

# **FFI RAPPORT**

## **ROMVÆR - INFORMASJON FRA INTERNET TIL NYTTE FOR OPERATIVE HF-BRUKERE**

JACOBSEN Bjørn, JODALEN Vivianne, FARSUND Bodil Hvesser

**FFI/RAPPORT-2003/02353**



FFIE/822/110

Godkjent  
Kjeller 30.september 2003

Torleiv Maseng  
Forskningsjef

**ROMVÆR - INFORMASJON FRA INTERNET TIL  
NYTTE FOR OPERATIVE HF-BRUKERE**

JACOBSEN Bjørn, JODALEN Vivianne, FARSUND  
Bodil Hvesser

FFI/RAPPORT-2003/02353

**FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT**  
**Norwegian Defence Research Establishment**  
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge



P O BOX 25  
 NO-2027 KJELLER, NORWAY  
**REPORT DOCUMENTATION PAGE**

**SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE**  
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2003/02353	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED	3) NUMBER OF PAGES 23
1a) PROJECT REFERENCE FFIE/822/110	2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	
4) TITLE ROMVÆR - INFORMASJON FRA INTERNET TIL NYTTE FOR OPERATIVE HF-BRUKERE  SPACE WEATHER FORECASTING FOR HF RADIO USERS		
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) JACOBSEN Bjørn, JODALEN Vivianne, FARSUND Bodil Hvesser		
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)		
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: IN NORWEGIAN:		
a) <u>HF communications</u>	a) <u>HF samband</u>	
b) <u>Ionosphere</u>	b) <u>Ionosfæren</u>	
c) <u>Space weather</u>	c) <u>Romvær</u>	
d) <u>Prediction tools</u>	d) <u>Prediksjonsverktøy</u>	
e) <u>Forecasts and warnings</u>	e) <u>Varsler</u>	
THESAURUS REFERENCE:		
8) ABSTRACT High Frequency (HF) communications at high latitudes can be extremely difficult due to ionospheric disturbances causing large variations of channel conditions. In order to establish communications during such conditions, real-time information of the ionospheric "weather" (space weather) is important. This information can help selecting the optimum frequency and provide the operator with confidence that communication problems are not caused by equipment problems, but rather channel conditions.  This report describes the contents of a Web-page residing at <a href="http://www.ffi.no/hf">www.ffi.no/hf</a> . The Web-page contains links to pages on the Internet that we find useful for understanding HF propagation. Examples are: Real-time information, prediction tools, and HF forecasts for the next 24 hours. We explain how the information on these pages can be used for establishing and understanding HF communications.		
9) DATE 30. September 2003	AUTHORIZED BY This page only Torleiv Maseng	POSITION Director of Research

ISBN 82-464-0748-1

**UNCLASSIFIED**

**SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE**  
 (when data entered)



**INNHOLD**

	<b>Side</b>	
1	INNLEDNING	7
2	ROMVÆR GENERELT	8
3	NYTTIG INFORMASJON FOR HF-BRUKERE PÅ INTERNET	8
3.1	Hvordan er HF-kanalen i øyeblikket?	8
3.1.1	Ionosonden i Tromsø	9
3.1.2	Magnetfeltforstyrrelser	10
3.1.3	K-indeks	10
3.1.4	Absorpsjon	11
3.1.5	Global prediksjon av D-lag absorpsjon	12
3.1.6	Polar Cap Absorption (PCA)	12
3.1.7	Solflektall	12
3.1.8	Nordlysovalen	12
3.2	Varsler for neste døgn	13
3.2.1	Dagens romværvarsel	13
3.2.2	Daglige varsler om romvær og radioforhold	13
3.2.3	SEC bulletin	13
3.2.4	Globalt varsel for HF-propagasjon	14
3.2.5	Hourly Area Prediction (HAP) Chart for HF in Europe	14
3.3	Programmer for HF- prediksjoner	15
3.3.1	GRAFEX	15
3.3.2	ICEPAC	16
3.3.3	Propwiz	17
3.3.4	Proplab-Pro	17
3.3.5	ASAPS	17
3.3.6	HF-EEMS	17
3.3.7	PropMan	18
4	KONKLUSJON	18
	Litteratur	19
	Fordelingsliste	21





## **ROMVÆR - INFORMASJON FRA INTERNET TIL NYTTE FOR OPERATIVE HF-BRUKERE**

### **1 INNLEDNING**

Alle som har anvendt HF (kortbølge) radioer til samband i Forsvaret eller som radioamatører kjenner til at det til tider kan være problemer med å velge riktig frekvens og opprette et samband. Dessuten er ofte kvaliteten på sambandet dårlig og ustabil, både for talesamband og dataoverføring. Hovedårsaken til disse problemene er at radiobølger i HF-området, ved samband over ca. 100 km avstand, utbrer seg via refleksjoner i ionosfæren, som er et elektrisk ledende luftlag fra ca. 80 til 400 km over bakken. I dette laget er det store daglige variasjoner i elektrontettheten, som er bestemmende for hvor høye frekvenser som kan reflekteres. I tillegg oppstår store forstyrrelser i forbindelse med nordlys, som spesielt skaper problemer på våre høye breddegrader (Nord-Norge).

Tradisjonelt har FFI forsøkt å bistå norske HF-brukere ved å kjøre prediksjonsprogrammer og sende ut frekvensvarsler, basert på modeller og mange års statistikk over ionosfæreparametre. Denne tjenesten ble imidlertid avvirket på slutten av 1990-tallet, delvis grunnet nye arbeidsoppgaver, men også fordi de aktuelle modellene og data nå er tilgjengelig for alle på Internet. En FFI Rapport (98/05322) ble utgitt med brukerveiledning for det programmet FFI hadde anvendt, ICEPAC (Ionospheric Communications Enhanced Profile Analysis and Circuit Prediction Program). FFI har også vært aktivt med i DAMSON-eksperimentet (Doppler And Multipath Sounding Network) fra 1995 til 2000, i samarbeid med DERA (UK), FOA (S) og CRC (CA). Målsettingen med DAMSON var å kartlegge kanalforholdene på høye breddegrader, spesielt flerbanespredning og Dopplerspredning, basert på et nettverk med to sendere og to mottagere i Skandinavia. Resultatene er publisert i en rekke rapporter og tidsskriftartikler, blant annet FFI Rapportene 98/04983, 2000/02687 og 2001/04168.

Trenden i utvikling av nye HF-systemer går i retning av radioer som selv tester kanalforholdene og velger egnet frekvens. Disse ARCS-radioene (Automatic Radio Control System) er beregnet for både talesamband og dataoverføring. FFI deltar i skrivende stund i et samarbeid med UK og NL om å teste ARCS i nettverk for å kunne gi råd i en eventuell innkjøpsprosess. Imidlertid er dette utstyret kostbart, og det kan vel ta tid før det er anskaffet i stor skala til det norske forsvar.

Etter hvert er det blitt tilgjengelig en anselig mengde informasjon på Internet som kan være til nytte for operative HF-brukere. Dette er blant annet data fra instrumenter som kartlegger forhold i ionosfæren i øyeblikket, varsler om forventede forstyrrelser neste 24 timer og prediksjonsprogrammer for egnede frekvenser (programmene må riktignok gjerne kjøpes). Som et forsøk på å lette arbeidet med å navigere rundt på Internet har FFI opprettet en WWW-side for å samle noe av denne informasjonen, og kapittel 3 er viet en omtale av denne hjemmesiden.

## 2 ROMVÆR GENERELT

I forhold til tradisjonell forskning innen romfysikk, som har som formål å samle kunnskap om og øke vår forståelse av fenomener i verdensrommet, betegner *romvær* anvendelse av denne kunnskapen til å gi operative varsler om forstyrrelser og forhold i verdensrommet som kan ha påvirkning på teknologiske systemer og menneskers helse (jfr. FFI/Rapport-2002/03188). Eksempler på slike forstyrrelser er: induerte strømmer i kraftforsyningsnett grunnet sterke geomagnetiske forstyrrelser, partikkelstråling som kan lade opp satellitter og skade elektronikkretser, feil på GPS navigasjon ved store endringer i total elektroninnhold i ionosfæren, kraftig absorpsjon av HF radiobølger i polkalotten, og helseskadelig stråling i romfergens høyde slik at mannskapet ikke kan utføre arbeid utenfor romfartøyet. USA var tidlig ute med denne type operative varslingstjenester, og de militære brukerne utgjør en meget viktig del av ”markedet” og bidrar til utviklingen av varsler. Dette skyldes at romsegmentet, med blant annet satellittbasert kommunikasjon, overvåkning og navigasjon, utgjør en så fremtredende del av forsvarssystemene. Eksempelvis bidrar US Air Force 55th Space Weather Squadron til å utarbeide daglig oppdaterte varsler om romværet som legges ut på Internet, i samarbeid med National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Space Environment Center (SEC). (<http://www.sec.noaa.gov/forecast.html>). Utenfor USA har for eksempel The Australian Space Weather Agency IPS Radio and Space Services (<http://www.ips.gov.au>) bygd opp en omfattende varslingstjeneste, med god dekning av australske HF-brukeres behov for oppdaterte prediksjoner.

Europa har ikke militær drahjelp på samme måte som USA i utviklingen av et romværprogram, men forskningsmiljøer i mange av landene arbeider med romforskning og romvær og har kommet et godt stykke i retning operative tjenester. European Space Agency (ESA) har gjennomført et grundig studie av europeiske kapasiteter, aktiviteter og muligheter for å starte et eget program, og FFI har vært representert i dette grunnlagsarbeidet (FFI/Rapport-2002/03188). Resultatet er at ESA nå utvikler et pilotprogram for koordinering av forskjellige nasjonale romværaktiviteter, der ESA og landene deler på de totale utgiftene.

Eksempler på nasjonale aktiviteter er: kartlegging av Geomagnetic Induced Currents (GIC) i kraftforsyningsnettet ledet av Finnish Meteorological Institute (<http://www.geo.fmi.fi/MAGN/GIC/>) og prediksjon av magnetisk aktivitetsindeks  $K_p$  med nevrale nettverk ved Universitetet i Lund, Sverige (<http://sol.irfl.lu.se/~fredrikb/Kp/>). Man ser også fremvekst av kommersielle tjenesteleverandører, som skreddersyr romværinformasjon til spesielle brukergrupper (se for eksempel <http://www.metatechcorp.com/>).

## 3 NYTTIG INFORMASJON FOR HF-BRUKERE PÅ INTERNET

Som nevnt har FFI opprettet en ”HF-side for Forsvaret” (<http://www.ffi.no/hf>) med lenker til sider på Internet med sanntids data, varsler og prediksjoner for HF-kanalen. I dette kapitlet omtales denne hjemmesiden i mer detalj.

### 3.1 Hvordan er HF-kanalen i øyeblikket?

Kanaldataene som presenteres her kjennetegnes ved at de kan være til nytte for å bestemme hvordan kanalforholdene er i øyeblikket og mest trolig vil bli de neste timene. Kanaldataene er ment å angi trender i kanalforholdene, ikke eksakt informasjon. Ut fra disse dataene kan man da ha en forventning om hvordan kommunikasjonsforholdene vil være. Kanalforholdene kan variere mellom å være totalt ubrukelige (ved en Polar Cap Absorption Event) til å være meget stabile over et stort frekvensbånd.

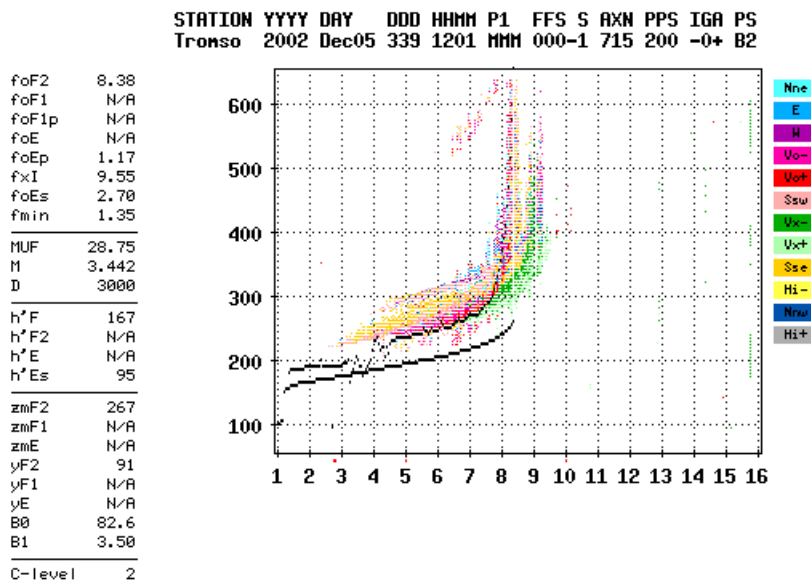
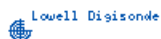
Siden Norge ligger langt mot nord, har vi helt spesielle problemer med kanalforholdene på HF. Polkalott-området, området under nordlysovalen og området rett syd for ovalen har en mye mere dynamisk og uforutsigbar ionosfære enn på breddegrader lenger sør. Noen av kanaldataene som presenteres her, er fra målestasjoner som vi anser å være interessante for kommunikasjon i Norge, mens andre gjelder globalt.

### 3.1.1 Ionosonden i Tromsø

En ionosonde gir informasjon om hvilke frekvenser som til enhver tid kan reflekteres fra ionosfærelagene og som derfor egner seg for HF-samband. Målingene gjelder strengt tatt for Tromsø og omegn, men gir en brukbar verdi for hele Troms og Finnmark. Den høyeste frekvensen som reflekteres vertikalt fra F2-laget kalles kritisk frekvens og betegnes foF2. Tilsvarende for foF1, foE osv.

Målingene presenteres i et ionogram, med frekvens i MHz langs horisontal akse og høyde (der signalet reflekteres) i km langs vertikal akse (Figur 3.1). foF2 leses automatisk ut fra ionogrammet og er oppgitt på siden av dette. Denne frekvensen er den høyeste som reflekteres ved vertikalt innfall og ved ionosfæresamband over svært korte avstander (såkalt Near Vertical Incidence Skywave, NVIS). Dersom man vil sende over en lengre avstand, kan høyere frekvenser enn foF2 benyttes. Høyeste brukbare frekvens ved sending over 3000 km er oppgitt på siden av ionogrammet som MUF (Maximum Usable Frequency). Ved kortere avstander enn 3000 km ligger MUF for den aktuelle sambandsstrekningen mellom foF2 og MUF(3000) oppgitt her. MUF kan da finnes ved å multiplisere avlest  $f_oF2$  med  $1/\cos\phi$ , der  $\phi$  er vinkelen mellom innfallende stråle på ionosfæren og vertikalen. Dersom absorpsjonen er sterk (se avsnittet om absorpsjon nedenfor) sees ingen refleksjoner for de laveste frekvensene i ionogrammet. Noen ganger kan et sterkt sporadisk E-lag gi vertikal refleksjon helt opp til 20-30 MHz.

Lenke til ionosonde i Tromsø: <http://geo.phys.uit.no/ionodata/index.html>



TR163\_2002339120100+BEH / 300fx128h 50 kHz 5+0 km 1x2 / DPS-4 (070-070) 69.9 N 19.2 E

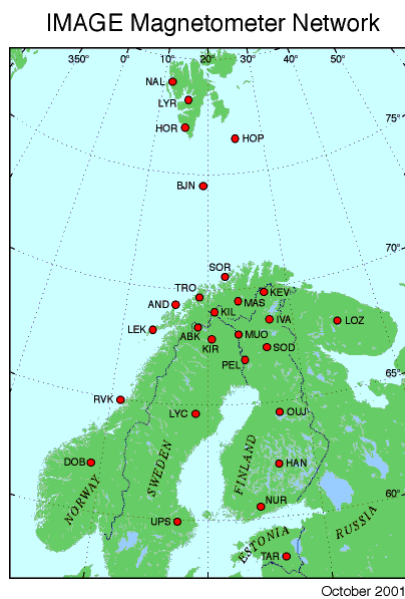
Figur 3.1 Ionogram fra ionosonden i Tromsø. (Bilde: Universitetet i Tromsø)

### 3.1.2 Magnetfeltforstyrrelser

Ved nordlys og tilhørende magnetiske variasjoner ved bakken kan man påregne forstyrrelser på HF-sambandet, deriblant økt Dopplerspredning på mottatt radiosignal og redusert signalnivå. Magnetfeltvariasjoner i nordområdene måles automatisk og legges ut på Internet av Universitetet i Tromsø. Målingene dekker en stor del av Norge (jfr. Figur 3.2), og ofte er forstyrrelsene kraftigere i Nord-Norge enn i Sør-Norge pga. nordlys. Varigheten på nordlysutbrudd og magnetfeltforstyrrelser er som regel et par timer. En magnetmålestasjon som ligger omtrent midt mellom HF-sender og mottaker vil best representere forstyrrelsene der radiosignalet reflekteres.

Lenke til magnetfeltobservasjoner: <http://geo.phys.uit.no/geomag.html>

Oversikt over magnetfeltmålestasjoner: <http://www.geo.fmi.fi/image/stations.html>



Figur 3.2 Magnetfeltmålestasjoner i Skandinavia (Bilde: IMAGE)

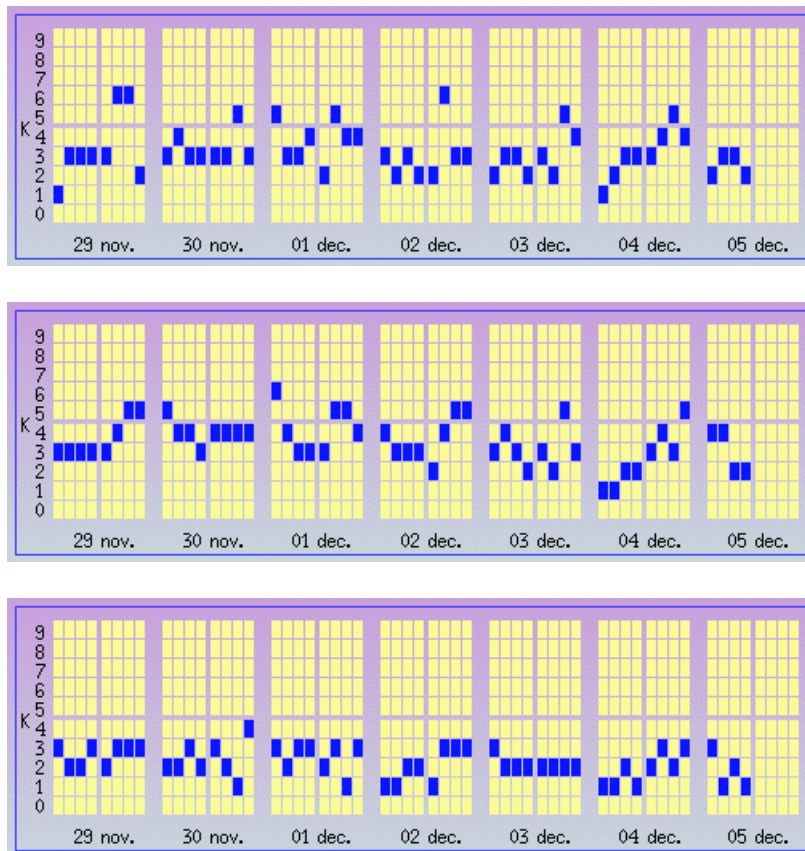
### 3.1.3 K-indeks

Ut fra målinger av magnetfeltvariasjoner defineres en K-indeks (logaritmisk), som er et mål for geomagnetisk aktivitet ved en stasjon over tre timer. Ut fra K-indeksen kan man se om det er en geomagnetisk forstyrrelse på gang. Skalaen går fra 0 (helt rolig) til 9 (meget forstyrret). K-indeksen for flere norske stasjoner blir lagt ut på Internet (se Figur 3.3.). Denne indeksen brukes som input til noen prediksjonsprogrammer. Geomagnetiske forstyrrelser har en nær sammenheng med nordlysovalens utbredelse (stor forstyrrelse-stor utbredelse). K-indeks måles lokalt, og da vil man se en døgnlig variasjon med de største verdiene rundt midnatt fordi nordlysovalen går lengst sør rundt midnatt. Ofte foretas en ”normalisering” av målte magnetfeltvariasjoner, dvs. at en mye større magnetfeltvariasjon målt i Tromsø gir den samme K-indeks som en mindre magnetfeltvariasjon målt på Dombås. Da elimineres den geografiske plasseringen fra målingene. Tilsvarende indeks for hele jorda kalles  $K_p$  (p for planetary).  $K_p$  beregnes ut fra K-indeksen for 13 stasjoner spredt over jordkloden og brukes også som input til prediksjoner.  $K_p$  er en global indeks som er midlet, da elimineres effekten av dag/natt fra indeksen. Skalaen er den samme som K, men hvert nivå er delt inn i tredjedeler som angis med symboler (-o+), slik at 5- er  $4 \frac{2}{3}$ , 5o er 5, 5+ er  $5 \frac{1}{3}$ . På nettsiden for  $K_p$  må du velge  $K_p$  og måned/år.  $K_p$  tar noen dager å beregne, så denne indeksen finnes ikke i sanntid. Det finnes også prediksjoner av  $K_p$  tre timer frem i tid basert på satellittmålinger i solvinden, som leveres av Institut för Rymdfysik i Lund, Sverige.

Lenke til K-indeks: <http://geo.phys.uit.no/knum/>

Lenke til Kp-indeks: <http://www.cetp.ipsl.fr/~isgi/lesdonne.htm>

Lenke til prediktert Kp: <http://sol.irfl.lu.se/~fredrikb/Kp/>



Figur 3.3 *K*-indeks fra stasjonene Longyearbyen, Tromsø og Dombås (Bilde: Universitetet i Tromsø)

### 3.1.4 Absorpsjon

I tillegg til informasjon om høyeste reflekterte frekvens trenger man ofte å kjenne til absorpsjonsnivået. De laveste HF-frekvensene vil dempes mest i de nedre delene av ionosfæren (D-laget) og kan iblant være ubrukelige. Absorpsjonen (dB) er proporsjonal med  $1/f^2$ . Både nordlysutbrudd, partikkelnedbør og røntgenstråling fra solen bidrar til økt absorpsjon. Vi har ikke funnet sanntids absorpsjonsdata for Skandinavia, men et arkiv over riometerdata opp til siste døgn for en rekke skandinaviske stasjoner kan finnes hos Sodankylä Geophysical Observatory (SGO) i Finland. (Riometeret måler relativ absorpsjon av kosmisk radiostøy i ionosfæren.)

Stor absorpsjon og dermed lav SNR er et stort problem på høye breddegrader. Absorpsjonsnivået kan være høyt selv om kommunikasjonsstrekket ikke er innenfor nordlysovalen eller at en geomagnetisk forstyrrelse er på gang. Nettstedet til Sodankylä Geophysical Observatory gir gårldagens absorpsjonsnivå, men hvis absorpsjonen da var svært høy, vil det være en overgangsfase på flere timer før normale forhold er gjenopprettet. Absorpsjonen i dB er målt på 30/32 MHz, som vil tilsvare en mye større absorpsjon på lavere frekvenser ( $\sim 1/f^2$ ). Ved lavt SNR må dataoverføringshastigheten reduseres.

Lenke til SGO riometerdata: [http://sgodata.sgo.fi/pub\\_rio/raw\\_plot/](http://sgodata.sgo.fi/pub_rio/raw_plot/)

### 3.1.5 Global prediksjon av D-lag absorpsjon

Som et alternativ til målingene fra riometre i Skandinavia kan man bruke en global prediksjon av D-lag absorpsjon, basert på satellittmålinger av røntgenstråling. Dette er spesielt aktuelt i forbindelse med kraftig røntgenstråling fra solen som kan skape store problemer for HF-samband over hele den solbelyste delen av jordkloden (shortwave fadeout). Merk at denne prediksjonen ikke viser absorpsjon relatert til nordlys, som er viktigst på høye breddegrader. På et verdenskart vises høyeste frekvens som vil dempes (minst 1 dB), og under oppgis forventet tid til normale forhold igjen er opprettet etter en periode med kraftig absorpsjon i D-laget.

Lenke til global D-lag absorpsjon: [http://www.sec.noaa.gov/rt\\_plots/dregion.html](http://www.sec.noaa.gov/rt_plots/dregion.html)

### 3.1.6 Polar Cap Absorption (PCA)

Ved sterk protonnedbør på høye breddegrader kan HF-sambandet innenfor polkalotten bryte helt sammen pga. sterk absorpsjon. Dersom kanalforholdene nærmest er "døde", ikke engang mye støy kan høres, kan det være en PCA (Polar Cap Absorption) Event på gang. Det er lite å gjøre med denne tilstanden, man må vente til den går over. Problemene kan vare én til flere dager. PCA-meldingen sier fra om når en PCA har startet (og når den er over).

Lenke til PCA-melding:

[http://www.ips.gov.au/Main.php?CatID=6&SecID=5&SecName=GlobalHF&SubSecID=3&SubSecName=Polar Cap Absorption](http://www.ips.gov.au/Main.php?CatID=6&SecID=5&SecName=GlobalHF&SubSecID=3&SubSecName=Polar%20Cap%20Absorption)

### 3.1.7 Solflekketall

Til de fleste HF prediksjonsprogrammer trenger man solflekketallet som input, da dette gir et mål for solaktiviteten, som er kilden til de store variasjonene i ionosfæren. Dagens solflekketall og andre solindekser leveres av Space Environment Centre, USA (se et stykke ned på siden under "Daily Solar Indices" og "SWO Sunspot Number"). Som input til ICEPAC trengs "smoothed monthly mean sunspot number", som leveres av NOAA, USA.

Lenke til dagens solflekketall: [http://www.sec.noaa.gov/alerts/solar\\_indices.html](http://www.sec.noaa.gov/alerts/solar_indices.html)

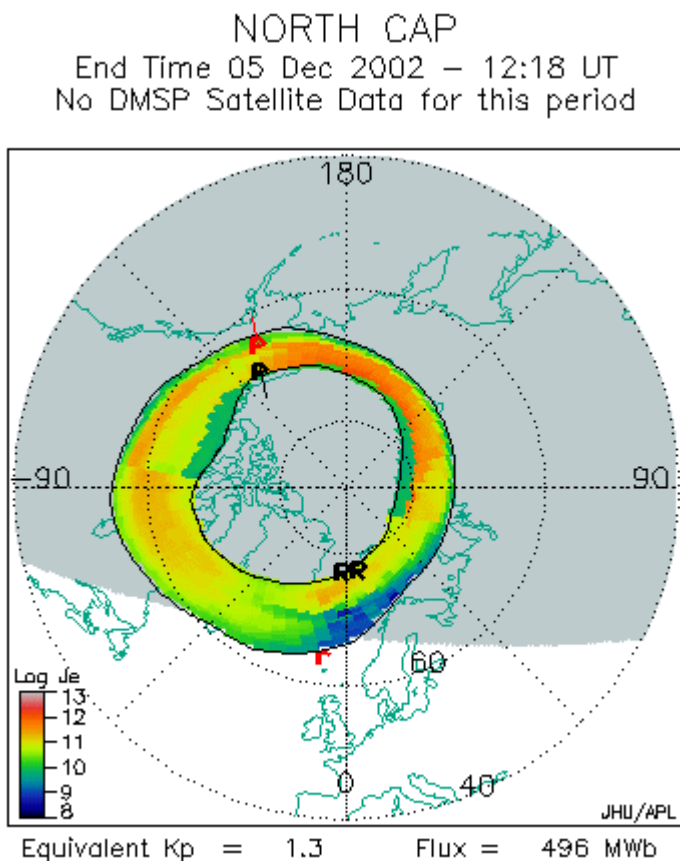
Lenke til midlet solflekketall (input til ICEPAC):

[ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR\\_DATA/SUNSPOT\\_NUMBERS/SMOOTHED](ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS/SMOOTHED)

### 3.1.8 Nordlysovalen

Fra satellitter i polar bane kan posisjonen til nordlysovalen bestemmes. (Nordlysovalen er et belte rundt den magnetiske polen der sannsynligheten for nordlys er størst). Dersom radiosambandet ditt går gjennom nordlysovalen må forstyrrelser påregnes, spesielt under aktive perioder når ovalen brer seg utover et stort område på høye breddegrader. I noen perioder vil man da ha svært god kommunikasjon, i andre perioder fading og dårlig SNR. I området rett sør for ovalen er det vanlig med økt absorpsjon og dermed dårligere SNR. I begge områdene er det viktig å ha flere frekvenser tilgjengelig for samband i tillegg til å kunne redusere dataratene. Absorpsjon tar ut de laveste frekvensene først.

Lenke til nordlysoval: [http://sd-www.jhuapl.edu/Aurora/ovation\\_live/north\\_display.html](http://sd-www.jhuapl.edu/Aurora/ovation_live/north_display.html)



Figur 3.4 Nordlysovalens posisjon bestemt fra DMSP-satellitter og HF-radarer. (Bilde: John Hopkins University, Applied Physics Laboratory)

### 3.2 Varsler for neste døgn

Romværvarsler kan til en viss grad sammenliknes med den vanlige værmeldingen i aviser og TV. Det gis normalt en prognose i form av kart eller tekstmelding, basert på tilgjengelige målinger fra satellitter og fra bakken. De oppdateres minst hver dag, noen hver time.

#### 3.2.1 Dagens romværvarsel

Spaceweather.com gir et omfattende varsel om forhold på sola, i verdensrommet og forventede effekter på jorda.

Lenke: <http://www.spaceweather.com/>

#### 3.2.2 Daglige varsler om romvær og radioforhold

Tekstvarsel leveres hver dag fra Space Environment Centre, USA. Varslene bruker en skala fra R1 til R5, der R1 er svak og R5 er ekstrem sterk forstyrrelse.

Lenke: <http://www.sec.noaa.gov/ftpdir/latest/www.txt>

#### 3.2.3 SEC bulletin

Dersom det kan ventes store problemer med HF-kommunikasjon over store deler av verden, vil dette som regel meldes i en bulletin fra Space Environment Centre, USA. (Pass på å sjekke datoen på den nyeste bulletinen, den kan være ganske gammel.) De leverer også et 27-dagers varsel for Kp og Ap.

Lenke til SEC-bulletin: <http://www.sec.noaa.gov/advisories/bulletins.html>

Lenke til Kp/Ap-varsel: <http://www.sec.noaa.gov/ftplib/weekly/27DO.txt>

### 3.2.4 Globalt varsel for HF-propagasjon

Leveres av IPS Radio and Space Services, Australia. Varselet er inndelt i høy, middels og lav breddegrad (latitude band). I tillegg gis status for HF-forhold i øyeblikket og en oppsummering av forholdene siste 24 timer. Ved spesielt sterk absorpsjon av radiosignaler sendes et eget fadeout varsel.

Lenke til globalt HF-varsel:

[http://www.ips.gov.au/Main.php?CatID=6&SecID=5&SecName=GlobalHF&SubSecID=1&SubSecName=HF Conditions&LinkName=Global Propagation](http://www.ips.gov.au/Main.php?CatID=6&SecID=5&SecName=GlobalHF&SubSecID=1&SubSecName=HF%20Conditions&LinkName=Global%20Propagation)

Lenke til fadeout varsel:

[http://www.ips.gov.au/Main.php?CatID=6&SecID=5&SecName=Global HF&SubSecID=1&SubSecName=HF Conditions&LinkName=HF Fadeout Warning](http://www.ips.gov.au/Main.php?CatID=6&SecID=5&SecName=GlobalHF&SubSecID=1&SubSecName=HF%20Conditions&LinkName=HF%20Fadeout%20Warning)

### 3.2.5 Hourly Area Prediction (HAP) Chart for HF in Europe

Leveres av IPS Radio and Space Services, Australia. Ved å velge "OSLO" produseres et kart som viser hvilken frekvens som egner seg for kommunikasjon mellom Oslo og en annen stasjon i Europa. Dette oppdateres hver time, basert på målinger av foF2 fire steder i Europa.

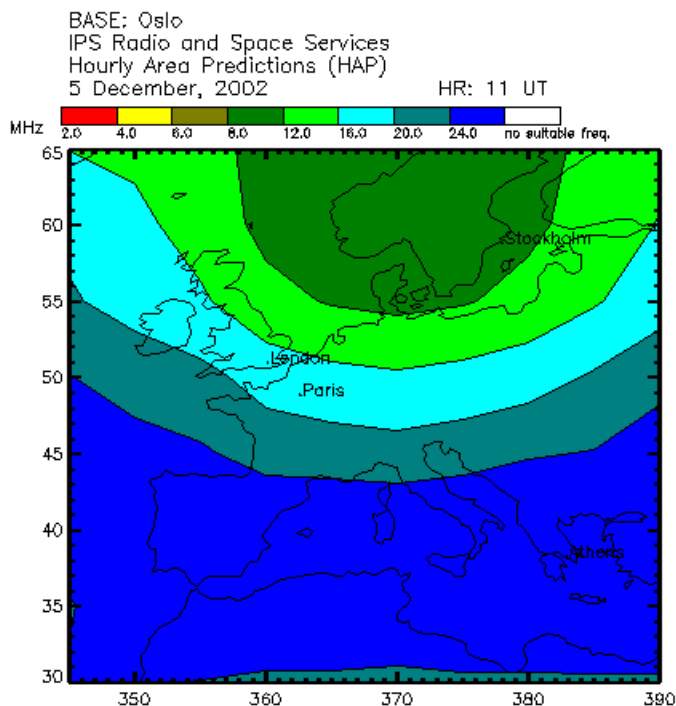
Et oppdatert kart over foF2, *European Real Time Ionospheric foF2 Map*, representerer også høyeste frekvens som kan brukes for NVIS-samband.

Lenke til HAP kart:

[http://www.ips.gov.au/Main.php?CatID=6&SecID=3&SecName=Europe&SubSecID=1&SubSecName=Hourly HAP Charts&LinkName=Hourly HAP Charts](http://www.ips.gov.au/Main.php?CatID=6&SecID=3&SecName=Europe&SubSecID=1&SubSecName=Hourly%20HAP%20Charts&LinkName=Hourly%20HAP%20Charts)

Lenke til foF2 kart:

[http://www.ips.gov.au/Main.php?CatID=6&SecID=3&SecName=Europe&SubSecID=3&SubSecName=Ionospheric Map](http://www.ips.gov.au/Main.php?CatID=6&SecID=3&SecName=Europe&SubSecID=3&SubSecName=Ionospheric%20Map)



Dashed contours (if present) delineate areas where low signal strength may be expected.

Figur 3.5 "Hourly Area Prediction Chart for HF in Europe. (Bilde: IPS Space and Radio Services)



### 3.3 Programmer for HF- prediksjoner

En rekke prediksjonsprogrammer er blitt prøvd ut ved FFI, men det er ikke så lett å anbefale et enkelt program, da alle har sterke og svake sider. Noen egner seg bedre for "nybegynnere", andre er ganske avanserte. Forhåpentligvis kan kortomtalen under gjøre det noe lettere for HF-brukere å velge riktig program.

#### 3.3.1 GRAFEX

Dersom man har behov for en rask "grovprediksjon" av egnet frekvensområde, kan GRAFEX fra IPS Radio and Space Services, Australia, være nyttig. Først får man opp et verdenskart og må klikke sender-(Tx) og mottaker-(Rx) posisjon på kartet, eventuelt skrive inn geografiske koordinater for mer nøyaktig angivelse av posisjoner. Legg deretter inn T-indeks, som er et mål for forstyrrelser i ionosfæren (velg Tnh), og kjør prediksjonen (Do Pred).

---

GRAFEX Input Data:

Date: 31 10 2002

Tx Name: 58 16 Tx latitude: 58.0 Tx longitude: 16.0

Rx Name: 68 22 Rx latitude: 68.0 Rx longitude: 22.0

T-index: 144

---

IPS GRAFEX HF FREQUENCY PREDICTIONS

ADDRESS NO. 1234

---

Circuit: 58 16 68 22 Date: 31 October, 2002 T-index: 144

Bearings: 13 198 Distance: 1151 km

First Mode |-----F r e q u e n c y (MHz)-----| Second Mode

1F 21-24 1E 6 1 5 10 15 20 25 30 35 40 2F 40-44 2E 16

UT OWF EMUF ALF |...|...| ...|...| ...|...| ...|...| OWF EMUF ALF UT

00	4.9	2.2	.0	XMMMM%	3.9	1.4	.000
01	4.9	2.2	.0	XMMMM%	3.8	1.4	.001
02	5.1	2.2	.0	XMMMM%	3.8	1.4	.002
03	5.2	2.2	.0	XMMMM%..	3.8	1.4	.003
04	5.4	2.2	.0	XMMMM%..	3.9	1.4	.004
05	5.4	2.2	.0	XMMMM%..	4.1	1.4	.005
06	7.0	2.2	.0	XMMMMMM%..	5.4	1.4	.006
07	9.6	5.6	3.5	SMMMMMM% %..	7.0	2.8	2.407
08	12.4	8.5	4.9	SMMMMMM MF% %..	8.6	4.9	3.108
09	14.4	9.7	5.5	ASMMMMM MMMF% %..	9.6	5.7	3.509
10	15.8	10.2	5.8	ASMMMMM MMMMF% %..	10.1	6.0	3.710
11	16.3	10.4	5.8	ASXMMMM MMMMF% %..	10.3	6.1	3.711
12	16.2	10.0	5.7	ASMMMMM MMMMF% %..	10.3	5.8	3.612
13	15.7	9.2	5.3	SSMMMMM MMMMF% %..	9.8	5.2	3.413
14	14.3	7.5	4.5	ASMMMMM MMFF% %..	8.8	3.9	3.014
15	12.9	2.2	.0	MMMMMMMMMM MF% %..	8.0	.0	1.815
16	11.2	2.2	.0	XMMMMMMMMM F% %..	6.9	1.4	.016
17	9.4	2.2	.0	XMMMMMMMMMF% %..	6.2	1.4	.017
18	8.0	2.2	.0	XMMMMMM% %..	5.8	1.4	.018
19	6.9	2.2	.0	XMMMMM% %..	5.3	1.4	.019
20	6.3	2.2	.0	XMMMMM% %..	5.1	1.4	.020
21	5.7	2.2	.0	XMMMMM%..	4.6	1.4	.021
22	5.3	2.2	.0	XMMMMM%..	4.2	1.4	.022
23	5.1	2.2	.0	XMMMMM%..	4.1	1.4	.023
UT	OWF	EMUF	ALF	... ...  ... ...  ... ...  ... ...	OWF	EMUF	ALF UT

---

|. USABLE LESS THAN 50% OF DAYS|% USABLE (50%-90%) OF DAYS |

|B BOTH E&F MODES 90% OF DAYS |M MIXED FIRST AND SECOND F MODES|

|F FIRST F MODE ONLY |E E LAYER PROPN |P 90%E & 50-90%F|

|S SECOND MODES ONLY |A HIGH ABSORPTION |X COMPLEX MODES|

(c) 31-Oct-02 IPS Radio & Space Services, Sydney Australia +61 2 92138000

Resultatet er en grafisk fremstilling av egnet frekvensområde som funksjon av tid på døgnet i Universal Time (GMT, Zulu). Øverst står dato, Tx-og Rx-posisjoner, samt valgt T-indeks. Under vises resultatet av prediksjonen: Helt til venstre og helt til høyre står tabeller over Optimum Working Frequency (OWF), E-layer Maximum Usable Frequency (EMUF) og Absorption Limited Frequency (ALF) for hele døgnet. De to tabellene gjelder henholdsvis for en refleksjon (First mode) og to refleksjoner (Second mode) i ionosfæren. I midten er resultatet plottet som et belte av brukbare frekvenser, der laveste frekvens er bestemt av at absorpsjonen er for høy (symbol A), mens de høyeste frekvensene er brukbare mindre enn 50 % av dagene i måneden (symbol .) eller brukbare 50-90% av dagene i måneden (symbol %). Frekvensene imellom er altså alltid ”trygge” å velge.

Merk at vi ikke kjenner til de fysiske modellene som ligger til grunn for GRAFEX, spesielt ikke om de tar hensyn til forholdene på høye breddegrader, slik ICEPAC gjør.

*Lenke til GRAFEX:*

<http://www.ips.gov.au/Category/HF%20Systems/Online%20Tools/Prediction%20Tools/GRAFEX/GRAFEX.php?CatID=6&SecID=6&SecName=OnlineTools&SubSecID=1&SubSecName=PredictionTools&LinkName=GRAFEX>

### 3.3.2 ICEPAC

FFI har i mange år benyttet programmet ICEPAC (tidligere IONCAP) for å gi frekvensvarsler til norske HF-brukere. Programmet er en videreutvikling av prediksjonsprogrammet IONCAP, som ble til på NTIA/ITS i Boulder på 80-tallet. Dette er et av de eldste og mest brukte programmene for HF-prediksjon i vitenskapelig sammenheng. Det kan gi frekvensinformasjon (MUF/LUF), sannsynlighet for å komme fram på forskjellige frekvenser, og informasjon om forskjellige moder som utbrer seg fra sender til mottaker i et punkt-til-punkt samband. Programmet kan også gi ut geografiske dekningsdiagrammer fra én sender.

I forhold til IONCAP inneholder ICEPAC en høy breddegradsmodell av ionosfæren, som skal gi bedre prediksjoner på høye breddegrader. Sammenligninger gjort av FFI har vist at den økte absorpsjonen som oppleves på lave frekvenser på høye breddegrader, ikke er modellert tilstrekkelig i ICEPAC. ICEPAC synes også å prediktere MUF noe høyt under forstyrrede forhold (høy Q-indeks), sammenlignet med erfaring og med Proplab-Pro.

Programmet kan lastes ned gratis. Forespørsler angående bruk av programmet kan gjøres på e-post til oppgitt kontaktperson, men ingen stor brukerstøttefunksjon eksisterer.

*Lenke til ICEPAC:* <http://elbert.its.bldrdoc.gov/hf.html>

FFI har skrevet en rapport om retningslinjer for å bruke ICEPAC (FFI-rapport-98/05322). ([http://www.mil.no/multimedia/archive/00011/Jodalen-R-98-05322\\_11102a.pdf](http://www.mil.no/multimedia/archive/00011/Jodalen-R-98-05322_11102a.pdf))

Brukerveiledning finnes også på Internetsiden som programmet hentes ned ifra.

ICEPAC skal ha solflekk tall som input. Det finnes som en månedlig middelværdi (smoothed monthly mean) som skal brukes dersom du vil planlegge ut fra tidligere års solflekk tall, og som prediksjon for de kommende månedene/årene (predicted).

*Lenke til midlet solflekk tall:*

[ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR\\_DATA/SUNSPOT\\_NUMBERS/SMOOTHED](ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS/SMOOTHED)

*Lenke til predikert solflekk tall:*

[ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR\\_DATA/SUNSPOT\\_NUMBERS/sunspot.predict](ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS/sunspot.predict)

### 3.3.3 Propwiz

Programmet er laget av Rohde & Schwarz, Tyskland. Dette er et veldig brukervennlig program, som gir MUF og tilgjengelighet for et gitt signal-støyforhold over en bestemt strekning. Programmet bruker antakelig ingen modell for høye breddegrader, og det tar ikke hensyn til geomagnetisk aktivitet (dvs. det er ikke mulig å legge inn dette som en parameter). Demoversjon kan lastes ned fra Rohde & Schwarz (søk etter "propagation wizard"), og fullversjon av programmet kan bestilles samme sted.

Lenke til Propwiz: <http://www.rohde-schwarz.com/Homepage>

### 3.3.4 Proplab-Pro

Programmet er laget av Solar Terrestrial Dispatch. Dette er et omfattende program, som blant annet kan utføre "ray-tracing" i tre dimensjoner, MUF-beregninger, globale ionosfæreplot for forskjellige parametre relevant for radiokommunikasjon, elektrontetthetsprofiler og "Broadcast Coverage Maps". "Ray-tracing" kan utføres ved både en "Comprehensive/Complex-" og en "Simple ray-tracing engine". Av hensyn til beregningstiden er effekter forbundet med nordlyssonen og geomagnetisk aktivitet utelatt i "Comprehensive ray-tracing engine". Dette er uheldig for beregninger under norske forhold.

Generelt er dette et omfangsrikt program, hvor en rekke parametre blir brukt i beregningene. Men brukervennligheten kunne vært høyere, og programvaren virker litt ustabil. Enkelte funksjoner har vi ikke fått til å fungere. Ved sammenligning av MUF-beregninger gjort med Proplab-Pro og ICEPAC får vi avvikende resultater ved høy geomagnetisk aktivitet. Proplab-Pro gir en predikert MUF ca. 10 MHz lavere enn ICEPAC. Det er imidlertid vanskelig å avgjøre hvilket program som gir de beste prediksjonene.

Programmet kan lastes ned (mot betaling) fra produsentens hjemmeside.

Lenke til Proplab-Pro: <http://www.spacew.com/www/proplab.html>

### 3.3.5 ASAPS

Programmet er laget av Department of Industry Science and Resources, Australia. Over en gitt strekning vil dette programmet oppgi hvor tilgjengelig hver frekvens i området 1 - 40 MHz er, samt MUF gjennom et helt døgn. Program og demoversjon kan lastes ned.

Lenke til ASAPS:

<http://www.ips.gov.au/Main.php?CatID=7&SecID=1&SecName=Software&SubSecID=1&SubSecName=ASAPS>

### 3.3.6 HF-EEMS

Programmet er laget av DERA (nå Qinetiq) i England. I motsetning til andre HF-prediksjonsprogrammer gir dette muligheten til å vurdere sårbarheten til et HF-system, basert på plasseringen av egne og fiendtlige HF-stasjoner. Programmet beregner kart som viser utbredelsen til jord- og ionosfærebølgen og grafer som viser MUF og LUF. Man kan velge om man vil bruke ray-tracing, som gir høy nøyaktighet på prediksjonene, eller punktprøving som gir lavere nøyaktighet. Det er mulighet for å legge inn informasjon om geomagnetisk aktivitet. Programmet kan virke litt forvirrende ved at man kan starte det både som "operator" og "administrator". Som "operator" har man begrensede muligheter til å legge inn nye parametre, f. eks. nye stasjoner, chirp sounders, modemgrupper og sette opp frekvensplaner. Man kan bare

velge ut fra de som allerede er lagt inn av "administrator". Det er også visse forskjeller på hvordan dekningsområde for forskjellige frekvenser blir vist ettersom man er "operator" eller "administrator", og ved plotting av frekvensgrafer. Programmet har ellers et enkelt brukergrensesnitt.

Programmet kan bestilles hos:

BAE SYSTEMS - Advanced Technology Centre, West Hanningfield Road, CM2 8HN, Chelmsford, Essex, United Kingdom

### 3.3.7 PropMan

Programmet er laget av Rockwell Collins, USA. PropMan identifiserer og viser den beste kanalen for en HF-link basert på inntastede ionosfære-, sol- og utstyrsparemetre. Resultatet blir vist grafisk. Dette programmet har en spesiell modell for å kunne håndtere ionosfæriske stormer og forhold på høye breddegrader.

*Lenke til PropMan: <http://www.propman2000.com/>*

## 4 KONKLUSJON

Selv om det i dag eksisterer en rekke nye kommunikasjonskanaler for sivilt bruk som også kan tenkes å ha militære anvendelser ser det ut til at HF radiosamband fortsatt vil være viktig for å oppnå relativt rimelig kommunikasjon over store avstander. Nytt radioutstyr med mulighet for automatisk oppsett og oppdatering av sambandet er nå på vei, og dette ventes å gi betydelig større brukervennlighet og økt fremkommelighet. Imidlertid representerer denne oppgraderingen en stor investering, og sambandspersonell vil nok bruke tradisjonelt utstyr en god stund til, med de utfordringer dette innebærer til riktig valg av frekvens under forskjellige ionosfæreforhold. Dessuten vil selv det mest avanserte moderne utstyr være sårbart for situasjoner som Shortwave Fadeout og Polar Cap Absorption Events, der store deler av nordområdene kan være uten HF-samband i opptil flere døgn på grunn av sterk partikkelstråling og påfølgende absorpsjon av radiobølgene. Forhåpentligvis vil informasjonen vi har samlet på HF-siden, med prediksjonsprogrammer, sanntids kanaldata og varsler for neste døgn, både gjøre arbeidet til HF-operatøren lettere i overgangsfasen til ARCS-systemer og øke kunnskapen om HF-kanalens spesielle forhold og utfordringer. Vi oppfordrer brukere til å gi tilbakemeldinger og innspill om forbedringer av HF-siden, og vi vil forsøke å vedlikeholde og oppdatere siden etter beste evne.

## Litteratur

- (1) Bergsvik Torgeir (1998): Evaluering av HF-modemer og flerfrekvenssystemer basert på kanalmålinger på høye breddegrader, FFI Rapport 1998/04983, ugradert
- (2) Jodalen Vivianne, Bergsvik Torgeir (1998): HF bølgeutbredelse basiskunnskap, samt kort brukerveiledning til prediksjonsprogrammet ICEPAC, FFI Rapport 1998/05322, ugradert
- (3) Jodalen Vivianne (2000): Ytelsen av standard HF-modemer på norske breddegrader, FFI Rapport 2000/02687, ugradert
- (4) Jodalen Vivianne (2001): HF NVIS kommunikasjon - kanalkarakteristikk på høye breddegrader, FFI Rapport 2001/04168, ugradert
- (5) Svenes Knut (2002): Oversikt over europeisk romværvirksomhet, FFI Rapport 2002/03188, ugradert



## FORDELINGSLISTE

FFIE

Dato: 30.september 2003

RAPPORTTYPE (KRYSS AV)			RAPPORT NR.	REFERANSE	RAPPORTENS DATO	
<input checked="" type="checkbox"/>	RAPP	<input type="checkbox"/> NOTAT	<input type="checkbox"/> RR	2003/02353	FFIE/822/110	30.september 2003
RAPPORTENS BESKYTTELSESGRAD				ANTALL TRYKTE UTSTEDT	ANTALL SIDER	
UGRADERT				73	23	
RAPPORTENS TITTEL				FORFATTER(E)		
ROMVÆR - INFORMASJON FRA INTERNET TIL NYTTE FOR OPERATIVE HF-BRUKERE				JACOBSEN Bjørn, JODALEN Vivianne, FARSUND Bodil Hvesser		
FORDELING GODKJENT AV FORSKNINGSSJEF				FORDELING GODKJENT AV AVDELINGSSJEF:		
Torleiv Maseng				Johnny Bardal		

### EKSTERN FORDELING

### INTERN FORDELING

ANTALL	EKS NR	TIL	ANTALL	EKS NR	TIL
1		FST/HST	9		FFI-Bibl
1		FST/SST	1		FFI-ledelse
1		FST/LST	1		FFIE
1		FST/HVST	1		FFISYS
1		E-tjenesten	1		FFIBM
1		v/Kjetil Johnsrud	1		FFIN
1		FO/I			Forfattereksemplar(er)
1		LDKN/Sambandsstaben	5		Restopplag til Biblioteket
1		FLO/Sjø			<b>Elektronisk fordeling:</b>
1		v/Frode Merkesvik			FFI-veven
1		v/Elin Furuli			Torleiv Maseng (tma)
1		FLO/Land			Anton B Leere (abl)
1		v/Axel Wiborg			Bjørn Skeie (bjs)
1		v/Arnfinn Roel (Jørstadmoen)			Bodil Hvesser Farsund (bhv)
1		v/Torkel Haugen (Jørstadmoen)			Frode Lillevold (frl)
1		FLO/Luft			Knut Inge Hvidsten (kih)
1		v/Harald Pettersen			Jostein Sander (jos)
1		Forsvarets stabsskole/Hærvædelingen			Ove K Grønnerud (okg)
1		Sambandsinspektøren			Svein Haavik (svh)
1		Infanteriinspektøren			Vegard Arneson (var)
1		Artilleriinspektøren			Roald Otnes (rot)
1		Stedfortredende artilleriinspektør/ Luftvern			Vivianne Jodalen (vjo)
1		Kavaleriinspektøren			Tom A Blix (tab)
1		Ingeniørinspektøren			Ulf-P Hoppe (uph)
1		Treningspektøren			Torkild Eriksen (toe)
1		Assisterende treningspektør/HVK			Nils A Sæthermoen (nas)
1		Sanitetsinspektøren			Knut Svenes (ksv)
1		Heimevernsskolen Dombås			Hans C Palm (hcp)
1		SBTR/STKP/TMBN Postboks 55 3645 Heistadmoen			

## EKSTERN FORDELING

## INTERN FORDELING

ANTALL	EKS NR	TIL	ANTALL	EKS NR	TIL
1		NRRL Postboks 20 Haugenstua 0915 Oslo			
1		Sambandsavd DKN v/radiooffiser Postboks 60 9401 Harstad			
1		Distriktskommando Østlandet/ Sambandsavdelingen v/radiooffiser Postboks 4024 Postterminalen 2301 Hamar			
1		Forsvarets Tele- og Datatjeneste			
1		FD IV 3			
1		v/Gunnar Arneberg			
1		Hærens jegerkommando			
1		v/sambandsoffiser 2451 Rena			
1		Marinejegerkommando ROS 9442 Ramsund			
1		EST tropp/EKKP Postboks 232 9250 Bardu			
1		KNM Tordenskjold			
1		Kystjegerkommandoen			
1		Sambandsoffiseren Oppklesk/N Postboks 16 9250 Bardu			
1		FLO/IKT			
1		v/Thor Holtet			
1		v/Thormod Nordahl			
1		FLO/IKT FOHK			
1		v/Kåre Mehus			
1		v/Arve Offigstad			
1		SBUKS			
1		v/Steinar Svalstad			
1		v/Frode Tørres			
1		Porsanger Jegerbataljon			
1		v/Vegard Bokalrud PB 55 9709 Porsangmoen			



**EKSTERN FORDELING****INTERN FORDELING**

ANTALL	EKS NR	TIL	ANTALL	EKS NR	TIL
1		Halvor Liland Thales Communications Risløkkveien 2 Økern 0580 Oslo			