

# DNMI - RAPPORT

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

ISBN

RAPPORT NR.

16/88 KLIMA

DATO

21.06.1988

TITTEL

NORDHUE FM/TV SENDER  
REVURDERTE KLIMALASTER

UTARBEIDET AV

KNUT HARSTVEIT

OPPDRAGSGIVER

TELEDIREKTORATET

OPPDRAGSNR.

SAMMENDRAG

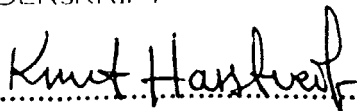
Masten fikk en skade i februar 1988 pga. ekstremt mye is i konstruksjonen med en påfølgende vinterstorm. Is og vindlastene for masten er derfor revurdert.

Ut fra meteorologiske data er vinteren 1988 estimert til en ekstrem isingsvinter på det aktuelle sted, med en returperiode på ca. 100 år.

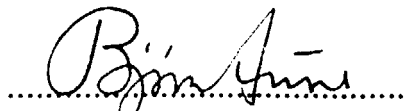
De aktuelle ismengdene i 1988 er estimert fra fotos, vitneutsagn og en befaring etter skaden. Tetthetsmålinger ble da utført.

Både beregningen av vinterens isingspotensiale og estimeringen av de aktuelle islaster er heftet med en del usikkerhet. En har derfor lagt seg på den konservative siden ved fastsettelse av 50-års islaster. Vinterstormen i februar 1988 synes ikke å være sterkere enn det som må påregnes hvert år. Dimensjonerende vindhastighet er ikke endret i forhold til opprinnelige forutsetninger, men vindklimaet er mer utførlig utredet.

UNDERSKRIFT



Knut Harstveit  
SAKSBEHANDLER



Bjørn Aune  
FAGSJEF

NORDHUE FM/TV SENDER  
REVURDERTE KLIMALASTER

---

S A M M E N D R A G

Islaster.

1. Det antas 35 kg/m på alle konstruksjonsdeler (barduner, mastevanger, diagonaler etc.) uansett dimensjon. På bardunene er isen konsentrisk, 30 cm i diameter, og med tetthet  $0.5 \text{ g/cm}^3$ .
2. Det antas at masten kan fylles med is. Tettheten skal da regnes til  $0.5 \text{ g/cm}^3$ . Det er da regnet med at hulrommene i masten kompenserer for belegg utenpå masten slik at fyllingsgraden blir 1.0. For selve masten blir da p.2 dimensjonerende dersom det gir større vekt enn p.1.
3. Alle uregelmessigheter (antennor o.l.) vil i tillegg til vekten i p.2 fylles med is etter samme prinsipp.
4. Masten vil få en skjev vektfordeling og et skjevt vindoppfagningsprofil etter følgende skisse: Det kan regnes med 50 cm påbygning mot sør fra sørlig hjørne, elliptisk avtagende til 20 cm mot sørvest midt på sørvestre side og 10 cm ved nordvestre hjørne. Tilsvarende mål på østsiden er 10 cm midt på østre side og 0 cm i nordøstre hjørne. Hulrommene i masten vil bli konsentrert mot nordøstre hjørne og nordvestre side.

### Vindlaster.

50 - års ekstremverdi av middelvind i topp av mast settes til 40 m/s, og 3-5s vindkast til 50 m/s. Turbulensintensiteten samme sted settes til 9%.

Ved fot av mast (10m) settes 50- års ekstremverdi av middelvind til 25 m/s, og vindkastverdien til 40 m/s. Tilsvarende turbulensintensitet er 22 %.

Alle profiler er logaritmiske.

Dimensjonerende vindhastighet antas forekomme i sektor sør til sørvest ( $170 - 230^{\circ}$ ), og omkring nord-nordvest til nord ( $340 - 360^{\circ}$ ). I sektor  $10 - 160^{\circ}$  antas 50 - årsverdier av 10 min. middelvind på 30 m/s med 3-5s vindkast på 40 m/s ( $I=12\%$ ), og i  $240 - 330^{\circ}$  antas 10 min. middelvind på 35 m/s og 3-5 s vindkast på 46 m/s ( $I=12\%$ ) i topp av mast. Tilsvarende bakkeverdier (10 m) er 20 m/s (middelvind) og 32 m/s (3-5s vindkast) ( $I=22\%$ ) i begge sektorer.

Dimensjonerende vindhastighet antas forekomme ved delvis isdekket mast, det kan antas ca. 5 cm isbelegg på alle mastedeler og barduner. Ved full islast kan denne reduseres til 30 m/s (10 min. middelvind i topp av mast).

## 1. INNLEDNING

Bakgrunnen for denne rapporten er en henvendelse fra Teledirektoratet, TRK angående en skade på Nordhue FM/TV - sender, Elverum. Skaden skjedde i slutten av februar 1988. Det var svært mye is i masten som følge av mye fuktig luft og nedbør i januar og februar måned. I slutten av februar blåste det nordvestlig storm i området.

Nordhue er en bardunert mast, 212 m høy. Som følge av vind- og isbelastningen i februar fikk masten en bøy ved nest øverste bardunfeste.

Saken ble diskutert på møte i København, den 17.03.88. En befaring ble gjennomført den 25.03., der bl.a. istettheten ble målt.

Klimalastene er gitt av H. Råstad i 1961. Islastene er senere revurdert i forbindelse med utstyring av antenner i 1980. Revurderingen førte til vesentlig reduksjon i antatte laster. En kan her si at problemet reflekterer de store problemer en har ved islastfastsettelse. Det er dels det dårlige datagrunnlaget, og dels at ekstreme isings-situasjoner mange steder har en spesiell statistisk fordeling. Mange år med lite is kan plutselig bli etterfulgt av et år med svært mye is.

Som følge av årets episode var det på ny nødvendig å etterprøve tidligere anslag for klimalaster. En foreløbig uttalelse om dette er sendt Rambøll & Hannemann. Denne rapporten utfyller og dokumenterer denne uttalelsen.

## 2. STED OG TOPOGRAFI.

Nordhue (770 m o.h.) ligger i Elverum kommune i Hedmark. Området er preget av barskog som stort sett bare brytes av glisne områder på åsrygger og dyrket mark i en del dalstrøk. Området ligger 200 - 800 m over havet, med typisk høyde på 500 m. Fra hele sektoren 090 - 210° er det fri og uskjermet passasje av luftstrømmer over lavtliggende landskap i Sverige og Norge. Terrenget er gjennomgående høyere mot vest, nordvest og nord, og lavest mot sørøst og sør.

Lokalt stiger landskapet pent opp mot toppen. For øvrig er det en del høyder mot nordvest. Mot nordnordvest, derimot, løper Østerdalen.

### 3. ISLASTER

#### 3.1. Generelt.

Nordhøe har fri eksposisjon mot hele sektoren 090 - 210°. Der er således ingen skjerming for nedbør og skyer som kommer inn mot fjellrekken i denne sektor. De fleste nedbørsituasjoner og situasjoner med advektert, lavt skydekke på Østlandet i det aktuelle høydenivå forekommer i denne sektor. I milde og nedbørrike vintre slik som vinteren 1988 vil stedet være innhyllet i advekterte skyer med temperatur på 0 - -5°C. Stedet må derfor sies å være blant de mest utsatte isingssteder på Østlandet.

#### 3.2. Tidligere laster.

I 1961 ble 50 - års islaster på bardunene fastsatt til 35 kg/m. Disse ble i 1980 i forbindelse med antenneutvidelser revurdert til 18 kg/m. Bakgrunnen for denne lastreduksjon kan søkes i værforholdene i vintrene 1961 - 1980, og således i observert ismengde på masten.

#### 3.3. Værforhold vinteren 1988 i relasjon til tidligere år.

Vi ønsker nå å få et innblikk i vinterens isingspotensiale. Vi søker da episoder som har et tykt skytåkelag i 800 - 900 m's nivå, og der temperaturen i samme nivå har ligget i området 0 - -5°C. Vi benytter data for hver 12. time fra Gardermoen. Vi teller opp antall observasjoner som har skyhøyde mindre eller lik 300 m over Gardermoen, dvs.  $\leq$  500 m o.h.. Vi setter på to tilleggskrav; nemlig at det skal ha vært nedbør i de siste 12 timer, og at lufttemperaturen, T ligger mellom -2 og +5°C. Med en høydereduksjon på 0.6°C/100 m gir dette -5 - +2°C i 700 m's nivå og -6 - +1°C i 900 m's nivå. Vi får da fram det aktuelle området for skyis (0 - -5°C) og nedbøris i form av snøbelegg (+1 - +2°C) på masten.

I tabell 3.1 er antall observasjoner som tilfredsstiller overnevnte krav gitt for månedene desember, januar og februar 1957 - 1988. Vi ser at januar 1988 har mest isingspotensiale av alle januar måneder og februar 1988 har mest isingspotensiale av alle februar måneder. Bare vinteren 1974 og tildels desember 1959/ januar 1960 har forhold som tilnærmelsesvis kommer opp mot siste vinter.

VINTER	DES	JAN	FEB	2MND
1956/57		7	6	13
1957/58	4	2	0	6
1958/59	3	1	1	4
1959/60	23	11	0	34
1960/61	11	8	8	19
1961/62	1	7	6	13
1962/63	1	0	0	1
1963/64	6	6	4	12
1964/65	10	8	0	18
1965/66	2	0	3	3
1966/67	16	3	10	19
1967/68	1	3	2	5
1968/69	3	13	1	16
1969/70	7	0	0	7
1970/71	4	17	7	24
1971/72	5	1	3	6
1972/73	5	14	5	19
1973/74	2	23	16	39
1974/75	11	12	1	23
1975/76	5	0	3	5
1976/77	9	5	0	14
1977/78	6	4	7	11
1978/79	0	1	2	3
1979/80	13	0	4	13
1980/81	8	3	2	11
1981/82	0	0	11	11
1982/83	13	9	0	22
1983/84	13	7	9	20
1984/85	17	2	0	19
1985/86	7	2	0	9
1986/87	13	0	1	13
1987/88	5	34	20	54
GJ. SN.	7	6	5	15
MAX. OBS.	23	34	20	54
MAX. MUL.	62	62	58	124
10ÅR	16	18	12	32
50ÅR	24	29	19	48
100ÅR	27	34	22	55

**Tabell 3.1**

Antall observasjoner (2 x pr. døgn) på Gardermoen i desember, januar og februar som oppfyller følgende krav: Skyhøyde  $\leq$  300m, nedbør siste 12t  $\geq$  0.0mm, temperatur mellom  $-2$  og  $+5^{\circ}$ C. Den største 2mnd. verdien av des/jan og jan/feb samme vinter er også gitt. Gjennomsnittet over 32 år, maksimum verdi (MAX.OBS.) og maksimum mulig (MAX.MUL.) verdi er gitt, sammen med beregnede ekstremverdier med 10, 50 og 100 års returperiode.

Vi har kjørt en Gumbelanalyse på dataene fra tabell 3.1. Input data er den største to måneders-verdien av des/jan og jan/feb for hver vinter. Dette gir en 50-års verdi på 48 observasjoner (ca.40% av en 2 mnd. periode). Aktuell verdi for 1988 på 54 observasjoner ligger nær 100 - årsverdien (55 obs.). Pga. de store spredninger i rekken er disse beregninger usikre, men de skulle gi en pekepinn på forholdene. 1974 - episoden får 20 års returperiode, mens 1959/60 - episoden får 12 års gjentakelsestid.

#### 3.4. Isforhold vinteren 1988.

##### Beregning/måling av faktiske islaster.

Akkumulert is på bardunene før stormepisoden den 27. -28. februar er beregnet til 25 kg/m i øvre deler og 50 kg/m nederst. Denne forskjell kan ha sammenheng med tidvis nedristing og sig av is. Beregningen er utført på grunnlag av fotos, vitneutsagn (informasjoner gjennom Valland, TRK) og tetthetsprøver av isen. Tettheten lå i området 0.4 - 0.5 g/cm<sup>3</sup>. Isen synes være en blanding av skyis, nedbøris og ispedt lag av underkjølt regn. Videre var hele masten fylt med is og 40 - 50 cm isbelegg var funnet mot sør - sørvest. Det var dog en del hulrom inne i masten, vesentlig mot nord og nordvest.

#### 3.5. Fastsettelse av revurderte islaster.

Vinteren 1988 har et isingspotensiale som ligger nær opp til ekstreme vinterforhold med 100 års returperiode. Vinteren 1988 har hatt islaster som er beregnet til 25 kg/m - 50 kg/m på bardunene. Gjennomsnittet kan tenkes å ha ligget på 30 - 35 kg/m. Nå er alle beregningene heftet med en del usikkerhet. I tillegg kommer at det er flere forhold i en isingssituasjon som ikke er dekket av isingspotensialet slik dette er definert under kap. 3.3. Vi må derfor vurdere noe konservativt. Etter også å ha diskutert saken med Svein Fikke, Statskraft er vi kommet fram til at 50 års islaster på bardunene settes tilbake til de opprinnelige forutsetninger, nemlig 35 kg/m. Vi setter da opp følgende lastvurdering:

1. Det antas 35 kg/m på alle konstruksjonsdeler (barduner, mastevanger, diagonaler etc.) uansett dimensjon. På bardunene er isen konsentrisk, 30 cm i diameter, og med tetthet 0.5 g/cm<sup>3</sup>.

2. Det antas at masten kan fylles med is. Tettheten skal da regnes til  $0.5 \text{ g/cm}^3$ . Det er da regnet med at hulrommene i masten kompensere for belegg utenpå masten slik at fyllingsgraden blir 1.0. For selve masten blir da denne situasjonen dimensjonerende dersom det gir større vekt enn forholdene skissert under punkt 1.

3. Alle uregelmessigheter (antennor o.l.) vil i tillegg til vekten skissert i punkt 2. fylles med is etter samme prinsipp.

4. Masten vil få en skjev vektfordeling og et skjevt vindoppfagningsprofil etter følgende skisse: Det kan regnes med 50 cm påbygning mot sør fra sørlig hjørne, elliptisk avtagende til 20 cm mot sørvest midt på sørvestre side og 10 cm ved nordvestre hjørne. Tilsvarende mål på østsiden er 10 cm midt på østre side og 0 cm i nordøstre hjørne. Hulrommene i masten vil bli konsentrert mot nordøstre hjørne og nordvestre side.

#### 4. VINDLASTER

##### 1. Datagrunnlag og beregninger.

Det er ikke utført vindmålinger på det aktuelle sted. Vindmålinger fra indre Østlandet er utført på steder som har en skjermet beliggenhet i forhold til Nordhø, og vil derfor vanskelig kunne utnyttes.

Vi benytter følgende metodikk: Først estimeres et uttrykk for den rent klimatologiske vindhastighet upåvirket av fjellrekken i Sør-Norge og av overflatefriksjon (ruhet). Deretter justeres for fjellkjede-effekter (føring, oppbremsing ved heving, aksellerasjon ved nedstrømning). Vi får da tak i en "gradientvind" som så utsettes for friksjonseffekter. Dette gir oss vind i topp av mast og vind i et plant 10 m's nivå. Deretter justeres for aksellerasjon over fjelltoppen som følge av konvergens av strømlinjer (10 m's nivå).

Vi tenker oss terrenget oppstrøms Nordhø delt i 4 deler. Oppdelingen har delvis rent topografiske og delvis vindklimatologiske årsaker.

Den sterkeste vinden i ytre Oslofjord forekommer i sektor sør til sørvest. Ut fra beregninger på Ferder fyr kan vi regne med en 50 års gradientvind, VG på 55 m/s (bruk av lign. 4.1 med  $u(50\text{år}, \text{Ferder}) = 37 \text{ m/s}$ ,  $z = 10\text{m}$ ,  $z_0 = 0.003\text{m}$ ). I



sør til sørsørvestlig sektor ( $170 - 200^\circ$ ) skal denne vinden heves over fjellrekken Rondane - Sylene og vil svekkes noe fra Ferderområdet til Nordhueområdet. Vi antar 50 m/s som gradientvind over Nordhue. Denne blir friksjonsreduert når vi betrakter høyder som nærmer seg mastenivåene. Gjennomsnittelig oppstrøms høyde (dvs. mot sør) er ca. 500 m o.h.. Vertikal avstand til topp av mast er da 500 m. Vi regner skogsruhet,  $z_0$  til 0.5 - 1.0 m og benytter formelen (se (1))

$$u(z) = 0.285 * VG * (VG/(f*z_0))^{-0.065} * \ln(z/z_0) \quad (4.1)$$

hvor  $f$  er coriolisparameteren ( $0.00012s^{-1}$ ).  $u(z)$  er da 10 min. vindhastighet i høyden  $z$ . Vi regner med at innvirkning fra selve Nordhuetoppen ikke forekommer i mastetopp og setter  $z=500m$ . Dette gir 40.6 m/s for  $z_0=0.5$  m og 38.2 m/s for  $z_0=1.0m$ . Det er da rimelig å estimere  $u(z)$  til 40 m/s. Vi kan utvide denne sektor med  $220^\circ$  og  $230^\circ$ , idet terrenghøyden oppstrøms da stiger, mens hevningsmotstanden erstattes av en svak føring. Disse forholdene antas motvirke hverandre. Overnevnte 50 - års verdi regnes derfor i sektor  $170$  til  $230^\circ$ .

For mer vestlig vind ( $240 - 330^\circ$ ) vil vinden måtte blåse over høyere terreng, men forsterkning ved nedstrømning fra Langfjella virker i noen grad mot dette. Vi antar at 50-årsverdien av 10 min middelvind er 5 m/s lavere enn for sørlig sektor som følge av nettovirkningen skissert ovenfor. Vi setter da 35 m/s i denne sektor.

Siden vi ligger i vestavindsbeltet er den uforstyrrede gradientvind svakere ved mer sørøstlig og østlig vind. Dessuten er det stor motstand ved heving mot den nordlige del av Langfjella i disse sektorer. Ved nordøstlig vind er den klimatologiske gradientvinden enda svakere. Der er dog føring langs fjellrekken i denne sektor, men dette motvirkes av en sterkere friksjonseffekt siden terrenget oppstrøms er høyere enn for østlig til sørøstlig vind. Vi slår derfor de nevnte sektorer sammen sammen til  $010 - 160^\circ$  og anslår 30 m/s som 50 års-verdi for 10 min. middelvind i denne sektor.

Omkring nordnordvest ( $340 - 360^\circ$ ) er der en kanal oppstrøms (Østerdalen) som sammen med nedstrømningsforsterkning fra Langfjella øker vindhastigheten. Vi antar at denne vinden kan bli like sterk som den sørlige. Det vil da blåse forholdsvis mer på Nordhue enn på Ferder fordi nedstrømningseffekten avtar mot Ferder.

### Vindkast.

Det kan være rimelig å anta at vindkastene (3-5s) i topp av mast kommer opp i samme hastighet som "gradientvinden", det vil si den vind som svarer til en friksjonsupåvirket middelvind i området. For sørlig til sørvestlig og nordnordvestlig vind er 50 års ekstremverdi av denne antatt til 50 m/s. Vindkastene anslås da til 50 m/s. Dette gir en kastfaktor,  $GF(3-5s)$  på 1.25, og lign. (4.2) (se (1))

$$I(z) = (1/2.7)(GF(3-5s)-1) \quad (4.2)$$

gir en turbulensintensitet på 0.09 (9%).

Vi antar at turbulensintensiteten stiger når middelvinden svekkes. Dette er en rimelig antagelse dersom svekkingen skyldes friksjon. Antas konstant differens mellom middelvind og vindkast, vil vi få vindkast på 45 m/s i vestlig sektor og 40 m/s i østlig sektor. Kastfaktorene blir da 1.29 og 1.33, og turbulensintensiteten,  $I$  blir 11 og 12 %. Men vestlig vind antas være bremsset fra en sterkere gradientvind enn østlig, slik at vi setter 12% i begge disse sektorer. Tilsvarende vindkast blir da 46 og 40 m/s.

### Vindprofiler og ekstremverdier ved fot av mast.

Med en skogsruhet på 0.5m er  $n=0.30$  i potensformelen for 10 min. middelvind, lign.4.3:

$$u(212)/u(10) = (212/10)^n \quad (4.3).$$

Dette gir at vinden i 10 m's nivå bare er 0.4 av vinden i mastetopp. Men vinden over fjelltoppen er forsterket i forhold til et jevnt 10 m's nivå. Vi er usikre på størrelsen av denne forsterkningen, men antar 50% forsterkning av den friksjonsreduserte verdi fra lign. (4.3). Dette gir tilnærmet 25 m/s som 50 årsverdi av 10 min. middelvind i 170-230° og 340-360°, og 20 m/s i de to øvrige samlesektorer.

Forsterkningen fører til redusert gustfaktor i forhold til hva som er forventet over et plant 10 m's nivå med samme ruhet.

Vi kan regne med en "effektiv ruhet",  $z_0$ . Ligning (4.1) gir en slik effektiv  $z_0$  på 0.1 m når  $VG = 50$  m/s og  $u(10m) = 25$

m/s. Dette svarer til en gustfaktor på 1.6 og  $I=22\%$  ved bruk av lign.(4.2) og (4.4). Dette gir 3-5 s. vindkast på 40 m/s.

$$I(z=10m) = 1.01/\ln(z/z_0) \quad (4.4).$$

For enkelhets skyld benyttes samme gustfaktor og turbulensintensitet for hele vindrosen ved fot av mast. Dette gir 32 m/s som 50-års vindkast i østlig og vestlig sektor.

Vi har i denne utledning sett bort fra nullplansforskyvning. Dette fordi selve toppen er fri for trær. Alle profiler antas da som logaritmiske mellom de to referansehøydene 10 og 212 m.

#### 4.2. Konklusjon vedrørende vindlaster.

50 - års ekstremverdi av middelvind i topp av mast settes til 40 m/s, og 3-5s vindkast til 50 m/s. Turbulensintensiteten samme sted settes til 9%.

Ved fot av mast (10m) settes 50- års ekstremverdi av middelvind til 25 m/s, og vindkastverdien til 40 m/s. Tilsvarende turbulensintensitet er 22 %.

Alle profiler er logaritmiske.

Dimensjonerende vindhastighet antas forekomme i sektor sør til sørvest ( $170 - 230^\circ$ ), og omkring nord-nordvest til nord ( $340 - 360^\circ$ ). I sektor  $010 - 160^\circ$  antas 50 - årsverdier av 10 min. middelvind på 30 m/s med 3-5s vindkast på 40 m/s ( $I=12\%$ ), og i  $240 - 330^\circ$  antas 10 min. middelvind på 35 m/s og 3-5 s vindkast på 46 m/s ( $I=12\%$ ) i topp av mast. Tilsvarende bakkeverdier (10 m) er 20 m/s (middelvind) og 32 m/s (3-5s vindkast) ( $I=22\%$ ) i begge sektorer.

#### 4. KOMBINERTE IS OG VINDLASTER.

##### VINTEREN 1988

Stormen som kom etter full islast var en nordnordvestlig til nordlig storm. Det blåste nordlig storm (28 m/s som maksimum 10 min. middelvind) på Utsira fyr. 50-årsverdien på Utsira er 38 m/s, 29 m/s blir da en tilnærmet 1 - 2 års verdi. Med 40 m/s som 50-års verdi på Nordhue (topp av mast), vil en 1-2 års verdi være 29 m/s.

På Ferder fyr er tilsvarende stormverdi 21 m/s, mens 50 - årsverdien er 37 m/s. For nordlig sektor på Ferder er imidlertid 50-årsverdien 27 m/s, og 21 m/s ligger nær 1-årsverdien i nordlig sektor. Tilfeller med sterk sørlig vind bør imidlertid tas med. Dette gir alt i alt et noe lavere anslag for vinden på Nordhue enn ved bruk av Utsira data. Det må derfor ha blåst storm på anslagsvis 25 m/s (10 min. middelvind) i topp av mast. Storm av denne styrke må påregnes som en årlig foreteelse, fra sør til sørvest eller nordnordvest.

Dimensjonerende vindhastighet antas forekomme ved delvis isdekket mast, det kan antas ca. 5 cm isbelegg på alle mastedeler og barduner. Ved full islast kan vindlasten reduseres til 30 m/s (10 min. middelvind i topp av mast).

#### REFERANSE

- (1) Harstveit, K.: Vega antennemast. Is og vindlaster. DNMI - rapport KLIMA 57/85.

OVERSIKTSKART 1:50 000

622

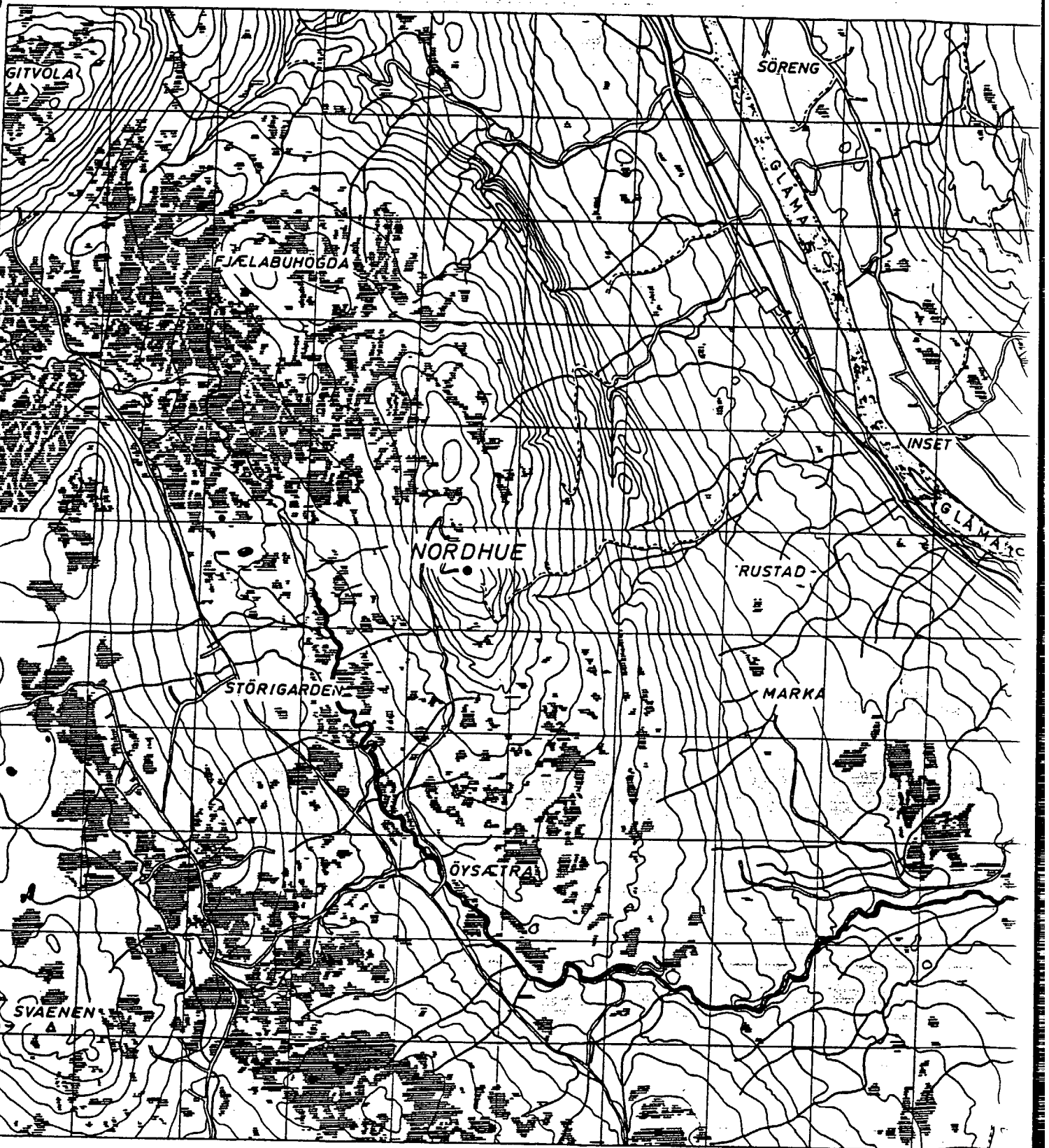


Fig.1 Kart over Nordhøe.

763.3