

STUK-B-TARO 13

RADIOAMATÖÖRIASEMAN  
AIHEUTTAMA RADIO-  
TAAJUINEN SÄTEILY

Lauri Puranen

Heinäkuu 1988

SÄTEILYTURVAKESKUS  
TARKASTUSOSASTO

Valtion Painatuskeskus  
Helsinki 1989

961227

ISBN 951-47-2052-0  
ISSN 0781-2876

## ALKUSANAT

Tämä tutkimus on tehty radioamatöörien pyynnöstä. Tarkoituksena oli selvittää tyypillisen radioamatööriaseaman aiheuttaman radiotaajuuden säteilyn taso aseman lähiympäristössä. Mittaustulosten perusteella annettiin turvallisuussuosituksia. Tutkimukseen ei sisällynyt erikoisluvala toimivaa korotetun tehon asemaa, jollainen on tarkoitus mitata myöhemmin.

Kiitän Paavo Kotilaista, Benny Kornia ja Ilkka Reittilää Suomen radioamatööriliitosta mittausjärjestelyistä, radioamatööritoiminnan selostamisesta ja tutkimusraportin tarkastamisesta. Säteilyturvakeskuksesta haluan kiittää Kari Jokelaa ja Ari Lukkarista avustamisesta mittauksissa ja Aija Holmaa raportin puhtaaksikirjoittamisesta.

Helsingissä 19.7.1988

Lauri Puranen

# SISÄLLYSLUETTELO

1	YLEISTÄ.....	1
2	RADIOAMATÖÖRITOIMINTAA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET.....	1
3	RADIOAMATÖÖRIEN TYYPILLISET LAITTEET JA LIIKENNÖINTITAVAT.....	3
3.1	Lähettimet ja vastaanottimet.....	3
3.2	Antennit.....	4
3.3	Liikennöintitavat.....	5
4	RADIOAMATÖÖRIASEMIEN MITTAUKSET.....	7
4.1	Yleistä.....	7
4.2	Rivitalossa sijaitsevan aseman mittaukset.....	7
4.2.1	Lähettimet ja antenniviritin....	7
4.2.2	Yagi-antenni.....	8
4.2.3	Käännetty maatasoantenni.....	9
4.3	Kerrostalossa sijaitsevan aseman mittaukset.....	9
4.3.1	Lähettimet ja antenniviritin....	9
4.3.2	Lankadipolit.....	10
4.3.3	Yagi-antenni.....	10
4.3.4	Kaksoismaatasoantenni.....	11
5	TURVALLISUUSSUOSITUKSIA.....	11
6	YHTEENVETO.....	11
	LÄHDELUETTELO.....	12

## 1 YLEISTÄ

Radioamatööritoiminnalla tarkoitetaan radioamatöörien keskenään harjoittamaa radioliikennettä, joka on lähinnä itsekoulutusta, yhteyden pitoa ja radioteknistä kokeilua henkilökohtaisena harrastuksena ilman rahallista hyödyn tavoittelua.<sup>1</sup> Radioamatöörit ovat ratkaisevasti vaikuttaneet radion kehittämiseen.<sup>2</sup> Guglielmo Marconi patentoi ensimmäisen radion vuonna 1896 ja piti itseään aina radioamatöörinä. Käytännössä ensimmäisen toimivan radion kehitti Heinrich Hertz jo vuonna 1887 lähettämällä ja vastaanottamalla ula-aaltoja. Radion teoreettisen periaatteen kehitti englantilainen James Clerk Maxwell vuonna 1873 julkaisemassaan sähkömagneettisessa aaltoteoriassa. Myös radioputken keksijä Lee de Forest piti itseään radioamatöörinä.

Nykyisin Suomessa on noin 4100 radioamatööriä ja radioamatöriemasemalupia on lähes 4800. Vuosittain myönnetään noin 200 uutta lupaa. Radioamatöörejä on eniten Yhdysvalloissa ja Japanissa, molemmissa maissa satoja tuhansia. Koko maailmassa on yhteensä noin miljoona radioamatööriä.

## 2 RADIOAMATÖÖRITOIMINTAA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET

Posti- ja telehallituksen (PTH) uusimmat radioamatööritoimintaa koskevat määräykset on annettu 2.9.1987 ja ovat olleet voimassa 1.10.1987 alkaen. PTH on postittanut kyseiset määräykset liitteineen vuoden 1987 loppuun mennessä kaikille radioamatööreille. Määräyksissä on aluksi selostettu radioamatööritoimintaan liittyviä määritelmiä, radioamatöörin pätevyystodistusluokat ja pätevyystutkintojen sisällöt ja ehdot. Seuraavaksi selostetaan radioamatöriemaseman lupaan ja tunnuksen liittyviä asioita. Liitteinä olevissa taulukoissa on määrätty läheteluokat, lähetystehot ja -taajuudet, joita radioamatöörit saavat käyttää huomautuksiin sisältyvin rajoituksin. Lisäksi on annettu yleisiä radioamatööriliikenteeseen liittyviä määräyksiä, esimerkiksi yhteyden aloittamisesta ja lopettamisesta sekä kielenkäytöstä.

Radioamatööri on velvollinen pitämään päiväkirjaa aseman toiminnasta. Teknisissä määräyksissä kiinnitetään huomiota laitteiden sähkö- ja säteilyturvallisuuteen ja muulle radioliikenteelle aiheuttamiin häiriöihin. Lopuksi selostetaan radioamatööriaseman tarkastukseen liittyviä asioita ja annetaan erityisiä määräyksiä mm. pätevyystodistusten voimassaoloajoista. Määräysten liitteessä 3 on annettu erikseen sotilasradioamatööritoimintaa koskevat määräykset.

Liitteen taulukossa I on esitetty radioamatööriliikenteen taajuusjako huomautuksineen. Taulukossa II ovat suurimmat sallitut lähetystehot ja sallitut lähetystavat pätevyysluokittain eri taajuuksilla. Suurin sallittu lähetysteho on 600 W yleisluokassa taajuusalueilla 3.5, 7, 14, 21 ja 28 MHz. Kyseisellä maksimilla tarkoitetaan kantoaaltoa, jos käytetään lähetelajia A1A eli morsesähkötystä moduloimatonta kantoaaltoa katkomalla. Yksisivukaistaisten lähetelajien yhteydessä (J2A, J3C, J3E ja J3F) sillä tarkoitetaan modulaatiohuipputehoa, jos kantoaaltoa on vaimennettu 6 dB. Muissa tapauksissa ja luokissa suurimmat sallitut tehot ovat 15 - 200 W. Perustellun hakemuksen perusteella radiotarkastustoimisto voi erikoiskokeiluja varten oikeuttaa yleis- tai teknillisen luokan radioamatöörin käyttämään suurempia tehoja kuin taulukossa II on mainittu.

Radioamatööriasema ei saa aiheuttaa käyttäjälle tai ympäristölle hengen- eikä omaisuuden vaaraa. Sen on täytettävä Sähkötarkastuskeskuksen antamat sähköturvallisuusmääräykset soveltuvien osien. Suurjännitteiset osat on suojattava vahingossa tapahtuvalta koskettamiselta. Suurtaajuisten tehon pääsy sähköverkkoon on estettävä. Antenni on syöttöjohtoineen ja tukirakenteineen sijoitettava siten, ettei suurjännitteisiin osiin voi vahingossa koskea. Se on tarvittaessa varustettava suurjännitteestä varoittavin kilvin. Antenniin ei saa johtaa vaarallisia tasajännitteitä eikä pientaajuisia vaihtojännitteitä. Sen säteilemä suurtaajuusteho ei saa aiheuttaa vaaraa ihmisille tai kotieläimille.

Radioamatööriaseman harhalähetteet on pidettävä mahdollisimman pieninä. Harhalähetteiden vaimennuksen tulee olla vähintään 40 dB lähettimen ulostulotehoon verrattuna alle 30 MHz:n taajuuksilla ja vähintään 60 dB muilla taajuuksilla. Jos harhalähetteet kuitenkin häiritsevät muuta radioliikennettä, radioamatöörin on lisättävä vaimennusta 20 dB. Jos radioamatööriaseman lähetykset häiritsevät kotimaisten yleisradio- tai televisiolähetysten vastaanottoa, radioamatöörin on sovittava häiriöistä kärsivien kanssa menetelmistä, joilla häiriöitä voidaan rajoittaa.

### 3 RADIOAMATÖÖRIEN TYYPILLISET LAITTEET JA LIIKENNÖINTITAVAT

#### 3.1 Lähettimet ja vastaanottimet

Tyypillinen radioamatöörin lähetin kattaa radioamatööreille sallitut taajuusalueet 1,8 - 30 MHz. Vastaanotin on samassa laitteessa ja sen taajuusalue on usein aukoton 0,1 - 30 MHz. Lähetyslajeina ovat CW, AM, SSB ja RTTY (vaihtotaajuusavainnus). Lähettimen suurin ulostuloteho on 100 - 200 W (PEP) lähetyslajeilla CW, SSB ja RTTY sekä 40 W amplitudimodulaatioilla (kantoaalto mukana). Harmonisten ja harhatoistojen taso on yli 40 dB pienempi kuin huippu-ulostuloteho. Vastaanotin toimii luonnollisesti kaikilla edellä mainituilla lähetyslajeilla ja käyttää 3 - 4 välitaajuutta.

Suuremman lähetystehon saamiseksi käytetään lähettimeen kytkettyä lineaarista vahvistinta. Ohjausteho on 50 - 80 W ja suurin ulostuloteho on 500 - 600 W (PEP) lähetyslajeilla CW, SSB ja RTTY. Suurin osa vahvistimista on toteutettu putkitekniikalla, joskin myös puolijohdevahvistimia on jo käytössä.

Antennin sovittamiseksi lähettimeen käytetään erilaisia omatekoisia tai kaupallisia antenniviritimiä. Nämä voivat olla hyvin monipuolisia, mikä mahdollistaa syötön erilaisiin antennikaapeleihin ja automaattisen virityksen. Monien lähettimien ja vahvistimien ulostulossa on antenniviritin valmiiksi asennettuna.

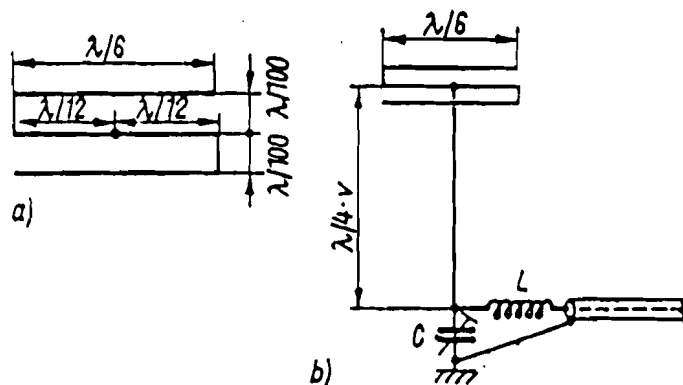
Taajuusalueella 144 MHz on saatavana kaupallisia lähettämiä, jotka sisältävät kaikki lähetyslajit. Suurin ulostuloteho on 10 - 100 W (PEP).

### 3.2 Antennit

Radioamatööritaajuuksilla 14 - 30 MHz yleisin suunta-antenni on kolme-elementtinen monialue-yagi-antenni. Tällaisen antennin alimmalla taajuudella (14 MHz) säteilijä toimii koko pituudellaan ja suuremmilla taajuuksilla käytetään "impedanssiloukkuja" elementtien sähköiseen lyhentämiseen. Pisin elementti on noin 8,2 m ja antennin kokonaispituus noin 4,2 m. Antennin sisäänmenoimpedanssi on  $50 \Omega$  ja seisovan aallon suhde resonanssissa on pienempi kuin 1,5. Minimi vahvistus on noin 8 dB ja etu- ja takakeiltojen suhde 25 dB.

Alle 14 MHz:n taajuuksilla käytetään tavallisesti puolen aallon pituisia lankadipoliantenneja. Nämä ovat yleensä vaaka-asennossa, jolloin kyseessä on vaakapolarisaatio. Pystypolarisaation aikaansaamiseksi olisi käytettävä neljännesaallon pituisia monopoli-antennia. Maahäviöiden pienentämiseksi voidaan käyttää "käännettyä maatasoantennia", jonka rakenne on esitetty kuvassa 1.<sup>3</sup> Sen puolen aallon pituinen vaakasuora osa on taivutettu kolmeen  $\lambda/6$ -pituiseen osaan. Tämä osa ei säteile, koska siinä viereisten osien virrat ovat vastakkaissuuntaiset ja kumoavat toistensa vaikutuksen. Pysty- ja vaakasuoran osan liitospisteessä on jänniteminimi, koska se on neljännesaallon etäisyydellä vaakasuoran osan avoimesta päästä. Siten vaakasuoran osan voidaan katsoa toimivan eräänlaisena maatasona. Antennin pystysuora osa on neljännesaallon pituinen. Antennia syötetään tyvestä ja sovitetaan  $50 \Omega$ :n koaksiaalikaapeliin neljännesaaltomuuntajalla. Tällaisen antennin impedanssi tehon syöttöpisteessä on noin  $2800 \Omega$ , kun se tavanomaisessa neljännesaallon pituisessa antennissa on noin  $36 \Omega$ . Tämän vuoksi käännetyn maatasoantennin maahäviöt ovat huomattavasti pienemmät.

Yli 30 MHz:n taajuuksilla käytetään kullekin taajuudelle parhaiten soveltuvaa antennia: taajuuksilla 144 MHz ja 432 MHz käytetään yleisesti 9 - 16 -elementtisiä yageja ja 10 GHz:n taajuudella paraboloidiheijastinta. Aseman sijainti vaikuttaa käytettävän antennin valintaan. Maaseudulla antenniratkaisut ovat yleensä kooltaan suurempia ja antennimastot korkeampia kuin kaupungissa.



Kuva 1

Käännetty maatasoantenni

- a) taitetun vaakasuoran osan rakenne  
b) antennin rakenne sovituksineen.

### 3.3 Liikennöintitavat

Radioamatööriliikenne on lähinnä yhteydenottoa, sanomien lähettämistä ja vastaanottamista. Siihen voidaan käyttää sähkötystä tai selväkielistä puhetta. Sähkötyös on katkottua kantoaaltoa. Yhteystapahtumassa aikaosuus, jolloin lähetysteho on päällä, on vain muutama prosentti koko yhteydenpitoajasta. Siten keskimääräinen teho on suhteellisen pieni. Puheradio käyttää SSB-lähetyslajia, jossa kantoaalto on vaimennettu.

Radioamatööritoiminta on harrastusluonteista eikä siihen sisälly rahallisen hyödyn tavoittelua. Siihen kuuluvat yhteydenotto eri puolille maapalloa, laitteiden rakentelu ja myös tietokoneharrastus. Nykyisen pakettiradiojärjestelmän avulla voidaan siirtää kotitietokoneiden välillä sanoja, tietokoneohjelmia ja tiedostoja.



Pakettiradioliikenteessä<sup>4</sup> tieto siirretään kehyksinä eli paketteina. Nämä voivat sisältää tekstiä, grafiikkaa tai binäärimuotoisia tiedostoja. Varsinaisen siirrettävän tiedon lisäksi paketissa on lähetys-, välitys- ja vastaanottoaseman kutsut, ohjaustietoja ja tarkistusluku, joka lasketaan kullekin paketille erikseen. Lähetettyään paketin asema odottaa vasta-aseman kuittausta. Jos vasta-aseman laskema tarkistusluku ei ole sama kuin vastaanotettu, lähetetään paketin uudelleenlähettämispyyntö. Jos kuittaus- tai tietopaketti ei tule perille, asema lähettää paketin uudelleen sopivana hetkenä.

Pakettiradioliikenteeseen tarvitaan tavallisten radioamatöörilaitteiden lisäksi asynkroniseen liikennöintiin sopiva tietokonepäätte tai kotitietokone. Jälkimmäiseen tarvitaan lisäksi RS232-liitäntä ja päätteohjelma (Kermit, Xmodem, Ascom, Procom, Smartterm...). Kotitietokoneeseen voidaan myös tallettaa vastaanotetut paketit. Päätteen ja radion väliin tarvitaan pakettiradiosovitin, joka pakkaa ja purkaa paketit sekä vertaa laskemaansa tarkistuslukua vastaanotettuun. Lähetettävään pakettiin se liittää kutsut, ohjaustiedot ja tarkistusluvun.

Pakettiradioliikennettä on HF-, VHF- ja UHF-alueilla.<sup>4.5</sup> . Lähetyslajeina ovat FM VHF- ja UHF-alueella ja SSB HF-alueella. HF-alueella saadaan pidemmät yhteysvälit, mutta taajuustarkkuuden ja -stabiilisuuden täytyy käytetyn SSB-lähetteen vuoksi olla paljon parempi kuin VHF- ja UHF-alueella. Toisaalta satelliittien kautta saavutetaan pitkiä yhteysvälejä myös VHF- ja UHF-alueella.

Radioamatööritoimintaan liittyy myös erikoissovellutuksia. Tavanomaisten yhteystapojen lisäksi tutkitaan kuu- ja auroraheijastusten sekä meteorimyrskyjen avulla saatavia yhteyksiä. Kuuheijastuskokeiluihin tarvitaan suurempi teho kuin tavalliseen radioamatööritoimintaan on sallittu. Tällaisia erikoisluvalla toimivia korotetun tehon asemia on Suomessa muutamia kymmeniä. Suurin teho on 2 kW (CW) taajuuksilla 144 ja 432 MHz.

Radioamatööritoimintaa on ollut myös katastrofitilanteiden yhteydessä. Radioamatöörit ovat osana vapaaehtoista pelastuspalvelua, jota koordinoi Suomen Punainen Risti. Toiminta on voimakkaasti kehittyvässä ja varsinkin uudet pakettiradiojärjestelmät ovat osoittautuneet käyttökelpoisiksi katastrofitilanteissa.

#### 4 RADIOAMATÖÖRIASEMIEN MITTAUKSET

##### 4.1 Yleistä

Mittausten tarkoituksena oli selvittää lähettimien ja antenniviritimien aiheuttama hajasäteily radioamatöörin työskentelytiloissa sekä antennien aiheuttama säteily lähiympäristössä. Saatuja tuloksia verrataan voimassa oleviin altistusrajoihin<sup>6</sup> ja annetaan turvallisuussuosituksia. Mittauksissa tutkittiin kerros- ja rivitalossa sijaitsevia normaalitehoisia asemia. Erikoisluvalla toimiva korotetun tehon asema olisi aiheellista mitata myöhemmin.

Radiotaajuinen säteily mitattiin Holaday Industries'n mittareilla HI-3002 (mittapäät STE-02 ja STH-02) ja HI-3003 (mittapäät GRE-03 ja STH-03). Mittarit on kalibroitu säteilyturvakeskuksen TEM-300 -kammiossa, jonka epätarkkuudeksi on arvioitu  $\pm 0,5$  dB. Mittausten epätarkkuudeksi arvioitiin sekä sähkö- että magneettikentän osalta  $\pm 3$  dB. Osa mittaustuloksista tallennettiin säteilyturvakeskuksen SEH-2 mittalaitteen rekisteröintiyksikköön.

##### 4.2 Rivitalossa sijaitsevan aseman mittaukset

###### 4.2.1 Lähettimet ja antenniviritin

Asemalla oli kolme lähetintä: ICOM 720A (1,8 - 30 MHz), ICOM IC251E (144 - 146 MHz) ja ICOM IC490E (435 MHz). Näiden suurimmat ulostulotehot olivat 80 - 200 W (PEP). Tehovahvistimena oli 1C-2KL, jonka suurin ulostuloteho oli 500 W (PEP). Sisätiloissa oli myös suojaamaton "käännetyn maatasoantennin" viritin, jota käytettiin alle 10 MHz:n taajuuksilla.

Lähettimien vuotosäteily mitattiin taajuudella 28 MHz lähetystehon ollessa 400 W (CW). Merkittävää vuotosäteilyä ei havaittu. Suurin mitattu arvo oli noin  $1 \text{ W/m}^2$  (sähkökenttä) 15 cm:n etäisyydellä laitteista. Tämä alittaa selvästi IRPA:n työntekijöitä koskevan altistusrajan  $10 \text{ W/m}^2$ .

Antennivirittimen hajasäteily mitattiin taajuudella 7,09 MHz lähetystehon ollessa 400 W (CW). Radioamatöörin työskentelytilassa mitattu suurin hajasäteilyn arvo oli sähkökentälle  $7 \text{ W/m}^2$  ja magneettikentälle  $4 \text{ W/m}^2$ . Molemmat arvot alittavat IRPA:n työntekijöitä koskevan altistusrajan  $20 \text{ W/m}^2$  (7,09 MHz), mutta ylittävät koko väestöä koskevan altistusrajan  $2,8 \text{ W/m}^2$  (7,09 MHz).

Antennivirittimen läheisyydestä mitattiin hyvin suuria sähkökentän voimakkuuksia. Etäisyydellä 20 cm ekvivalenttinen tehotiheys oli noin  $3000 \text{ W/m}^2$  ja etäisyydellä 40 cm vielä noin  $300 \text{ W/m}^2$ . Altistusraja-arvo  $20 \text{ W/m}^2$  ylittyi noin 70 cm:n etäisyydellä. Magneettikentän arvot olivat pienempiä kuin sähkökentän. Mittaukset osoittivat, että antennivahvistimen ympärille on rakennettava suoja hajasäteilyn pienentämiseksi.

#### 4.2.2 Yagi-antenni

HF-alueen antennina oli 3-elementtinen yagi-antenni TH3MK3-S Thunderbird. Pisin elementti oli noin 8,2 m ja antennin pituus oli noin 4,2 m. Antenni oli noin kuuden metrin korkeudella kattotasosta.

Yagi-antennin aiheuttaman radiotaajuuden säteilyn taso mitattiin lähetysaseman sisätiloissa, pihalla, naapurin huoneistossa ja pihalla sekä lähetysaseman katolla antennin alapuolella. Lähetysteho oli 400 W (CW) ja taajuus 28 MHz. Antennia kääntämällä pyrittiin kuhunkin mittauspaikkaan saamaan mahdollisimman suuri kenttä.

Suurimmat mitatut sähkökentän ekvivalenttiset tehotiheydet olivat lähetysaseman tiloissa alle  $1 \text{ W/m}^2$ , lähetysaseman ja naapurin pihalla noin 15 metrin etäisyydellä  $1 \text{ W/m}^2$  sekä naapurin huoneistossa noin 15 metrin etäisyydellä  $0,1 \text{ W/m}^2$ . Vastaavat magneettikentän arvot olivat pienempiä. Suurimmat arvot mitattiin lähetysaseman katolla antennin alapuolella kahden metrin korkeudella katosta. Sähkö- ja magneettikentän ekvivalenttiset tehotiheydet olivat  $5 \text{ W/m}^2$  ja  $8,5 \text{ W/m}^2$  noin neljän metrin etäisyydellä antennista. Mittausten mukaan koko väestöä koskevat altistusrajat ( $2 \text{ W/m}^2$ ) ylittyvät vain lähetysaseman katolla antennin alapuolella.

#### 4.2.3 Käännetty maatasoantenni

Käännetty maatasoantenni oli asennettu aseman etupihalle. Syöttöjohto tuli asemahuoneen ikkunan kautta noin metrin korkeudella maan pinnasta ja nousi noin kahdeksan metrin korkeuteen. Käännetyn maatasoantennin aiheuttaman radiotaajuuden säteilyn taso mitattiin etupihalla antennin läheisyydessä ja lähetysaseman katolla. Lähetysteho oli  $400 \text{ W}$  (CW) ja taajuus  $7,09 \text{ MHz}$ .

Suurimmat ekvivalenttiset tehotiheydet  $40 \text{ W/m}^2$  sähkökentälle ja  $100 \text{ W/m}^2$  magneettikentälle mitattiin kahden metrin etäisyydellä antennin syötöstä ja metrin etäisyydellä antennijohdosta. Työntekijöitä koskeva altistusraja  $20 \text{ W/m}^2$  ylittyi noin kahden metrin etäisyydellä antennijohdosta ja koko väestöä koskeva altistusraja-arvo  $2,8 \text{ W/m}^2$  noin neljän metrin etäisyydellä. Katolla mitatut arvot olivat alle  $5,0 \text{ W/m}^2$ .

### 4.3 Kerrostalossa sijaitsevan aseman mittaukset

#### 4.3.1 Lähettimet ja antenniviritin

Asemalla oli kolme lähetintä: 2 kpl YAESU FT 757 GX ( $1,5\text{--}30 \text{ MHz}$ ) ja ICOM IC-721H ( $144\text{--}146 \text{ MHz}$ ). HF-lähettimissä käytettiin lineaarivahvistimia SWAN 1200Z ja Henry Radio 1KD-5, joiden suurimmat tehot olivat  $500 \text{ W}$  (PEP). VHF-

lähettimen suurin teho oli 100 W (PEP). Sitä käytettiin pakettiradiotoiminnassa, jolloin sen teho oli noin 10 W (FM).

HF-lähettimen vuotosäteily mitattiin taajuudella 28,1 MHz kentän ekvivalenttiset tehotiheydet olivat alle 0,1 W/m<sup>2</sup> 15 cm:n etäisyydellä laitteista. VHF-lähettimen suurin vuotosäteily 0,25 W/m<sup>2</sup> mitattiin 15 cm:n etäisyydellä verkkojohdosta ja antennikaapelikelasta. Lähettimien vuotosäteily oli siten hyvin vähäistä.

#### 4.3.2 Lankadipolit

Asemalla oli kaksi lankadipolia, jotka oli viritetty kerrostalojen väliin noin 15 metrin korkeuteen. Vaakasuoraa dipolia käytettiin taajuudella 3,5 MHz ja hieman vinoon asennettua dipolia taajuudella 7 MHz. Kummankin antennin aiheuttaman radiotaajuuden säteilyn taso mitattiin pihalla antennien alapuolella ja kerrostalon porraskäytävien ylätasanteella lähetystehon ollessa 500 W (CW). Mitatut arvot olivat melko pieniä. Ekvivalenttinen tehotiheys oli noin 0,1 W/m<sup>2</sup> antennien alapuolella ja noin 0,05 W/m<sup>2</sup> porraskäytävien ylätasanteella. Nämä ovat selvästi IRPAN koko väestölle suosittelemien raja-arvojen 5,7 W/m<sup>2</sup> (3,5 MHz) ja 2,9 W/m<sup>2</sup> (7 MHz) alapuolella.

#### 4.3.3 Yagi-antenni

Taajuuksilla 14 - 28 MHz käytettiin 4-elementtistä yagi-antennia KLM KT-34A. Sen pisin elementti oli noin kahdeksan metriä ja antennin pituus noin 4,8 metriä. Antenni sijaitsi kerrostalon katolla noin kuusi metriä kattotason yläpuolella. Radiotaajuinen säteily mitattiin taajuudella 28,1 MHz ja lähetysteholla 500 W (CW) samoista paikoista kuten edellä. Suurimmat arvot olivat alle 0,05 W/m<sup>2</sup>, mikä on paljon pienempi kuin IRPAN koko väestölle suosittelema raja-arvo 2 W/m<sup>2</sup> (10 - 400 MHz).

#### 4.3.4 Kaksoismaatasoantenni

Taajuudella 144 MHz käytettiin kaksoismaatasoantennia, jonka pituus oli  $2 \times 5/8$  aallonpituutta. Se oli asennettu kerrostalon katolle noin kahdeksan metriä kattotason yläpuolelle. Radiotaajuinen säteily mitattiin taajuudella 144 MHz lähetystehon ollessa 100 W (CW). Mitatut arvot olivat pienempiä kuin  $0,05 \text{ W/m}^2$  kerrostalon pihalla ja porraskäytävien ylätasanteilla.

### 5 TURVALLISUUSSUOSITUKSIA

Mittausten mukaan lähettimien vuotosäteily on hyvin vähäistä eikä siten ole vaarallista laitteiden käyttäjille. Samoin talojen katolle sijoitettujen antennien aiheuttama radiotaajuinen säteily on vähäistä talojen pihalla ja huoneistoissa sekä porraskäytävillä. Niistä ei ole vaaraa talojen asukkaille. Oleskelu katolla antennien läheisyydessä (alle viiden metrin etäisyydellä) on kielletty aseman lähettäessä.

Mittaukset osoittivat, että avoimen antennivirittimen ja maan pinnan lähellä sijaitsevan antennijohdon läheisyydessä on melko voimakkaita sähkö- ja magneettikenttiä. Siten suositellaan avoimen antennivirittimen kotelointia ja säteilevän antennijohdon sijoittamista siten, ettei sen välittömässä läheisyydessä (alle viiden metrin etäisyydellä) voida oleskella.

Edellä mainitut turvallisuussuositukset eivät koske erityisluvalla toimivia korotetun tehon asemia. Näistä annetaan turvallisuussuositukset myöhemmin mittausten jälkeen.

### 6 YHTEENVETO

Radioamatööritoimintaa on tarkasteltu lähinnä ihmisiin kohdistuvaa radiotaajuista säteilyä ajatellen. Tavallisilla asemilla suurimmat lähtötehot ovat 500 W (PEP) ja erikoisluvilla toimivilla asemilla jopa 2 kW (PEP). Tutkimuksessa mitattiin rivitalo- ja kerrostaloasunnossa sijaitsevien radioamatööriasemien lähettimien, antennivirittimien ja

kaapelien vuotosäteily sekä antennien aiheuttama radiotaajuisten säteilyn taso lähiympäristössä. Mittausten mukaan lähettimien ja kaapelien vuotosäteily oli hyvin vähäistä. Katolla sijaitsevan antennin aiheuttama radiotaajuinen säteily oli myös melko vähäistä pihoilla ja rakennusten sisällä. Säteilyturvallisuuden kannalta merkittäviä kenttiä mitattiin avoimen antenniviritin ja antennin syöttöjohdon läheisyydessä. Tutkimuksessa ei ollut mukana erikoisluvalla toimivaa korotetun tehon asemaa. Tällaisen aseman aiheuttaman radiotaajuisten säteilyn taso pyritään mittaamaan myöhemmin.

## LÄHDELUETTELO

- 1 Radioamatööriasemia ja niiden käyttöä koskevat määräykset. Posti- ja telehallitus. Helsinki, 1987.
  - 2 Wiio Osmo A. Suomen Radioamatööriliitto ry:n 50-vuotishistoriikki. Suomen Radioamatööriliitto ry. Helsinki, 1971.
  - 3 Rothammal Karl. Antennenbuch. 8. painos. Franckhsche Verlags-handlung, W. Keller & Co, Stuttgart, 1984.
  - 4 Ruoti Jari. Kaikki mitä olet halunnut tietää pakettiradiosta, mutta.... Radioamatööri 9: 4-6, 1987.
  - 5 Voipio Hannu. Kokemuksia pakettiradiosta HF-alueilla. Radioamatööri 9: 7, 1987.
  - 6 IRPA. International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association. Guidelines on limits of exposure to radiofrequency electromagnetic fields in the frequency range from 100 kHz to 300 GHz. Health Phys 1988; 54 (No. 1, January 1988).
-



RADIOAMATÖÖRILIIKENTEN TAAJUUSJAKO, SALLITUT LÄHETYSTAVAT  
JA SUURIMMAT SALLITUT LÄHETYTEHOT

Taulukossa I käytetyt lyhenteet

P = perusluokka  
T = teknillinen luokka  
Y = yleisluokka  
SR = sotilasradioamatöörit  
SAT= radioamatöörisatelliittiliikenne

Status= Radioamatööriliikenteen status (RR Art.8, sec.II)

- Pex = Ensisijaiset yksinoikeudet, vain radioamatööriliikennettä taajuusalueella
- Pri = Yhtäläiset ensisijaiset oikeudet
- Sec = Toisijaiset oikeudet

Huomautukset:

- 1) = Taajuusalueella olevaa muuta liikennettä häiritsemättä
- 2) = Käyttö sallittu 2.7.1989 alkaen ensisijaisin yksinoikeuksin!
- 3) = Taajuusalueilla 435 - 438 MHz, 1260-1270 MHz, 2400-2450 MHz ja 5650-5670 MHz saa radioamatöörisatelliittiliikennettä harjoittaa häiritsemättä muuta liikennettä. Taajuusalueet 1260-1270 MHz ja 5650-5670 MHz on tarkoitettu alnoasteen maasta avaruuteen suuntautuvalle radioamatöörisatelliittiliikenteelle (RR 664). Taajuusalue 5830-5850 MHz on annettu avaruudesta maahan suuntautuvalle amatöörisatelliittiliikenteelle toissijalaisin oikeuksin (RR 808).

TAULUKKO I: Radioamatööriliikenteiden taajuusjako

Taajuusalue	Status	P	T	Y	SR	SAT	Huomattavaa
1810- 1830 kHz	(Sec)			Y			Liikenne sallittu vain erityisellä luvalla! (RR 490, 491, 492, 493, Res 38)
1830- 1850 kHz	(Sec)			Y			Alueen muuta liikennettä häiritsemättä! (RR 492, 493, Res 38)
1915- 1955 kHz	(Sec)			Y			Liikenne sallittu vain erityisellä luvalla! (RR 484, 488, 495)
3500- 3510 kHz	Pri			Y			} Ensisijaista kiinteä ja siirtyvä liikenne (ei siirtyvä ilmailuliikenne) (RR 484, 510, Res 640)
3510- 3545 kHz	Pri	P		Y	SR		
3545- 3800 kHz	Pri			Y			
7000- 7010 kHz	Pex			Y		*	} (RR 510, 526, 527, Res 640)
7010- 7040 kHz	Pex	P		Y	SR	*	
7040- 7100 kHz	Pex			Y		*	
10100- 10150 kHz	Sec			Y			Kiinteä liikenne ensisijaista (RR 510, Res 640)
14000- 14250 kHz	Pex			Y		*	(RR 510, Res 640)
14250- 14350 kHz	Pex			Y		*	(RR 510, 535, Res 640)
18068- 18168 kHz	Pex			Y		*	(2) (RR 510, 537, 538, Res 8, Res 640)
21000- 21030 kHz	Pex			Y		*	} (RR 510, Res 640)
21030- 21150 kHz	Pex	P		Y	SR	*	
21150- 21450 kHz	Pex			Y		*	
24890- 24990 kHz	Pex			Y		*	(2) (RR 510, 542, 543, Res 8, Res 640)
28000- 28040 kHz	Pex			Y		*	
28040- 28200 kHz	Pex	P		Y	SR	*	
28200- 29700 kHz	Pex	P		Y		*	
144- 146 MHz	Pex	P	T	Y		*	(RR 510, 605, 606, Res 640)
432- 435 MHz	Pri	P	T	Y		*	Radiopaikannus myös ensisijaista (RR 653,654,658,659,661-663)
435- 438 MHz	Pri	P	T	Y		*	(3) Radiopaikannus myös ensisijaista (RR 653,658,659,664)

TAULUKKO I (jatkuu)

Taajuusalue	Status	P	T	Y	SR	SAT	Huomattavaa
1240- 1260 MHz	Sec		T	Y			Radiopaikannus ja satelliittinavigointi ensisij. (RR 710-714) • (3) Radiopaikannus ensisijaisista (RR 664, 711-714) Radiopaikannus ensisijaisista (RR 711-714)
1260- 1270 MHz	Sec		T	Y			
1270- 1300 MHz	Sec		T	Y			
2310- 2400 MHz	Sec		T	Y			• (3) Kiinteä liikenne ensisijainen, siirtyvä liikenne toissijainen Kiinteä liikenne ensisijainen (RR 664, 752)
2400- 2450 MHz	Sec		T	Y			
5650- 5670 MHz	Sec		T	Y			• (3) Radiopaikannus ensisijainen (RR 664, 801-803) Radiopaikannus ensisijainen, avaruustutkimus toissijainen (RR 801, 803-807)
5670- 5725 MHz	Sec		T	Y			
5725- 5830 MHz	Sec		T	Y			• (3) Radiopaikannus ja kiinteä satelliittiliikenne ensisijainen (RR 801, 803, 805, 806, 807, 808)
5830- 5850 MHz	Sec		T	Y			
10,00- 10,28 GHz	Sec		T	Y			Radiopaikannus, kiinteä ja siirtyvä liikenne ensisijaisia (RR 828)
10,45- 10,50 GHz	Sec		T	Y			• Radiopaikannus ensisijainen (RR 830)
24,00- 24,05 GHz	Pex	P	T	Y			• (RR 881)
24,05- 24,25 GHz	Sec		T	Y			• Radiopaikannus ensisijainen (RR 881)
47,00- 47,20 GHz	Pex	P	T	Y			•
75,50- 76,00 GHz	Pex	P	T	Y			•
76,00- 81,00 GHz	Sec		T	Y			• Radiopaikannus ensisijainen (RR 912)
119,98- 120,02 GHz	Sec		T	Y			RR 915
142,00- 144,00 GHz	Pex	P	T	Y			•
144,00- 144,68 GHz	Sec		T	Y			•
144,98- 145,45 GHz	Sec		T	Y			• Radiopaikannus ensisijainen (RR 918)
145,75- 146,82 GHz	Sec		T	Y			•
147,12- 149,00 GHz	Sec		T	Y			•
241,00- 248,00 GHz	Sec		T	Y			• Radiopaikannus ensisijainen (RR 922)
248,00- 250,00 GHz	Pex	P	T	Y			•
275,00- 400,00 GHz			T	Y			Vain erityisellä luvalla, ei eritelty taajuusalueittain

TAULUKKO II

PERUSLUOKKA

PERUSLUOKKA	SALLITUT LÄHETYSTAVAT						LÄHETTEEN SUURIN SALLITTU KAISTANLEVEYS	KANTOAAALTOEHO	SUURIMMAT SALLITUT LÄHETYSSTEHOT (katso kohta 8.1)	
	MORSESÄHKÖTYS	PUHELÄHETYS	KAUKOKIRJOITUS	FAKSIMILE	DATALÄHETYS	TV-LÄHETYS			MODULAATIO-HUIPPUTEHO LÄHETELUOKILLE J3C, J3E ja J3F *)	MODULAATIO-HUIPPUTEHO MUILLE LÄHETELUOKILLE *)
3510-3545 kHz 7010-7040 kHz 21030-21150 kHz 28040-28200 kHz	x		x		x		1 kHz	30 W	120 W	30 W
28200-29700 kHz	x	x	x	x	x		8 kHz	30 W	120 W	30 W
144-146 MHz	x	x	x	x	x	x	18 kHz	30 W	120 W	30 W
432 MHz - 250 GHz **)	x	x	x	x	x	x	ei raja-arvoa, katso kohta 8.4	30 W	120 W	30 W

\*) Näitä raja-arvoja sovelletaan, mikäli lähetteen kantoaaltoa on väinennettu vähintään 6 dB

\*\* ) Taulukon I osoittamilla sallituilla taajuusväleillä

TEKNILLINEN LUOKKA

TEKNILLINEN LUOKKA	SALLITUT LÄHETYSTAVAT						LÄHETTEEN SUURIN SALLITTU KAISTANLEVEYS	KANTOAAALTOEHO	SUURIMMAT SALLITUT LÄHETYSSTEHOT (katso kohta 8.1)	
	MORSESÄHKÖTYS	PUHELÄHETYS	KAUKOKIRJOITUS	FAKSIMILE	DATALÄHETYS	TV-LÄHETYS			MODULAATIO-HUIPPUTEHO LÄHETELUOKILLE J3C, J3E ja J3F *)	MODULAATIO-HUIPPUTEHO MUILLE LÄHETELUOKILLE *)
144-146 MHz	x	x	x	x	x	x	18 kHz	50 W	200 W	50 W
432 MHz - 400 GHz **)	x	x	x	x	x	x	ei raja-arvoa, katso kohta 8.4	50 W	200 W	50 W

\*) Näitä raja-arvoja sovelletaan, mikäli lähetteen kantoaaltoa on väinennettu vähintään 6 dB

\*\* ) Taulukon I osoittamilla sallituilla taajuusväleillä

TAULUKKO II (jatkuu)

YLEISLUOKKA

SALLITUT LÄHETYSSTAVAT	SALLITUT LÄHETYSSTAVAT						SUURIMMAT SALLITUT LÄHETYSSTAVAT (katso kohta 8.1)			
	MORSEÄHKÖTYS	PUHELÄHETYS	KAUKOKIRJOITUS	FAKSIMILE	DATALÄHETYS	TV-LÄHETYS	LÄHETTEEN SUURIN SALLITTU KAISTANLEVEYS	KANTOALTOHEHO	MODULAATIO- HUIPPUTEHO LÄHETEUOKILLE J3C, J3E ja J3F	MODULAATIO- HUIPPUTEHO MUILLE LÄHETEUOKILLE
15- K K A	x						100 Hz	15 W	60 W	15 W
-1830 kHz	x						4 kHz			
-1850 kHz -1955 kHz	x	x								
-3800 kHz -7100 kHz -14350 kHz -21450 kHz -29700 kHz	x	x	x	x	x	x	8 kHz	150 W (A1A:illa 600 W)	600 W	150 W (J2A:illa 600 W)
-10150 kHz	x		x		x		1 kHz	150 W		150 W
a) -18168 kHz -24990 kHz	x	x	x	x	x	x	4 kHz	(150 W)	(600 W)	(150 W)
-146 MHz	x	x	x	x	x	x	18 kHz	50 W <sup>b)</sup>	200 W	50 W <sup>b)</sup>
** MHz 10 GHz	x	x	x	x	x	x	ei raja- arvoa, katso kohta 8.4	50 W	200 W	50 W

tä raja-arvoja sovelletaan, mikäli lähetteen kantoaaltoa on väennetty  
intään 6 dB

luku 1 osoittamalla sallituilla taajuuksiväleillä

juosaluuden käyttö sallittu 2.7.1989 lähtien

juosvällä 144,000 - 144,150 MHz suurin sallittu lähetysteho A1A:lla on  
W(pZ) sekä J2A:illa 150 W(pX).

Taulukoosa II esitetyt lähetystavat

- a) Morseätkötyksellä tarkoitetaan lähetystä kansainvälistä morse-  
koodia käyttäen.

Morseätkötyksessä käytettäviä läheteluokkia ovat esimerkiksi  
A1A, A2A, G2A ja J2A.

- b) Kaukokirjoituksella tarkoitetaan lähetystä, jossa käytetään  
CCITT:n tai CCIR:n suositusten mukaisia kaukokirjoituskoodeja.

Kaukokirjoituksessa käytetään esimerkiksi läheteluokkia A1B,  
A2B, F1B, F2B, G1B, G2B ja J2B.

- c) Faksimilella tarkoitetaan pysäytetyn kuvan lähettämistä.

Faksimilelähetyksissä käytettäviä läheteluokkia ovat esimerkiksi,  
A1C, A2C, A3C, F1C, F2C, F3C, G1C, G2C, G3C, J2C ja J3C.

- d) Datalähetys kattaa muun digitaalisessa muodossa tapahtuvan  
tiedonsiirron kuin digitaalisesti koodatun kuvälähetyksen ja  
puhelähetyksen sekä morseätkötyksen ja kaukokirjoituksen.

Datalähetyksissä käytettäviä läheteluokkia ovat esimerkiksi  
A1D, A2D, A7D, B7D, C7D, D7D, F1D, F2D, F7D, G1D, G2D, G7D, J2D,  
J7D, K1D, L1D, M1D, P1D, Q1D ja V7D.

- e) Puhelähetys on analogisella puhe-signaalilla tai digitaalisena  
muotoon muokatulla puhe-signaalilla amplitudi-, taajuus- tai  
vaihemoduloitu radiolähetys.

Puhelähetyksissä käytettäviä läheteluokkia ovat esimerkiksi A1E,  
A3E, C3E, F1E, F2E, F3E, G1E, G2E, G3E, H3E, J2E, J3E ja R3E.

- f) TV-lähetyksellä tarkoitetaan liikkuvan kuvan tai pysäytettyjen  
kuvien virran moduloimaa radiosaignaalia.

TV-lähetyksissä käytettäviä läheteluokkia ovat esimerkiksi A3F,  
C3F, C7F, C8F, C9F, D7F, D8F, F3F, G3F, H3F, J3F, K1F, L1F, M1F  
ja Q1F.