre strøk og på kysten i sørlige del av Vestlandet. Ved Gulen vil imidlertid slik overstrømt vind være svekket pga. friksjonseffekter langs den lange veien over høye fjell på le - siden av Langfjellene. Det synes rimelig at slik vind er noe sterkere enn østlig vind, men svakere enn vestlig. 50 - årsverdien for østlig vind settes således til 30 m/s og for sørøstlig vind, 35 m/s.

### 3.2 Dimensjonerende middelvind ved fot av mast.

Det er rimelig at vind i sektor sørvest til vest er lite bremsset ved fot av mast. Den bremsing som måtte inntre vil være motvirket av overstrømningsforsterkning. I sørvestlig til vestlig sektor benyttes derfor konstant vindprofil med 45 m/s over hele mastens lengde. Et tilsvarende profil antas holde for nordvestlig og nordlig vind, dvs. 40 m/s over hele masten.

Sørlig vind vil være friksjonsbremset i nedre del av mast. Toppens form tilsier ingen forsterkning. Vind som kommer inn mot toppen med styrke 50 m/s utsettes for det nye grenselag.

Dets høyde, H kan beregnes ved formelen

$$H/z_0 = 0.48 (x/z_0)^{0.76} \quad (\text{lign. 2})$$

beregnet ut fra (6, Fig.1). Med lengden  $x=3\text{km}$  av det nye underlag i 600-700 m nivå, og  $z_0=0.1\text{m}$  blir  $H = 120$  m. De siste 500 m inn mot fjelltoppen er imidlertid stigningen 80 m, og lign. 2 gir da  $H = 30$  m. Det er derfor sannsynlig at vinden i øvre del mast ikke er påvirket av lokalt grenselag (over ca. 30 m). 50 - års vinden i dette nivå blir da 50 m/s, men hastigheten under dette nivå faller etter lign. 3:

$$u(10)/u(30) = (10/30)^n \quad (\text{lign. 3})$$

med  $n= 0.18$  for  $z_0 = 0.1$  m. Dette gir  $u(10) = 41$  m/s for  $u(30) = 50$  m/s. Sørlig vind er således noe bremsset i 10 m s nivå.

Det antas en tilsvarende reduksjon for nordøstlig, østlig og sørøstlig vind, som da blir hhv. 21 m/s, 25 m/s og 29 m/s ved ekstrem 10 min middelvind med 50 års returperiode.

#### 50 - ÅRS MIDDELVIND, m/s.

	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	VILKÅRLIG
100m	40	25	30	35	50	45	45	40	50
10m	40	21	25	29	41	45	45	40	45

Tabell 1. Estimert ekstremverdi av 10 min. middelvind med 50 - års returperiode på, Gulen TV-sender. Sørlig vind faller logaritmisk i styrke fra 30-10 m, fra 50 til 41 m/s. Profilet i vilkårlig sektor skulle da være klarlagt.



### 3.3. Vindkast og turbulensintensitet.

#### Vindkast.

Ved uforstyrret vindfelt over Vega (7) ble det målt 3-5s vindkastverdier som lå 1.13 ganger høyere enn 10 min middelvind. Dette kan antas også ved Gulen, der vindkastene ved gradientvind på 56 m/s da kommer opp i 63 m/s. Ved bremsing av middelvinden fra 56 m/s til 50 m/s i topp av mast, er det da rimelig å anta at vindkastene kan nå opp i 60 m/s, siden bremsingen av vindkast vil være mindre enn bremsing av middelvinden.

50 - årsverdien av 10 min middelvind ved fot av mast i sørvestlig til vestlig sektor er 45 m/s. Tilført bevegelsesenergi ved konvergens av strømlinjene antas å ha ført til økt turbulens i nedre 30 m over fjelltoppen. Ved sørvestlig vind over Vega-toppen ble det målt et tilnærmet konstant middelvindprofil, mens kastfaktoren i 10 m høyde var økt til 1.35. Brukes dette på Brosviksåta ved sørvestlig til vestlig vind, får vi 60 m/s som 50 års verdi av 3-5 s vindkast i denne sektor.

Ved sørlig sektor og 10 min middelvind på 41 m/s er det ikke sannsynlig at vindkastverdien vil kunne overskride 60 m/s, da det her er tale om ren friksjonsbremsing fra 50 m/s i 100 m's høyde.

Konklusjonen blir at 50 - årsverdien av 3-5 s vindkast er 60 m/s over hele masten, og at denne kommer i sektor sør til vest.

#### Turbulensintensitet.

Vi bruker nå lign. 4, etter (7)

$$I = (1/2.7) (GF - 1) \quad (\text{lign. 4})$$

hvor  $I$  er turbulensintensiteten og  $GF$  er 3 - 5 s vindkast. Med  $GF(100m) = 60/50 = 1.20$  og  $GF(10m) = 60/41 = 1.46$  i sørlig sektor, blir  $I(100m) = 0.074$  og  $I(10m) = 0.172$  i samme sektor. Disse avrundes konservativt til 0.08 og 0.18.

I sørvestlig til vestlig sektor er  $GF(100m) = 1.13$  (uforstyrret av terrengruhet) og  $GF(10m) = 60/45 = 1.33$ . Vi får da  $I(100m) = 0.048$  og  $I(10m) = 0.123$ , konservativt avrundet til 0.05 og 0.13.

Tabell 2 viser en oppsummering av vindkast og turbulensforhold. Profilene av turbulensintensiteten antas variere logaritmisk fra 10m til 100 m's nivå.

ELEMENT	NIVÅ	S	SV-V	VILKÅRLIG
VIND- KAST	100m	60m/s	50m/s	60m/s
	10m	60m/s	60m/s	60m/s
I	100m	0.08	0.05	0.08
	10m	0.18	0.13	0.18

Tabell 2. Variasjon av 50- årsverdien av 3-5 s vindkast og turbulensintensitet, I, i de mest utsatte sektorer på Gulen FM/TV sender.

#### 4. ISLASTER

Gulen antennemast ligger 723 m o.h, og som det framgår av kap. 2 ligger masten åpent til fra sør gjennom vest til nord. Det vil si at fuktig vind inn fra havet treffer masten uten dekning. Mastetoppen ligger i over 800 m' s høyde. Vintertemperaturen nær havoverflaten ligger oftest i området +1 - +5 °C, og dette medfører at lufttemperaturen i 800 m' s nivået ligger i området -5 - 0 °C. Skybasis ved pålandsvind ligger under dette nivå. Dette gjør Gulen antennemast utsatt for skyis (ising pga. underkjølte vanndråper i skyluft). I tillegg kan det dannes snøbelegg i forbindelse med våt snø og vind (temperatur 1 - 2 °C).

Temperaturen om vinteren vil imidlertid i perioder ligge over 0° C, og isbelegget vil smelte av. Episoder med mye fuktighetstilførsel vil gjerne inneholde en slik mildværs-episode. Det blir således vanligvis ikke akkumulert større mengder is gjennom lengre tid.

Vega antennemast ligger eksponert omtrent på samme måte som Gulen, og i samme høyde. Den ligger dog lengre nord. Gjennomsnittstemperaturen og mildværsfrekvensen ved pålandsvind har derfor en nedgang fra Gulen til Vega. Sørvestlig vind på Vega er imidlertid ofte svært mild, slik at forskjellen ikke er særlig stor.

Med bakgrunn i overnevnte diskusjon kan vi holde oss til islastene som er gitt for Vega, med en svak reduksjon. Islastenes 50 års- verdier settes da til 10 cm i nederste 70 m hvor diameteren er 4 - 6 m, til 20 cm utenpå fylt gittermast, og 40 cm på toppantenne (diameter 1.6 m). Forholdene for mast under toppantenne er således omtrent slik som opprinnelig gitt av H. Råstad. Isen på toppantennen kan regnes som 40 cm i sektor sør til nordvest ( $180^{\circ}$  -  $315^{\circ}$ ) med elliptisk avtagende tykkelse til null. I sektor nord til sørøst ( $0^{\circ}$  -  $135^{\circ}$ ) er det således ikke is.

Isstrukturen er trolig noe variabel, men det mest vanlige er kanskje en "blomkålstruktur," med større og mindre hulrom. Isens tetthet kan i ugunstige forhold komme opp i  $700 \text{ kg/m}^3$ .

Under episoder med ekstremt sterk vind følger ofte varmluft. Likeledes er det større risiko for ekstreme vindbegivenheter i perioder med mye urolig vær. I slike perioder forekommer hyppige mildvårsepisoder. Det er således lite sannsynlig at kombinasjonen ekstrem vind/ ekstrem ising forekommer samtidig. En begivenhet med full islast og full vindlast vil følgelig ha en vesentlig lenger returperiode enn de to begivenhetene hver for seg.

## 5. REFERANSELISTE

- (1) Folkestad, G.:  
"UHF-antenna Gulen. Structural analysis of the thin-walled GFK-cylinder at the top of tower."  
Brev GF/421.B.22, 27. februar 1987.
- (2) Folkestad, G.:  
"Vedr. Senderstasjon Gulen - UHF-antenne."  
Brev GF/421.B.65, 5. mars 1987.
- (3) Andresen, L. :  
"Metode for beregning av ekstreme middelvindhastigheter for stasjoner med vindregistreringer."  
Notat DNMI Klima 23, 1984.
- (4) Harstveit, K.:  
"Klimalaster for Ulvegveina radiolinjestasjon."  
DNMI Rapport: Klima 6/87. Oslo 1987.
- (5) Engineering Meteorology. Edited by Plate, E.. Chpt. 12:  
The interaction of wind and structures, by Davenport, A.G..  
Elsevier, Amsterdam, 1982.
- (6) Jackson, N.A.:  
"The propagation of modified flow downstream of a change in roughness."  
Q.J.Roy.Met.Soc., 102, 924, 1976.
- (7) Harstveit, K.:  
"Vega antennemast. Is og vindlaster."  
DNMI Rapport: Klima 57/85. Oslo 1985.

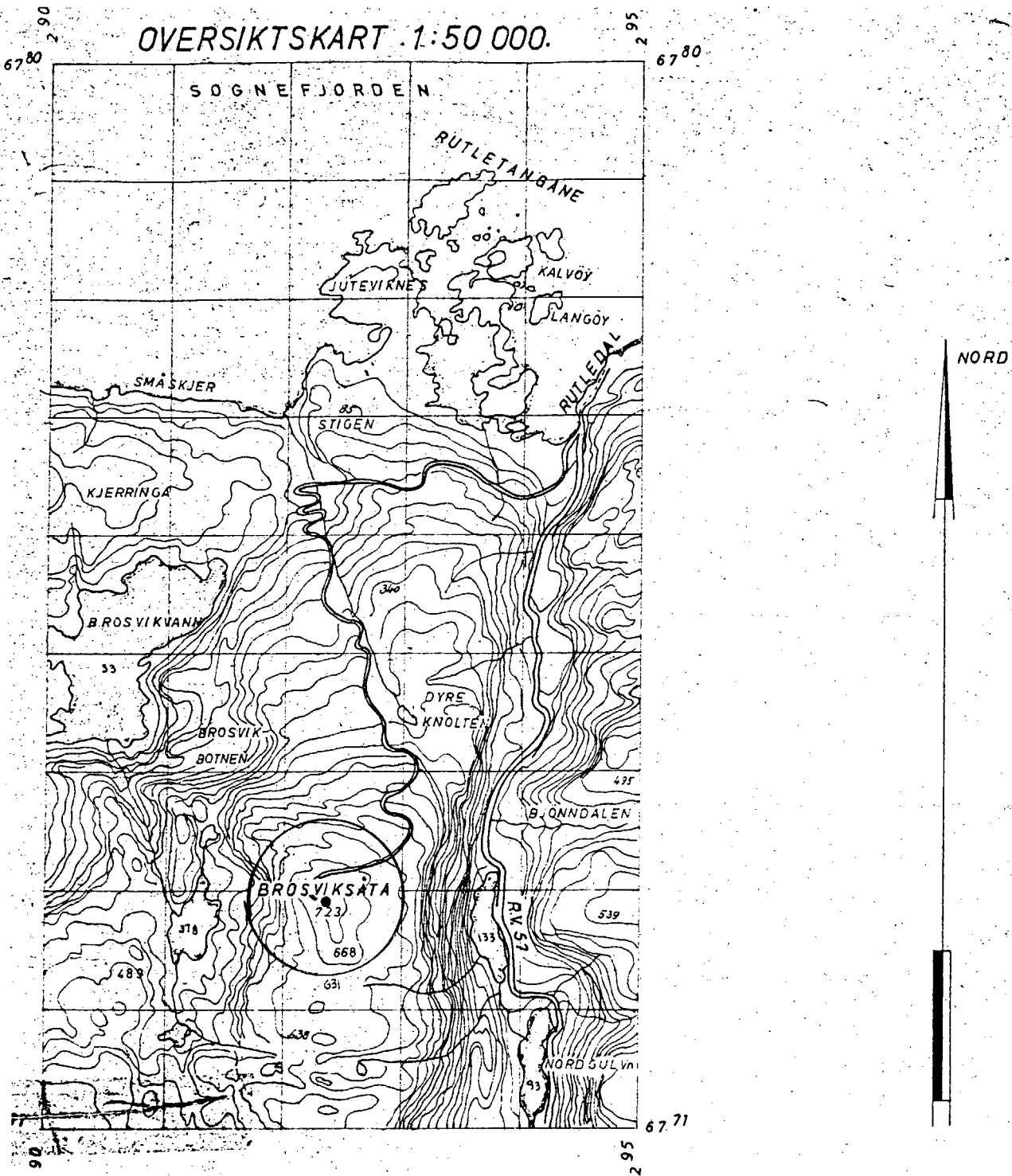


Fig. 1. Kart over Gulen antennemast.