

Rapport

Måling av elektromagnetisk feltnivå ved EISCAT sitt anlegg ved Ramfjordmoen

Målingen utført av:	Thorgrim Hestvik, Håvard Mathisen og Nils Tapio (Post- og teletilsynet)
Bistand fra EISCAT/UiT:	Michael Rietveld
Rapport skrevet av:	Hallstein Lervik, Post- og teletilsynet
Oppdragsgiver:	Universitetet i Tromsø
Dato for målingene:	Mandag 29. september 2008



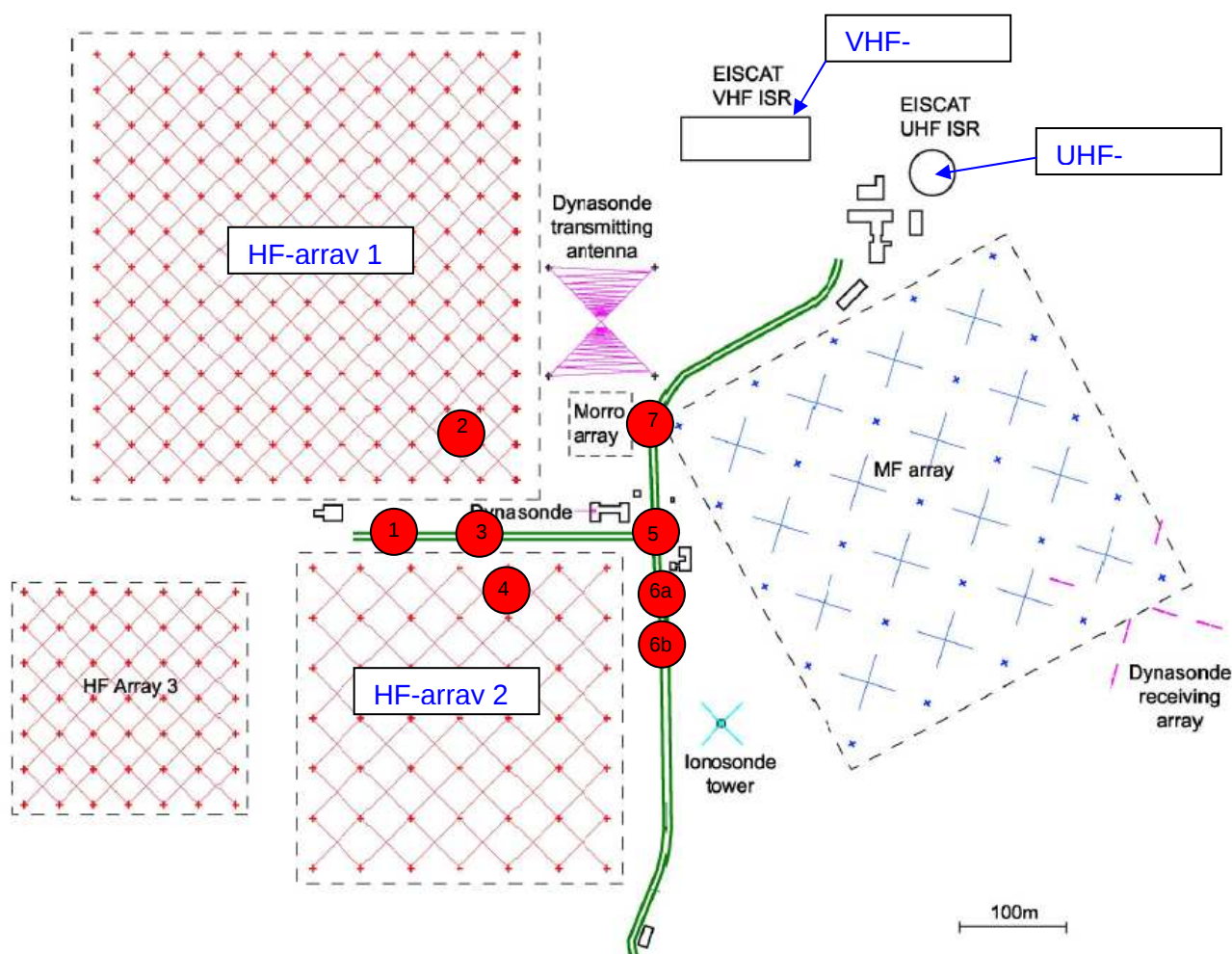
Post- og teletilsynet

1. Innledning

På bakgrunn av henvendelse fra Universitetet i Tromsø (UiT), har Post- og teletilsynet (PT) ved Frekvenskontrollen i Trondheim/Lødingen foretatt målinger av feltstyrke inne i og rundt antenneanlegget for HF-Heating ved EISCAT-anlegget på Ramfjordmoen. Bakgrunnen for å foreta målinger er at UiT ønsker å opprettholde fri ferdsel i området inne i og rundt HF-Heating-anlegget.

2. Målinger

Målingene ble utført mandag 29. september 2008. Vi har utført målingene som stikkprøver inne i antenneanlegget og langs veiene inn til EISCAT- anleggene. Punktene er valgt ut fra antatt ferdsel i området og i samråd med EISCAT/UiT. Se skisse



Forklaring til målepunktene:

Målepkt 1: Midt i veien rett ut for matepunkt 4 fra øst i HF.array1. Dette punktet er lett å identifisere og det gir maksimumsverdi med likt bidrag fra dipolene på hver side av matepunktet.

Målepkt 2: Under dipol ved matepunkt 2 fra øst og sør. Dette gir maksimum nivå rett under antenneelementene. Avstand opp til antennen er ca 12 meter.

Målepkt 3: Midt i veien rett ut for mast 2 fra øst i HF-array 1 og rett ut for matepunkt 3 fra øst i HF.-array 2.

Målepkt 4: Under dipol ved matepunkt 3 fra øst og matepunkt 1 fra nord, 16 meter opp til antenneelementet.

Målepkt 5: I venstre veikant i krysset mellom veien inn til EISCAT og veien bort til HF-Heating.

Målepkt: 6: Her ble det gjort forsøk på å finne maksimumspunkter. Det var liten variasjon i nivåene, men det ble gjort to målinger 6a og 6b, henholdsvis rett ut for første matepunkt fra nord og ca rett ut for 2 matepunkt.

Målepkt 7: Her ble det målt i venstre veikant i krysset inn til Moro-radaren.

Målepkt 8: Inne i kontrollrommet

Det ble først målt utenfor kontrollrommet med full effekt (800 kW), og effekten ble deretter redusert med ca 10 dB (80 kW).

Målingene ute i felten ble foretatt med redusert effekt.

3. Måleutstyr

Målingene er utført med FSH3 av Rohde & Schwarz og frekvenstilpasset antenne for måling av E- og H-felt.

Antenne:	
Produsent: Antanessa	Antennefaktor oppgitt av fabrikat
Type: Treakse-isotropisk	Serie nr. TAS-37-03-02
Frekvensområde: 100 kHz – 3 GHz	Kalibrert 10.10.03

Antenne: HE200-HF	
Produsent: Rohde & Schwarz	Antennefaktor oppgitt av fabrikat
Type: HF-loop	Serie nr. 4050.3509.02.101639
Frekvensområde: 100 kHz – 3 GHz	Kalibrert ved innkjøp i 2004

Spektrumsanalysator	
Produsent: Rohde & Schwarz	Med antennefaktor for måleantenne innlagt
Type: FSH3	Serie nr. 100419 / 100083
Frekvensområde: 100 kHz – 3 GHz	Kalibrert ved innkjøp

4. Måleusikkerhet

På grunn av at måleinstrumenter og annet utstyr blir påvirket av omgivelsene, vil et måleoppsett som brukt her aldri gjengi 100 % repeterbare måleverdier.

Måleutstyrets usikkerhet er typisk $\pm 1,5$ dB, men om man legger 95 % konfidens-intervall til grunn får man i verste fall mellom $\pm 2,5$ og $\pm 3,3$ dB av målt verdi, avhengig av frekvensområde.

Nivåvariasjoner som følge av påvirkning fra omgivelsene vil, hvis vi ikke tar hensyn til dem, utgjøre mange ganger den usikkerheten som instrument, kabler og måleantenne utgjør. De maksimale nivåene kan forholdsvis lett fanges ved å kombinere "MaxHold" med midling over flere målepunkter i samme område, eller små forflytninger av måleantennen. Man kan da komme ned i en usikkerhet fra omgivelsene på ± 2 dB.

Total måleusikkerhet summerer seg til mellom $\pm 4,5$ dB og $\pm 5,3$ dB. Vi kan da konkludere med at den reelle verdien ligger innenfor et intervall på $\pm (4,5 - 5,3)$ dB fra den verdien vi leser av på måleinstrumentet. For å ta høyde for den verst tenkelige målefeil, legges det positive avviket til grunn ved vurdering av resultatene. Den reelle verdi, avhengig av frekvens, kan således være 4,5 – 5,3 dB (ca. 2,8 – 3,4 ganger) høyere enn den avleste verdien.

Generelt

Når det måles feltstyrke så skal det måles i 3 forskjellige plan, x, y og z. De 3 feltkomponentene skal summeres slik:

$$E_i = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$

Dersom det gjøres flere målinger i forskjellige punkter blir bidragene summert på tilsvarende måte:

$$E_{total} = \sqrt{\sum_i E_i^2}$$

Måleenheten for feltstyrke er [V/m]

For å relatere feltstyrkenivået i et gitt punkt til grenseverdien for den frekvensen som måles må dette gjøres slik: $ER = \sqrt{\sum_i \frac{E_i^2}{E_{Li}^2}}$, der ES er eksponeringsfaktoren, E_i er målt feltstyrkeverdi i punktet og E_{Li} er grenseverdien som er gitt av ICNIRP for det aktuelle frekvensbåndet. I prosent blir eksponeringsfaktoren: $ER\% = ES \cdot 100\%$.

Eksponeringsfaktoren kan også uttrykkes på en mer direkte måte ved å bruke effekttettheten i stedet for feltstyrkenivået.

Eksponeringsfaktoren blir da: $\sqrt{\sum_i \frac{S_i}{S_{Li}}}$, der S_i er effekttettheten i målepunktet og S_{Li} er grenseverdien for den aktuelle frekvensen som det blir målt på i punktet oppgitt i effekttetthet.

Måleenheten for effekttetthet er [W/m²]

Forholdet mellom feltstyrke og effekttetthet er gitt som: $S = \frac{E^2}{120\pi} \approx \frac{E^2}{377}$ der S er effekttettheten og E er feltstyrken. Dette forholdet er konstant og gjelder så lenge målingene er gjort i en viss avstand fra senderen(fjernfelt). Stort sett kan man si at fjernfeltet starter 3-10 bølgelengder fra senderen, alt etter hvor stor senderantenna er i forhold til bølgelengden.

Denne eksponeringsfaktoren er basert på den oppvarmingen som skjer i kroppen når den utsettes for elektromagnetiske felter.

For målinger under 10 MHz skal også H-feltet måles. Forholdet mellom E - og H -feltet er gitt som: $H \approx \frac{E}{377}$

5. Måleresultater

	Sender	Målt verdi dB μ V/m	Ekstra demping + kabel og overganger + måleusikkerhet(dB)	Nivå i målepunkt korrigert for redusert sendereffekt E = [V/m], H = [A/m]	Grenseverdi i følge ICNIRP	Relativt i forhold til ICNIRP grenseverdi i % [(E ² /L ²) eller (H ² /L ²)]
Målepunkt 1						
Array 1 i drift						
	HF-Heating:					
E-felt	5,423 MHz	119,6	0+0,5+4	5,1	37 V/m	1,9
H-felt	5,423 MHz	85,2	20+0,5+4	0,003	135 mA/m	0,05
E-felt	6,2 MHz	119,5	0+0,5+4	5,0	34 V/m	2,2
H-felt	6,2 MHz	85,6	20+0,5+4	0,003	118 mA/m	0,06
Array 2 i drift						
	HF-Heating:					
E-felt	5,423 MHz	133,8	0+0,504	26,0	37 V/m	49,4
H-felt	5,423 MHz	87,6	30+0,5+4	0,01	135 mA/m	0,5

Målepkt 1: Midt i veien rett ut for matepunkt 4 fra øst i HF-array 1.

	Sender	Målt verdi dB μ V/m	Ekstra demping + kabel og overganger + måleusikkerhet(dB)	Nivå i målepunkt korrigert for redusert sendereffekt E = [V/m], H = [A/m]	Grenseverdi i følge ICNIRP	Relativt i forhold til ICNIRP grenseverdi i % [(E ² /L ²) eller (H ² /L ²)]
Målepunkt 2						
	HF-Heating:					
E-felt	5,423 MHz	134,2	0+0,5+4	27,2	37 V/m	54,0
H-felt	5,423 MHz	88,2	40+0,5+4	0,04	135 mA/m	8,8
E-felt	6,2 MHz	127,4	0+0,5+4	12,4	34 V/m	13,3
H-felt	6,2 MHz	98,1	30+0,5+4	0,04	118 mA/m	11,5

Målepkt 2: Under dipol ved matepunkt 2 fra øst og sør i HF-array 1.

	Sender	Målt verdi dB μ V/m	Ekstra demping + kabel og overganger + måleusikkerhet(dB)	Nivå i målepunkt korrigert for redusert sendereffekt E = [V/m], H = [A/m]	Grenseverdi i følge ICNIRP	Relativt i forhold til ICNIRP grenseverdi i % [(E ² /L ²) eller (H ² /L ²)]
Målepunkt 3						
Array 1 i drift						
	HF- Heating:					
E-felt	5,423 MHz	123,8	0+0,5+4	8,2	37 V/m	4,9
H-felt	5,423 MHz	115,3	0+0,5+4	0,008	135 mA/m	0,4
Array 2 i drift						
E-felt	5,423 MHz	132,6	0+0,5+4	22,6	37 V/m	37,3
H-felt	5,423 MHz	97,7	30+0,5+4	0,03	135 mA/m	4,9
E-felt	7,953 MHz	132,6	0+0,5+4	22,6	31 V/m	

Målepkt 3: Midt i veien rett ut for mast 2 fra øst i HF-array 1 og rett ut for matepunkt 3 fra øst i HF.-array 2.

	Sender	Målt verdi dB μ V/m	Ekstra demping + kabel og overganger + måleusikkerhet(dB)	Nivå i målepunkt korrigert for redusert sendereffekt E = [V/m], H = [A/m]	Grenseverdi i følge ICNIRP	Relativt i forhold til ICNIRP grenseverdi i % [(E ² /L ²) eller (H ² /L ²)]
Målepunkt 4						
Array 2 i drift						
	HF- Heating:					
E-felt	5,423 MHz	137,5	0+0,5+4	39,8	37 V/m	115,7
H-felt	5,423 MHz	108,9	30+0,5+4	0,12	135 mA/m	79,0

Målepkt 4: Under dipol ved matepunkt 3 fra øst og matepunkt 1 fra nord i HF-array2

	Sender	Målt verdi dB μ V/m	Ekstra demping + kabel og overganger + måleusikkerhet(dB)	Nivå i målepunkt korrigert for redusert sendereffekt E = [V/m], H = [A/m]	Grenseverdi i følge ICNIRP	Relativt i forhold til ICNIRP grenseverdi i % [(E ² /L ²) eller (H ² /L ²)]
Målepunkt 5						
Array 2	HF- Heating:					
E-felt	5,423 MHz	120,6	0+0,5+4	5,7	37 V/m	2,4
H-felt	5,423 MHz	106,6	10+0,5+4	0,01	135 mA/m	0,5

Målepkt 5: I venstre veikant i krysset mellom veien inn til EISCAT og veien bort til HF-Heating.

	Sender	Målt verdi dB μ V/m	Ekstra demping + kabel og overganger + måleusikkerhet(dB)	Nivå i målepunkt korrigert for redusert sendereffekt E = [V/m], H = [A/m]	Grenseverdi i følge ICNIRP	Relativt i forhold til ICNIRP grenseverdi i % [(E ² /L ²) eller (H ² /L ²)]
Målepunkt 6						
	HF- Heating:					
Array 2						
a						
E-felt	5,423 MHz	122,6	0+0,5+4	7,2	37 V/m	3,8
H-felt	5,423 MHz	113,6	10+0,5+4	0,007	135 mA/m	0,3
b						
E-felt	5,423 MHz	127,5	0+0,5+4	12,6	37 V/m	11,6
H-felt	5,423 MHz	105,6	20+0,5+4	0,03	135 mA/m	4,9

Målepkt: 6: 6a og 6b, henholdsvis rett ut for første matepunkt fra nord og ca rett ut for 2 matepunkt fra nord i HF-array2.

	Sender	Målt verdi dB μ V/m	Ekstra demping + kabel og overganger + måleusikkerhet(dB)	Nivå i målepunkt korrigert for redusert sendereffekt E = [V/m], H = [A/m]	Grenseverdi i følge ICNIRP	Relativt i forhold til ICNIRP grenseverdi i % [(E ² /L ²) eller (H ² /L ²)]
Målepunkt 7						
	HF- Heating:					
Array 1						
E-felt	5,423 MHz	120,0	0+0,5+4	5,3	37 V/m	2,1
H-felt	5,423 MHz	113,83	0+0,5+4	0,007	135 mA/m	0,3

Målepkt 7: Her ble det målt i venstre veikant i krysset inn til Moro-radaren.

	Sender	Målt verdi dB μ V/m	Ekstra demping + kabel og overganger + måleusikkerhet(dB)	Nivå i målepunkt korrigert for redusert sendereffekt E = [V/m], H = [A/m]	Grenseverdi i følge ICNIRP	Relativt i forhold til ICNIRP grenseverdi i % [(E ² /L ²) eller (H ² /L ²)]
Målepunkt 8						
Inne i Kontroll- rommet						
	HF- Heating:					
Array 1						
E-felt	5,423 MHz	99,5	0+0,5+4	0,5	37 V/m	0,02
H-felt	5,423 MHz	97,7	0+0,5+4	0,001	135 mA/m	0,005

Målepkt 8: Inne i kontrollrommet

Kommentarer

Anbefalinger om grenseverdier for elektromagnetisk felteksponering av mennesker er utarbeidet av International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). I Norge støtter Statens strålevern seg til anbefalingene fra ICNIRP ved vurdering av menneskelig eksponering for elektromagnetiske felt.

Feltstyrkeverdiene i disse målingene ligger betydelig under gjeldende grenseverdier (ICNIRP). Dersom det likevel skulle være spørsmål om helseeffekter og slike felt, kan statens strålevern kontaktes. På hjemmesiden til Statens strålevern www.nrpa.no er det mange opplysninger om emnet, samt kontaktinformasjon. Statens strålevern får kopi av denne rapporten.

For mer informasjon om Post- og teletilsynets rolle når det gjelder måling av feltstyrke se www.npt.no

6. Metoder og grenseverdier

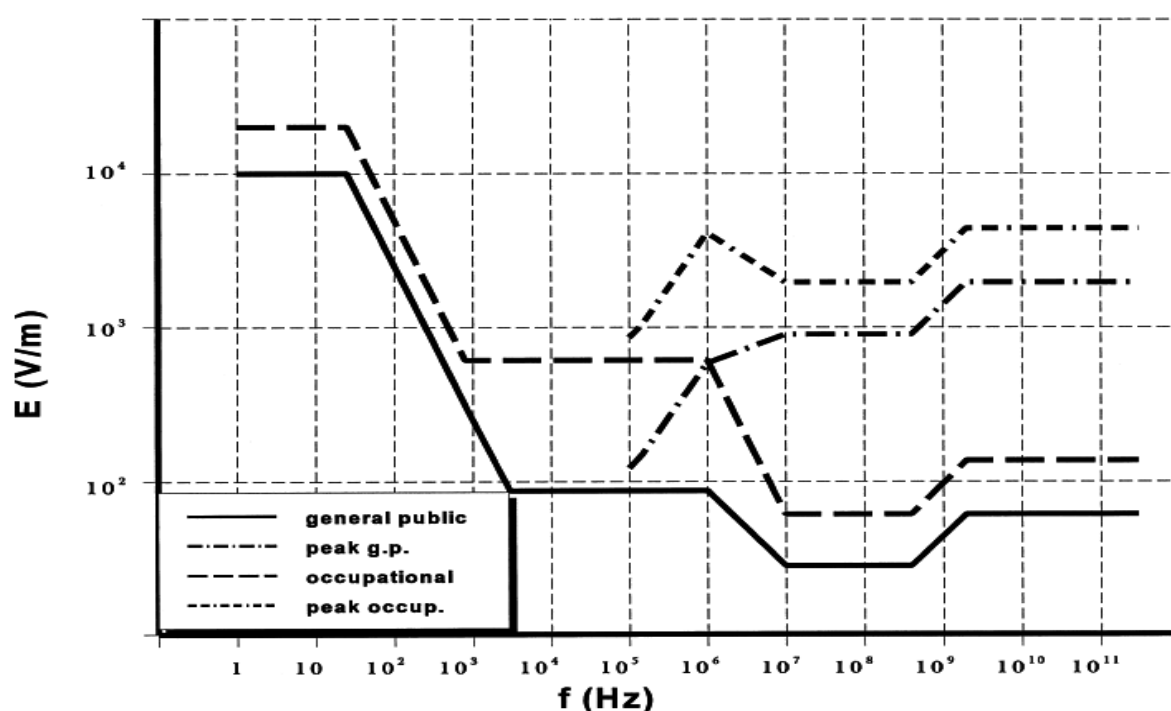
PT har basert sine målinger på *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields April 1998, Volume 74, Number 4* utgitt av International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection.

Table 7. Reference levels for general public exposure to time-varying electric and magnetic fields (unperturbed rms values).^a

Frequency range	E-field strength (V m ⁻¹)	H-field strength (A m ⁻¹)	B-field (μT)	Equivalent plane wave power density S_{eq} (W m ⁻²)
up to 1 Hz	—	3.2×10^4	4×10^4	—
1–8 Hz	10,000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8–25 Hz	10,000	$4,000/f$	$5,000/f$	—
0.025–0.8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	—
0.8–3 kHz	$250/f$	5	6.25	—
3–150 kHz	87	5	6.25	—
0.15–1 MHz	87	$0.73/f$	$0.92/f$	—
1–10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	—
10–400 MHz	28	0.073	0.092	2
400–2,000 MHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	$f/200$
2–300 GHz	61	0.16	0.20	10

Health Physics

April 1998, Volume 74, Number 4



7 Konklusjon

Målingene viser at feltstyrkeverdiene er høyest inne i HF-array 2 (målepunkt 4). Dette harmonerer bra med at det er dette antennefeltet som blir tilført mest effekt per antenneelement. Måleverdiene for henholdsvis E- og H- felt ligger på ca 116% og 80% av anbefalt grenseverdi. Videre ligger nivåene inne i HF-array 1 på ca 50% for E-felt og 8-13% for H-feltet. Samme nivå ble også målt langs veien inn til senderhuset når HF-array 2 var i drift. Langs hovedveien inn til EISCAT er høyeste nivå ca 11% for E-felt og 5% for H-felt målt på veien rett ved HF-array 2. Inne i kontrollrommet ligger nivåene betydelig lavere enn de anbefalte grenseverdiene med 0,02 % for E-felt og 0,005 % for H-felt.

Målingene viser at opphold inne i antenneanlegget, når dette er i drift, kan medføre at man blir eksponert for strålingsnivåer som overskrider anbefalingene fra ICNIRP. På bakgrunn av dette blir rapporten oversendt til Statens strålevern for vurdering av hvilke tiltak som bør i verksettes.

Post- og teletilsynet
Frekvenskontrollen i Trondheim
17/10-2008