



Rapport

Datum: 2015-12-16

Handläggare: Jimmy Estenberg

Diariennr: SSM2015-4097

Dokumentnr: SSM2015-4097-3

Fältmätning av amatörradioanläggningar

Sammanfattning

Radiofrekventa elektriska och magnetiska fält har mätts runt sex olika typer av amatörradioanläggningar. De använda frekvenserna låg inom 1,94-432 MHz och de uppmätta fältstyrkorna har normerats till 100 W eller 1 kW till antennens matningspunkt beroende på typ av anläggning.

Resultaten visar att fem av de sex uppmätta systemen kan generera fältstyrkor som överskrider de rekommenderade maxnivåerna avseende allmänhetens exponering (SSMFS 2008:18). De redovisade fältstyrkorna representerar de högsta förekommande exponeringarna på den aktuella platsen och vid maximala praktiskt använda effektnivåer och kontinuerlig sändning. Antennens placering, utmatad effekt samt sändningstid påverkar den effektiva exponeringen.

Detta är faktorer som sändaramatören delvis kan påverka själv. Därför bör information om exponeringsförhållanden och strålskydd för elektromagnetiska fält utgöra en naturlig del av sändaramatörens utbildning.

Bakgrund och syfte

Sändaramatörer kan idag utan särskilt tillstånd eller anmälan använda sändareffekter upp till 1 kW. Den höga uteffekten, i kombination med att antennen kan placeras i bostadsområden, skulle kunna leda till kraftigt förhöjd exponering för radiovågor i närliggande bostäder och på allmänna platser. Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) har mätt radiofrekventa fält intill sex representativa typfall för att ta reda på faktiska exponeringsförhållanden. ÅF Technology AB har på uppdrag av SSM tagit fram typfallen och säkerställt under mätningarna sändarnas drift och funktion. Resultaten presenteras i denna rapport.



Mätobjekt

Sex olika typfall mättes. Dessa presenteras i tabell 1. Mätningarna gjordes i sändarantennens närhet, både ute och inomhus.

Tabell 1. Uppmätta typfall

Typfall	Beskrivning	Antenn	Sändare	Frekvens [MHz]	Plats
1	VHF/UHF låg effekt balkongantenn	Nagoya NL-775H Magnetföt med sprötantenn 432 MHz	Yaesu FT-857	144,000 432,000	Tumba
2	VHF-sändare rikt- antenn	11 elements Cush- Craft Yagiantenn (13 dBi antennvinst)	Icom IC- 706Mk2G	144,000	Tumba
3	HF-sändare med förkortad balkongantenn (GP)	Watson W-300T Mobilantenn med separata avstämda spröt för olika frekvenser	Yaesu FT-857	3,790 28,000 51,000	Tumba
4	HF-sändare dipol- antenn	FD4 (Off Center Fed- dipolantenn)	Yaesu FT-857	1,940 3,760 7,150 14,305 21,100 29,000	Tumba
5	HF-sändare vertikal-antenn (fullsize)	1/4 våg (7 MHz) 3/4 våg (21 MHz)	Yaesu FT-857	7,150 21,100	Tumba
6	HF-sändare riktantenn	Mosley TH3DX (ca 8 dBi antennvinst)	IC 7410	14,147 21,19 28,415	Vallentuna



Bild 1. Mätuppställning på balkongen, typfall 1 och 3.



Bild 2. Sändarantenn på taket, typfall 2. I bildens övre del syns även matarkabeln till sändarantennen för typfall 5.



Bild 3. Sändarutrustning som användes vid typfallen 1,3, 4 och 5.



Mätutrustning

Vid mätningarna användes fältstyrkemätare med tillhörande prober för E- och H-fält, se tabell 2. Instrumentet är bredbandigt vilket betyder att det ger ett värde på den totala fältstyrkan för alla uppmätta frekvenser. Värdena som presenteras är RMS-värden.

Mätproberna är isotropa vilket innebär att de inte är riktningsberoende utan ger samma resultat oavsett hur de hålls i fältet. Under mätningarna var instrumentet placerat på ett kolfiberstativ för att inte störa de uppmätta fälten. SSM har gjort konstanskontrollmätning av E-fältproben före och efter mätningarna enligt den interna rutinen STYR2013-22.

Tabell 2. Mätinstrumentet

Modell	EMR-300	E-fält probe 18.0	H-fält probe 12.1
Tillverkare	Narda	Narda	Narda
s/n	BD-0082	AB-018	AE-018
Mätområde	se probe	0,2-320 V/m	0,021-21 A/m
Frekvensområde	se probe	100 kHz-3 GHz	300 kHz-30 MHz
Mätonoggrannhet	se probe	+/-1 dB	+/-1 dB
Kalibreringsdatum	2013-12-11	2013-12-03	2013-11-28

Sändarutrustning

Sändarutrustningen presenteras i tabell 3. Sändarna är justerade för att leverera nominell uteffekt +/- 10 % eller 0,5 dB.

Tabell 3. Sändarutrustning

Typ	Transceiver FT-857	Transceiver IC706MK2G	Transceiver IC-7410	Antennavstämningseenhet Z-100
Tillverkare	Yaesu	ICOM	ICOM	LDG
Nominell	HF 100W	VHF 50W	HF 100W	
Uteffekt	VHF 50W UHF 30W			

Utrustning för effektmätning presenteras i tabell 4. Effektmeter Daiwa användes upp till 50 MHz, medan Toyometer och Bird användes för 144 och 432 MHz. Rohde&Schwarz och Bird användes för att kontrollera de andra instrumentens avläsning

Tabell 4. Effektmätutrustning

Typ	Effektmeter	Effektmeter	Effektmeter	Effektmeter
Tillverkare	Rohde&Schwarz NAS Z2	Bird 43	Daiwa CN101L	Toyometer T-435
Mätområde	HF 120W	HF 100W VHF 100W	HF 200W	VHF 200W UHF 50W
Tolerans	3% av avläsning	5% av fullskala	5% av fullskala	5% av fullskala

Mätmetod och genomförande

Närvarande vid mätningarna i Tumba och Vallentuna var Jimmy Estenberg och Torsten Augustsson (SSM) samt teknikkonsulten (och sändaramatören) Karl-Arne Markström (ÅF). Vid mätningen i Tumba deltog även teknikkonsulten (och sändaramatören) Stellan Wersén (ÅF) och Henrik Olsson (Elsäkerhetsverket) och vid mätningen i Vallentuna deltog sändaramatören Stig Adolfsson.

Mätningarna i Tumba genomfördes 2015-10-02 och mätningarna i Vallentuna 2015-10-21.

Först mättes bakgrunds-nivån för att säkerställa att andra sändare inte påverkade mätresultatet. Sedan mättes E- och H-fält på olika höjder och avstånd i antennens närområde, både inomhus och utomhus. Uppmätt fältstyrka normerades sedan till matad effekt på 100 W eller 1 kW, med hänsyn till kabeldämpning och uppmätt effekt i fram- och backriktning, enligt ekvation 1 eller 2. I de typfall där det är tekniskt rimligt att någon använder 1 kW har fältstyrkan normerats mot denna effekt. För de andra typfallen har fältstyrkan normerats mot 100 W. Vid sändning användes kontinuerlig (omodulerad) bärvåg.

$$E_{100\text{ W}} = E_{\text{uppmätt}} * \sqrt{\frac{100\text{ W}}{P_{\text{fram}} * 10^{-\frac{\text{kabeldämpning, dB}}{10}} - P_{\text{back}} * 10^{-\frac{\text{kabeldämpning, dB}}{10}}}}$$

(Ekvation 1)

$$E_{1\text{ kW}} = E_{\text{uppmätt}} * \sqrt{\frac{1000\text{ W}}{P_{\text{fram}} * 10^{-\frac{\text{kabeldämpning, dB}}{10}} - P_{\text{back}} * 10^{-\frac{\text{kabeldämpning, dB}}{10}}}}$$

(Ekvation 2)

De normerade värdena jämfördes med SSM:s referensvärden (SSMFS 2008:18) som anges i tabell 5.

Tabell 5. Referensvärden enligt SSMFS2008:18

Frekvens [MHz]	E-fält* [V/m]	H-fält* [mA/m]
1,9	63,1	384
3,8	44,6	192
7,1	32,6	103
10-400	28	73
432	28,1	76,9

*Medelvärde över en sexminutersperiod

Resultat

Bakgrunds-nivån vid typfall 1-5 var <0,55 V/m och <20 mA/m. Bakgrunds-nivån vid typfall 6 var <0,1 V/m och <0,01 A/m.

Typfall 1 och 3 mättes på balkongen. En mätning gjordes innanför väggen. Både sändarantennens och mätantennens centrum var placerade 1,9 m över balkonggolvet. Mätresultaten, normerade till 100 W vid antennens matningspunkt, presenteras i tabell 6 och 7. Värden som överskrider referensvärdet enligt tabell 5 har rödmarkerats. Det noterades stor skillnad i fältstyrka om balkongdörren var öppen eller stängd. Mätningarna gjordes med stängd balkongdörr.

Tabell 6. Resultat för typfall 1 och 3

Avstånd till sändarantenn	E-fält* [V/m] vid 28 MHz	E-fält* [V/m] vid 51 MHz	E-fält* [V/m] vid 144 MHz	E-fält* [V/m] vid 432 MHz
1 m	42,1	39,5	42,6	24,3
2 m	29,8	30,7	34,0	12,5
3 m	22,2	24,2	26,4	12,5
4 m	18,8	13,3	17,8	13,3
innanför vägg	ej mätt	ej mätt	ej mätt	19,2

*Normerat till 100 W vid antennens matningspunkt

Tabell 7. Resultat för typfall 3 vid 3,790 MHz

Avstånd till sändarantenn	E-fält* [V/m]	H-fält* [mA/m]
1 m	89,7	54,3
2 m	32,0	27,7
3 m	24,0	28,7
4 m	23,8	29,7
Innanför väggen	43,1	ej mätt

*Normerat till 100 W vid antennens matningspunkt

Resultaten för typfall 2 presenteras i tabell 8. Mätantennens höjd var 1,9 m. Typfall 2 har normerats till 1 kW matad effekt.

Tabell 8. Resultat för typfall 2, $f=144$ MHz

Plats	Avstånd till sändarantenn	Vinkel mot sändarantennens riktning	E-fält* [V/m]
balkongen	5 m	-90 grader	9,2
balkongen	6 m	-	15,4
balkongen	7 m	-	24,8
balkongen	8 m	-	14,3
ute, fri sikt	16 m	0 grader	25,6
ute, fri sikt	18 m	25 grader	12,8
inomhus	-	rakt under	41,0
inomhus	5 m	30 grader	14,3
inomhus	5 m	-30 grader	46,1
inomhus	5 m	150 grader	25,6

*Normerat till 1 kW vid antennens matningspunkt



Resultaten för typfall 4 presenteras i tabell 9. Mätantennens höjd var 1,8 m. Typfall 4 har normerats till 1 kW matad effekt. Vid mätningarna noterades att E-fältet på 0,1 m avstånd från matarkabeln uppgår till c:a 275 V/m vid 1,94 MHz och normerat till 1 kW matad effekt.

Tabell 9. Resultat för typfall 4

Plats	Frekvens [MHz]	Avstånd till sändarantenn	E-fält* [V/m]	H-fält [mA/m]
ute, fri sikt	1,940	13 m från ant. ände	48,7	<mätområde
ute, fri sikt	1,940	13 m från matn.pkt	20,4	<mätområde
ute, fri sikt	1,940	24 m från matn.pkt	24,9	<mätområde
ute, fri sikt	3,760	13 m från ant. ände	12,6	<mätområde
ute, fri sikt	3,760	13 m från matn.pkt	24,2	<mätområde
ute, fri sikt	3,760	24 m från matn.pkt	13,9	<mätområde
ute, fri sikt	7,150	13 m från ant. ände	20,4	ej mätt
ute, fri sikt	7,150	13 m från matn.pkt	14,0	ej mätt
ute, fri sikt	7,150	24 m från matn.pkt	11,7	ej mätt
ute, fri sikt	14,305	13 m från ant. ände	21,3	ej mätt
ute, fri sikt	14,305	13 m från matn.pkt	8,5	ej mätt
ute, fri sikt	14,305	24 m från matn.pkt	11,4	ej mätt
ute, fri sikt	21,100	13 m från ant. ände	13,4	ej mätt
ute, fri sikt	21,100	13 m från matn.pkt	10,0	ej mätt
ute, fri sikt	21,100	24 m från matn.pkt	8,05	ej mätt
ute, fri sikt	29,000	13 m från ant. ände	19,9	ej mätt
ute, fri sikt	29,000	13 m från matn.pkt	11,1	ej mätt
ute, fri sikt	29,000	24 m från matn.pkt	9,96	ej mätt
Balkongen	1,940	25 m	22,8	ej mätt
inomhus	1,940	20 m	76,6	ej mätt
inomhus	1,940	15 m	70,4	ej mätt
inomhus	3,760	25 m	17,2	ej mätt
inomhus	3,760	20 m	49,1	ej mätt
inomhus	3,760	15 m	29,2	ej mätt
inomhus	7,150	25 m	5,0	ej mätt
inomhus	7,150	20 m	8,3	ej mätt
inomhus	7,150	15 m	7,3	ej mätt
inomhus	14,305	25 m	6,8	ej mätt
inomhus	14,305	20 m	19,2	ej mätt
inomhus	14,305	15 m	4,3	ej mätt
inomhus	21,100	25 m	6,5	ej mätt
inomhus	21,100	20 m	18,0	ej mätt
inomhus	21,100	15 m	5,0	ej mätt
inomhus	29,000	25 m	3,8	ej mätt
inomhus	29,000	20 m	7,3	ej mätt
inomhus	29,000	15 m	6,9	ej mätt

*Normerat till 1 kW vid antennens matningspunkt



Resultaten för typfall 5 presenteras i tabell 10. Mätantennens höjd var 2 m. Typfall 5 har normerats till 1 kW matad effekt.

Tabell 10. Resultat för typfall 5

Avstånd till sändarantenn	E-fält* [V/m] vid 7,150 MHz	E-fält* [V/m] vid 21,100 MHz	H-fält* [mA/m] vid 3,760 MHz	H-fält [mA/m] vid 21,100 MHz
5 m	20,3	27,0	<mätområde	<mätområde
10 m	26,2	7,8	<mätområde	<mätområde
20 m	11,0	5,2	<mätområde	<mätområde

*Normerat till 1 kW vid antennens matningspunkt

Resultaten för typfall 6 presenteras i tabell 11. Mätantennens höjd var 2 m. Under mätningarna roterades sändarantennen och de högsta värdena noterades. Typfall 6 har normerats till 1 kW matad effekt.

Tabell 11. Resultat för typfall 6

Plats	Frekvens [MHz]	Avstånd till sändarantenn	E-fält* [V/m]	H-fält [mA/m]
ute, fri sikt	14,147	10 m	13,5	<mätområde
ute, fri sikt	14,147	21 m	6,8	<mätområde
ute, fri sikt	21,190	10 m	25,4	20 (67,8*)
ute, fri sikt	21,190	21 m	9,8	<mätområde
ute, fri sikt	28,415	10 m	30,5	20 (67,8*)
ute, fri sikt	28,415	21 m	12,5	<mätområde
inomhus	14,147	4 m	18,3	<mätområde
inomhus	21,190	4 m	24,7	<mätområde
inomhus	28,415	4 m	19,0	<mätområde

*Normerat till 1 kW vid antennens matningspunkt



Diskussion och slutsatser

Mätningarna visar att E-fältet dominerar. H-fältet var i sammanhanget försumbart.

Mätningarna visar även att typfall 1, 2, 3, 4 och 6 kan alstra fältstyrkor som överskrider referensvärdena enligt SSMFS 2008:18 på platser där allmänheten kan vistas. Det skulle kunna undvikas genom adekvata kunskaper om strålskydd och ett medvetet val av antennens placering. Information om strålskydd för elektromagnetiska fält bör därför utgöra en naturlig del av sändaramatörens utbildning.

Vid jämförelse med referensvärdena ska E- och H-fälten beräknas som medelvärden över en sexminutersperiod. Det är dock ovanligt att sändning med konstant uteffekt pågår kontinuerligt under sex minuter, vilket i praktiken medför en betydande marginal till referensvärdena.

Den höga fältstyrkan som uppmättes intill antennkabeln i typfall 4 beror på att högfrekventa strömmar från antennens matningspunkt kan utbreda sig på matarkabelns utsida, vilka ibland ger upphov till stora potentialskillnader mot omgivningen. Det visar att fälten kan vara kraftigt förhöjda i sändaramatörens direkta närhet, även om antennen är placerad en bit från fastigheten.

Jimmy Estenberg
Teknisk ledare, EMF-mätverksamhet
Strålsäkerhetsmyndigheten