



r

SSI Rapport

SSI report

2001:09 ULF BERGQVIST, GERT ANGER, ELISABETH BIRKE,
YNGVE HAMNERIUS, LENA HILLERT, LARS-ERIC LARSSON
CHRISTER TÖRNEVIK OCH JOHAN ZETTERBLAD

*Exponering för
radiofrekventa fält och mobiltelefoni*



Statens strålskyddsinstitut
Swedish Radiation Protection Institute

FÖRFATTARE/AUTHOR: Ulf Bergqvist^{1) 8)}, Gert Anger²⁾, Elisabeth Birke^{3) 8)}, Yngve Hamnerius⁴⁾, Lena Hillert^{5) 8)}, Lars-Eric Larsson⁶⁾, Christer Törnevik⁷⁾ och Johan Zetterblad⁶⁾.

¹⁾ Linköpings universitet,

²⁾ Statens strålskyddsinstitut,

³⁾ Forskningsrådet för Arbetsliv och Socialvetenskap (fram till 2000-12-31 vid Rådet för arbetslivsforskning,

⁴⁾ Chalmers Tekniska Högskola,

⁵⁾ Miljömedicinska enheten, Stockholms läns landsting,

⁶⁾ Telia Mobile AB,

⁷⁾ Telefonaktiebolaget LM Ericsson.

⁸⁾ Ingick 1997-2000 i den arbetsgrupp som utsetts av Rådet för arbetslivsforskning för att utvärdera forskningsresultat avseende elöverkänslighet och hälsorisker av elektriska och magnetiska fält.

SSI rapport : 2001:09

april 2001

ISSN 0282-4434

TITEL/TITLE: Exponering för radiofrekventa fält och mobiltelefoni/ Exposure to radiofrequency fields and mobile telephony.

SAMMANFATTNING: I denna rapport ges en översikt över allmänhetens exponering för radiofrekventa fält, med tonvikt på den exponering som härrör från mobiltelefonisystem. Mätningar av exponeringen för radiofrekventa fält mellan 30 och 2000 MHz genomfördes på 31 platser i Sverige; storstad, mindre stad och landsbygd. Exponeringsnivåerna varierade starkt mellan dessa olika platser, med högsta värden i storstad utomhus och i närheten av radio/TV-master. Som mest uppgick de uppmätta värdena till 3 mW/m², d.v.s. under en tusendel av de rekommendationer som utarbetats av ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) och som antagits av EU. Dominerande bidrag till denna exponering kom från basstationer för mobiltelefoni och från TV-sändningar. Exponeringen vid egen användning av mobiltelefoner kan i vissa situationer uppgå till värden som ligger under men i närheten av ICNIRP's rekommendationer. Den reella exponeringen är dock ofta betydligt lägre på grund av olika faktorer som telefondeSIGN och hur man håller telefonen. Statistik från Stockholmsområdet indikerar att olika former av nedreglering av mobiltelefoners uteffekt i medelvärde kan reducera exponeringen med ca 4/5. Trådlösa telefoner och annan mobilutrustning som PC modem eller Bluetooth ger generellt lägre exponeringsnivåer.

SUMMARY: In this report, a survey is presented of the public's exposure to radiofrequency fields, with special emphasis on the exposure that is due to mobile telephone systems. Measurements of the exposure to radiofrequency fields between 30 and 2000 MHz were carried out in 31 locations in Sweden: a large city, smaller towns and rural areas. The exposure levels varied strongly between these locations, with the highest levels found outdoors in the city and in the vicinity of radio and television broadcast stations. The highest measured exposure was 3 mW/m², i.e. less than one part in a thousand of the recommendations made by ICNIRP (the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) and which have been adopted by the European Union. Major contributions to this exposure were due to base stations for mobile telephony and television broadcasts. The exposure during an individual's own use of a mobile phone can in some situations amount to levels which are lower than but fairly close to ICNIRP's recommendations. The exposure is, however, often substantially lower due to factors such as phone design and how the phone is held to the ear. Statistics from the Stockholm area indicate that different forms of power regulation of mobile phones may - on average - reduce the exposure by about 4/5. Cordless phones and other mobile equipments such as PC-modems or Bluetooth will generally cause lower exposure levels.

Innehåll

Förord	4
Målsättning	4
Kommentar om författarskapet från RALF:s arbetsgrupp	5
Princip för utvärdering	6
Olika mått på exponering	6
Grund för utvärdering	7
Användning av radiofrekventa fält	8
Det elektromagnetiska spektrumet	8
Användning av radiofrekventa fält för radio- och telekommunikation	10
Beskrivning av mobiltelefonisystem och mobiltelefoner	13
Uppbyggnad av systemet – telefoner, celler och basstationer	13
Olika system för mobiltelefoni – beskrivning av telefonerna.	14
Nedreglering och DTX	16
Olika typer av kontakt mellan mobiltelefon och basstation	16
Tidsutseendet för signalen från en mobiltelefon	17
Beskrivning av basstationer	18
Exponering från en basstationsantenn	18
Tidsutseendet på signaler från basstationer och mobiltelefoner	20
Resultat - sammanlagd exponering från olika källor till RF	22
Mätprocedurer	22
Resultat av mätningar	22
Beräkning av exponering	23
Utvärdering av den totala exponeringen	24
Jämförelse mellan mätningar i Sverige och andra länder	24
Resultat - exponering från basstationsantennerna och andra specifika källor	26
Andel av den totala exponeringen från basstationsantennerna	26
Mätning på basstationsantennerna för trådlösa telefoner inomhus	26
Utvärdering – jämförelse med ICNIRP:s rekommendationer	27
Resultat - exponering från andras användning av mobiltelefoner	28
Jämförelse med ICNIRP:s rekommendationer	28
Exponering från egen användning av mobiltelefon	29
Mätprocedur	29
Uppmätta värden från olika källor	29
Effekt av nedreglering	30
Utvärdering av dessa data	31
Sammanfattning och slutsatser	32
Referenslista	34
Bilaga 1 – International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection	35
ICNIRP som organisation	35
Grundrestriktioner och referensnivåer	35
ICNIRP's rekommendationer för radiofrekventa elektromagnetiska fält	36
Referens	38

Förord

Rådet för arbetslivsforskning (RALF) fick i sitt regleringsbrev för år 1997 i uppdrag av regeringen att redovisa en forskningsöversikt och utvärdering av hälsorisker med elektromagnetiska fält, ett uppdrag som avslutades i november 2000. I den av RALF tillsatta arbetsgruppen för detta uppdrag ingick univ. lektor Ulf Bergqvist, bitr. överläkare Lena Hillert och handläggare Elisabeth Birke. Vid en första genomgång gjorde arbetsgruppen en uppdelning av hela området. När det gäller radiofrekventa fält och mobiltelefoni beslutades – efter hörande av dåvarande Arbetsmarknadsdepartementet (RALF:s huvudman) – att arbetsgruppen i huvudsak skulle följa den internationella utvärdering som pågår, bl.a. inom Världshälsoorganisationen (WHO) och EU.

Under uppdragets gång har dock exponering för radiofrekventa fält från mobiltelefoner och basstationer för mobiltelefoni blivit föremål för ökad debatt. Arbetsgruppen beslöt då efter samråd med departementet att göra en speciell svensk insats inom ramen för uppdraget för att närmare beskriva exponeringen för radiofrekventa fält, bl. a. från olika basstationer. Ett uppdrag att genomföra en serie mätningar gavs från RALF:s sida till Prof. Yngve Hamnerius och civ.ing. Thomas Uddmar vid Chalmers Tekniska Högskola. Kontakt togs även med bl. a. fysiker Gert Anger vid Statens strålskyddsinstitut, som i annat sammanhang gjort beräkningar av exponering för radiofrekventa fält kring basstationer för mobiltelefoni i Mellansverige. Vidare kontaktades Ericsson Research (Christer Törnevik, Director, EMF Health and Safety) och Telia Mobile AB (Lars-Erik Larsson, Program Manager EMF och civilingenjör Johan Zetterblad) för att få kompletterande tekniska uppgifter.

Efter dessa insatser hölls ett första arbetsmöte i december 1999, där resultaten av mätningar och beräkningar redovisades och kommenterades av i första hand Prof. Jørgen Bach Andersen från Århus, Danmark och laborator Lars-Erik Paulsson från Statens strålskyddsinstitut. Representanter för IT-branschen och Föreningen för El- och Bildskärmsskadade deltog också i detta första möte. De inbjudna representanterna förklarade vid mötet att de inte önskade delta i det fortsatta arbetet, men såg fram mot att ta del av resultaten. Deltagarna (författarna till denna rapport) har sedan haft flera möten för att sammanställa resultaten från vissa kompletterande mätningar som utfördes under 2000 och vidare utarbeta denna sammanställning. Denna rapport utgör en sammanfattning av arbetet, detaljerade beskrivningar på engelska finns även tillgå, se referenslistan.

Resultaten från de mätningar som utförts av Yngve Hamnerius och Thomas Uddmar ingår även i en sammanställning som görs inom ramen för ett EU-samarbete (COST244bis/STM), med målsättningen att erhålla en övergripande europeisk beskrivning av exponering omkring basstationer för mobiltelefoni.

MÅLSÄTTNING

Målsättningen med denna rapport är att redovisa:

- en översikt över användningen av radiofrekventa fält i olika sammanhang, bl.a. olika typer av telekommunikation,
- en närmare beskrivning av de 1999-2000 mest använda systemen för mobil telekommunikation, GSM 900 och GSM 1800,

- en kartläggning av allmänhetens exponeringen för radiofrekventa fält i frekvensområden som används för telekommunikation (f.n. ca. 30 – 2 000 MHz) i olika miljöer i Sverige,
- hur stort bidrag till denna exponering som härrör från basstationsantennerna för mobiltelefoni, och vissa andra källor,
- vilken exponering som uppkommer vid en individs egna användning av en mobiltelefon, samt
- utvärdera dessa olika exponeringskällor genom att jämföra de erhållna exponeringsnivåerna med rekommendationer och gränsvärden.

Det är vår förhoppning att denna rapport (liksom de mer detaljerade delrapporterna, se referenslistan) ska bidra till att klarlägga de exponeringsförhållanden för radiofrekventa fält som råder kring olika komponenter för mobiltelefoni, och även ge en adekvat jämförelse mellan dessa och andra källor till radiofrekventa fält som allmänheten exponeras för. De absoluta nivåerna utvärderas genom jämförelse med internationella och av EU antagna gränsvärden och rekommendationer. I övrigt görs i denna rapport ingen biologisk eller hälsomässig utvärdering av exponeringen, detta återfinns i huvudrapporten från regeringsuppdraget (Bergqvist, Hillert, Birke, 2000).

KOMMENTAR OM FÖRFATTARSKAPET FRÅN RALF:S ARBETSGRUPP

För att erhålla en täckande beskrivning av de tekniska system för mobiltelefoni som förekommer och för att genomföra vissa mätningar och registreringar, har arbetsgruppen sett det som lämpligt och nödvändigt att vända sig till expertis från industrin (i detta fall Telia och Ericsson). Som en naturlig följd ingår då också dessa experter som författare till denna rapport.

Som ovan nämnts, görs i denna rapport ingen utvärdering av forskningsresultat avseende hälsorisker. I ett avsnitt ("Grund för utvärdering", sid. 7) beskrivs dock relationen mellan utvärdering och förekomst av data från forskning om eventuella hälsoeffekter. Detta avsnitt, liksom bilaga 1, har därför skrivits enbart av arbetsgruppen vid RALF.

Princip för utvärdering

OLIKA MÅTT PÅ EXPONERING

Målsättningen med denna rapport är bl.a. att beskriva allmänhetens exponering för radiofrekventa fält kring olika delar av mobiltelefonisystemen som mobiltelefoner och basstationsantennerna. Val av situationer där mätningar gjorts har styrts av att dessa situationer ska vara representativa för allmänheten – t.ex. på platser där allmänheten har tillträde (Uddmar, 1999). Som påpekas på sid. 9 och som diskuteras mer i detalj i rapporten från RALF:s arbetsgrupp (Bergqvist, Hillert, Birke, 2000), kan situationen bli annorlunda i vissa yrkessituationer.

Val av mätstorhet vid uppmätning av exponering beror bl.a. på avståndet till källan och källans utbredning (storlek). På mycket korta avstånd kan fälten interagera med den exponerade kroppen på ett sådant sätt att man bör använda andra sätt att redovisa exponeringen än styrkan på de externa elektriska och magnetiska fälten. Detta sker främst med uppmätning av de s.k. SAR-värdena, se vidare sid. 29 nedan. På något längre avstånd utgör styrkan på elektriska och magnetiska fält i V/m respektive A/m (eller μT) relevanta mått på exponeringen. Källan (antennen) kan dock inte betraktas som en punkt. Vidare varierar sambandet mellan de elektriska och magnetiska fälten från punkt till punkt, och de bör därför mätas var och en för sig. Att beskriva exponeringen i termer av instrålad effekt (S) i W/m^2 är relevant i det s.k. fjärrfältet, där avståndet är betydligt större än våglängden hos strålningen och även betydligt större än källans storlek, så att denna kan approximeras som en (avlägsen) punkt, och strålningseffekten då kan antas variera som $1/r^2$, där r är avståndet. Ofta mäts här det elektriska fältet, och effekten beräknas sedan med formeln:

$$S = E^2/377 \quad (1)$$

Med tanke på de aktuella våglängderna (33 cm för GSM 900- och 17 cm för GSM 1800-signalerna) och antennstorlekarna (< 10 cm för mobiltelefon respektive omkring 2 m för en stor basstationsantenn), kan några tumregler anges:

- För all mobiltelefonutrustning (mobiltelefon, basstationsantennerna) bör SAR-värdena anges vid avstånd kortare än 5-10 cm. Detta innebär att exponeringen vid egen användning av mobiltelefon alltid bör mätas och anges som SAR-värdena.
- För en mobiltelefon kan exponeringen lämpligen anges i W/m^2 vid längre avstånd än 5 - 10 cm.
- För en liten basstation (antennstorlek någon – några dm) bör elektrisk och magnetisk fältstyrka anges vid avstånd mellan ca 10 cm och 1 meter. Att här beräkna den instrålade effekten, t.ex. enligt formel (1) leder ofta till en överskattning av exponeringen. För avstånd omkring en meter eller mer kan dock lämpligen den instrålade effekten i W/m^2 anges.
- För en större basstation (antennstorlek ca 2 meter) bör de elektriska och magnetiska fältstyrkorna anges upp till ca 5-10 meters avstånd. På längre avstånd anges den instrålade effekten. Beräkningar utförda av NRPB (Mann m.fl., 2000) visar att överskattningen som uppstår när man använder den enkla fjärrfältmodellen vid 10 m för en GSM 1800-antenn var ca 4 %, medan den på 5 meter uppgick till 36 % och vid 1 meter till ca åtta gånger.

De resultat som redovisas i denna rapport har därför uppdelats i två delar; dels uppmätning av exponering på längre avstånd från dessa källor, vilket redovisas som W/m^2 , dels uppmätning av SAR-värden för exponering vid egen användning av mobiltelefon (och andra källor på 5 cm avstånd eller kortare).

GRUND FÖR UTVÄRDERING

De värden som presenteras i denna rapport anger exponering på grund av vissa utrustningar för mobiltelefoni och andra källor för radiofrekventa fält, liksom några exempel på exponering för radiofrekventa fält i olika situationer i storstad, småstad och på landsbygden. Dessa exponeringar utvärderas på följande två sätt:

- En jämförelse med gällande gränsvärden och rekommendationer för allmänhetens exponering. Dessa baseras på rekommendationer från EU och ICNIRP (1998) (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, se bilaga 1). Detta innebär således en utvärdering avseende risk för idag kända hälsoeffekter.
- En jämförelse av relativa bidrag från olika komponenter för mobiltelefoni och andra källor (se kommentarer nedan).

De rekommendationer för exponering som används vid jämförelser enligt ovan är avsedda att ge ett skydd mot kända effekter av radiofrekventa elektromagnetiska fält. Dessa effekter uppkommer på grund av s.k. termiska mekanismer, och flertalet av dem kan beskrivas som akuta effekter. Någon långtidsackumulering av exponering eller dess effekter är idag inte vetenskapligt belagd och ingår inte i basen för dessa rekommendationer. Det pågår en intensiv forskning kring frågan om risk föreligger för andra hälsoeffekter vid lägre nivåer, och även avseende frågan om exponeringens varaktighet i så fall inverkar. Någon bedömning av dessa forskningsresultat ges inte i denna rapport. En summering och utvärdering av denna forskning har presenterats i huvudrapporten från RALF (Bergqvist, Hillert och Birke, 2000).

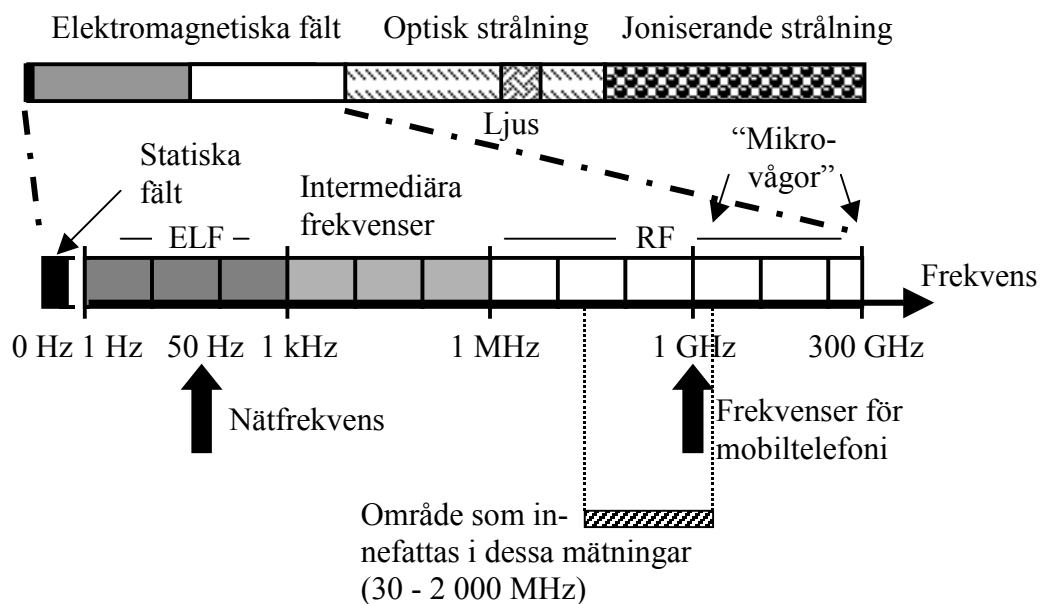
Detta innebär att man idag har begränsade möjligheter att jämföra exponeringen från mobiltelefon (normalt relativt korta tidsperioder) med den från basstationsantennor (där längre tids exponering kan förekomma). En annan skillnad mellan den exponering som erhålls från en mobiltelefon och den exponering som erhålls från andra källor på längre avstånd är att de förra är lokaliserade till en liten del av kroppen (handen, en del av huvudet och örat), medan de senare ger en exponering av hela kroppen. Vi har därför valt att i denna rapport ej försöka jämföra långtidsexponering på grund av basstationer och andra källor på avstånd med den intermittenta egna användningen av mobiltelefon, eftersom en sådan jämförelse måste bygga på antaganden som f.n. bara kan vara spekulativa. Utvärderingen har i detta avseende begränsats till att se hur stor andel av ICNIRP:s rekommendationer som exponeringen kan bidra till i respektive situation.

En grundläggande princip vid riskvärdering är att man utgår från den ”värsta situationen”, med motiveringen att om denna kan visas uppfylla kraven, så bör alla andra situationer också göra det. Nedan används således det högsta uppmätta värdet från varje situation/varje apparattyp, och ingen hänsyn tas t.ex. (för mobiltelefoner) till eventuell nedreglering eller DTX. De reella exponeringarna är således i flera fall betydligt lägre än här angetts.

Användning av radiofrekventa fält

DET ELEKTROMAGNETISKA SPEKTRUMET

Det elektromagnetiska spektrumet är ett sätt att inordna alla elektromagnetiska fenomen efter frekvens, energi eller våglängd. Av hävd brukar man använda frekvenser för att rangordna olika typer av elektromagnetiska fält, alltifrån statiska fält (0 Hz) och kraftfrekventa fält (50 Hz) till högre frekvenser som används för radiotrafik och andra användningsområden som uppvärmningsprocesser i industrin och t.ex. mikrovågsugnar. Över 300 GHz (eller våglängder kortare än 1 mm) vidtar optisk strålning med IR (infraröd strålning), synligt ljus och UV (ultraviolett strålning). För mycket höga frekvenser (korta våglängder) innehåller varje enskilt strålningspaket tillräckligt mycket energi för att slå ut en elektron från (jonisera) atomer, detta kallas därför joniserande strålning. Till joniserande strålning hör t.ex. röntgenstrålning och gammastrålning. Övriga former (optisk strålning och elektromagnetiska fält enligt ovan) sammanfattas därför ofta under begreppet icke-joniserande strålning. Se figur 1 för en översiktlig bild av det elektromagnetiska spektrumet.

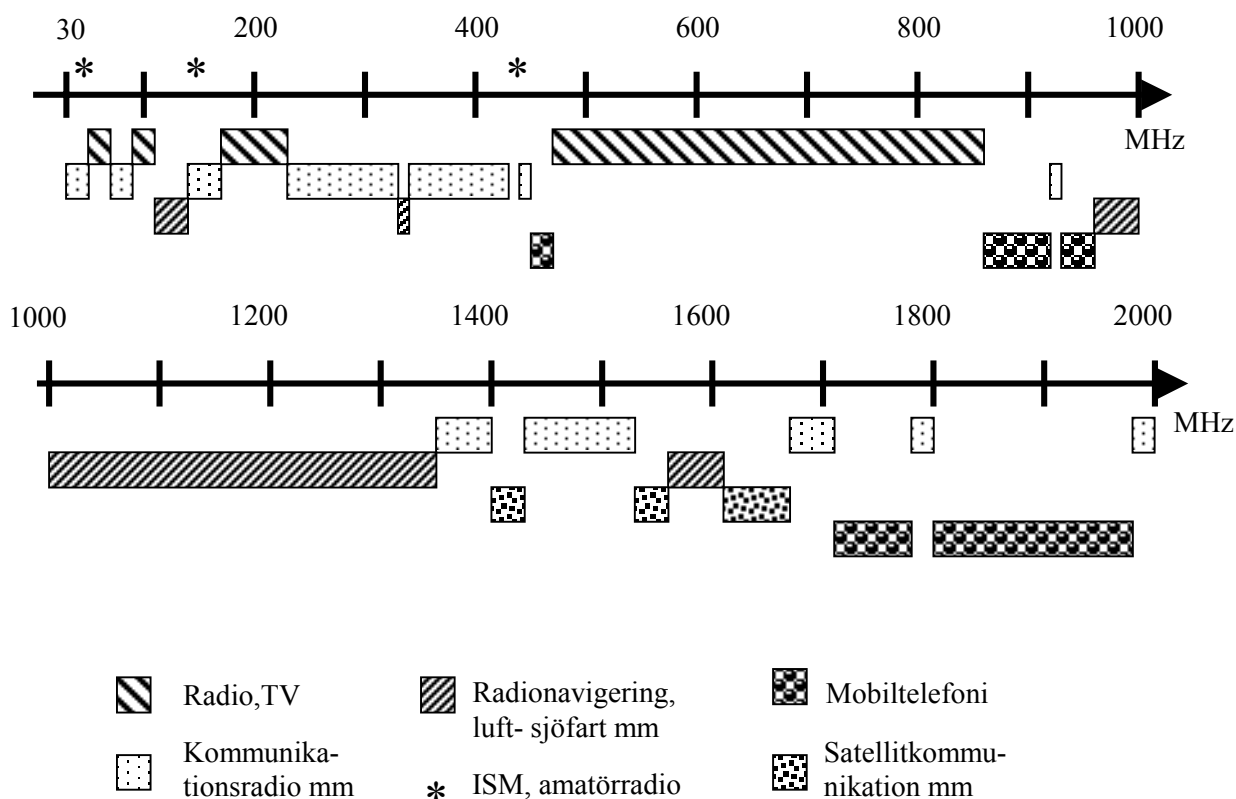


Figur 1. Det elektromagnetiska spektrumet. (Ibland används s.k. prefix för att ange mycket små eller mycket stora tal: $n = 1/1\,000\,000\,000$, $\mu = 1/1\,000\,000$, $m = 1/1000$, $k = 1\,000$, $M = 1\,000\,000$, $G = 1\,000\,000\,000$.)

I denna rapport är intresset inriktat på s.k. radiofrekventa fält, och då speciellt mellan frekvenserna 30 MHz och 2 000 MHz. Denna del av spektrumet används i stor utsträckning just för radio- och telekommunikation (se vidare nedan).

Radiofrekventa fält har utnyttjats för telekommunikation i över 100 år, sedan först Hertz och därefter Marconi demonstrerat möjligheten av telegrafi över längre avstånd. Exponering för radiofrekventa fält uppkommer på grund av ett antal olika applikationer; radio- och TV-utsändningar, olika system för mobiltelefoni och andra system förknippade med informationsteknologi (IT), radar, radionavigering, kommunikationsradio, satellit-

kommunikation, amatörradio mm. samt även på grund av användning av radiofrekventa fält i olika industriella och medicinska tillämpningar i därför avsedda frekvensband. För att effektivt utnyttja spektrumet och undvika störningar regleras användningen av olika frekvenser, i Sverige av Post- och Telestyrelsen (PTS) och internationellt av ITU (International Telecommunication Union). Vissa frekvenser, de s.k. ISM-frekvenserna (ISM=Industry, Science, Medicine) kan dock utnyttjas för t.ex. industriella ändamål utan licens. Sådana frekvensband finns (i Sverige) omkring 13,6, 27 och 41 MHz, och även vid 2,45, 5,8 och 24 GHz. En översiktlig figur över användningen av olika frekvensband ges i figur 2. En fullständig förteckning av användningen av olika frekvenser kan erhållas på www.pts.se.



Figur 2. Allokering av frekvenser (30 - 2000 MHz) för olika typer av aktiviteter. För närmare detaljer, samt allokering i frekvenser under 30 MHz och över 2000 MHz, se www.pts.se. (ISM = frekvens för industri, vetenskap och medicin, ej licenskrav.) UMTS-systemet och vissa andra kommande system kommer delvis att utnyttja frekvensområden även över 2000 MHz (se texten).

Det finns olika situationer där arbetare utsätts för mycket högre exponeringar för radiofrekventa fält än vad som förekommer kring t.ex. mobiltelefoni. Dessa yrkesmässiga situationer, som främst uppkommer vid industriell eller medicinsk användning av radiofrekventa fält, berörs inte explicit i denna rapport. Inte heller tas användning av dessa fält i mikrovågsugnar, radar mm. eller yrkesmässiga situationer med service, underhåll och utbyggnad av antennenläggningar upp till detaljerad granskning. Dessa exponeringar är normalt mycket lokaliserade, och är i princip underkastad kontroll, även om man i RALF:s slutrapport för regeringsuppdraget pekade på behovet att förbättra tillsynsarbetet när det gäller vissa industrier (Bergqvist, Hillert, Birke 2000). För flera av dessa källor ligger också frekvensområdena utanför de här analyserade (30 – 2000 MHz).

ANVÄNDNING AV RADIOFREKVENTA FÄLT FÖR RADIO- OCH TELEKOMMUNIKATION

En stor del av den radiofrekventa delen av det elektromagnetiska spektrumet används för olika radio- och TV-utsändningar samt för andra typer av radiokommunikation och radionavigering. Den på senare tid kraftiga utbyggnaden av system för mobil telekommunikation har följts av en ibland intensiv diskussion om eventuella hälsorisker, och utgör en huvudmotivering för denna rapport, varför rapporten till stor del koncentreras på denna användning och den exponering för allmänheten som därvid uppkommer.

Den första demonstrationen av mobil radiotelefoni gjordes 1946 i USA, men det dröjde tills 1981 innan det första automatiska moderna mobiltelefonnätet uppstod, och då i de nordiska länderna (NMT 450-systemet). Detta följdes snabbt av olika nät i många länder (och i Norden 1986 av NMT 900). Dessa analoga system beskrivs ofta som 1:a generationens system. Ett nytt system – s.k. andra generationens system – tillkom 1992 genom GSM (Global System for Mobile Communication), som finns i ett stort antal länder runt om i världen. I ett antal länder pågår f.n. uppbyggnad av ett tredje system för mobiltelefoni, UMTS (Universal Mobile Telecommunications System, det s.k. 3:e generationens system).

Beträffande mobiltelefoni finns eller planeras följande system i Sverige:

- NMT 450 och NMT 900: Första generationens mobiltelefonisystem som använder s.k. analog teknik (frekvensmodulerade, ej pulsade fält), med frekvenser kring 450 och 900 MHz. NMT 450 förekommer mest i bilburna system, ofta med 15 W uteffekt, men nätet kommer under 2000-2001 att anpassas för 1,5 W uteffekt. NMT 900 användes dels med 6 W telefoner (bilburna) eller med 1 W telefoner (personburna). Detta system avvecklades 31 december 2000, men fanns i begränsad omfattning i drift vid de mätningar som redovisas här.
- GSM 900 och GSM 1800 (GSM 1800 kallas också DCS 1800): Andra generationens mobiltelefonisystem som använder digital teknik med fasmodulerade och pulsade fält med grundfrekvens kring 900 respektive 1800 MHz. Telefonerna avger högst 2 W (GSM 900) respektive 1 W (GSM 1800) (effekt under pulsen), med medeffekt på högst 0,25 resp. 0,125 W. (Varje samtal utnyttjar endast en av 8 tidsluckor, se figur 6. Detta medför att medeffekten blir lägre än toppeffekten, se figur 8). S.k. dualbandstelefoner kan utnyttja både GSM 900 och GSM 1800-systemet.
- UMTS är tredje generationen mobiltelefoni, som kommer att introduceras de närmaste åren. Systemet utnyttjar frekvenser omkring 2000 MHz, och kan dels användas för mobil telefoni, dels som dataterminal. De flesta telefoner förväntas ha en medeffekt av högst 0,25 W. (Det bör observeras att UMTS kommer att utnyttja frekvensband även över 2000 MHz – men detta förelåg ännu inte när de mätningar som här beskrivs gjordes.)
- Trådlös telefoni: Här finns det äldre, analoga systemet CT1, med 0,01 W uteffekt från telefonerna – detta används främst i bostäder, och använder frekvenser kring 900 MHz. Den andra generationens system, CT2 och DECT, använder digital teknik och pulsade fält, och utnyttjas både i bostäder och på arbetsplatser. Frekvensområdena är kring 900 och 1900 MHz, respektive. Dessa digitala telefoner har en uteffekt i pulsen på 0,125-0,25 W, med en medeffekt på 0,005-0,01 W.
- Mikrovågslänkar: Mikrovågslänkar mellan basstationer för mobiltelefoni utnyttjar höga frekvenser (mellan 7 och 38 GHz) samt mycket smala strålgångar (högst 2°). Denna starka riktverkan gör att uteffekten kan vara mycket låg, lägre än 1 W.

(Överföring mellan basstationer sker ibland med sådana länkar, men oftare i stället med kabel.)

Eftersom GSM 900/1800 är det f.n. (2000-2001) helt dominerande systemet för mobiltelefoni, kommer beskrivningen nedan att koncentreras på detta.

Bland andra nuvarande eller kommande radiokommunikationssystem och IT-applikationer som kan medföra emission av radiofrekventa fält kan nämnas:

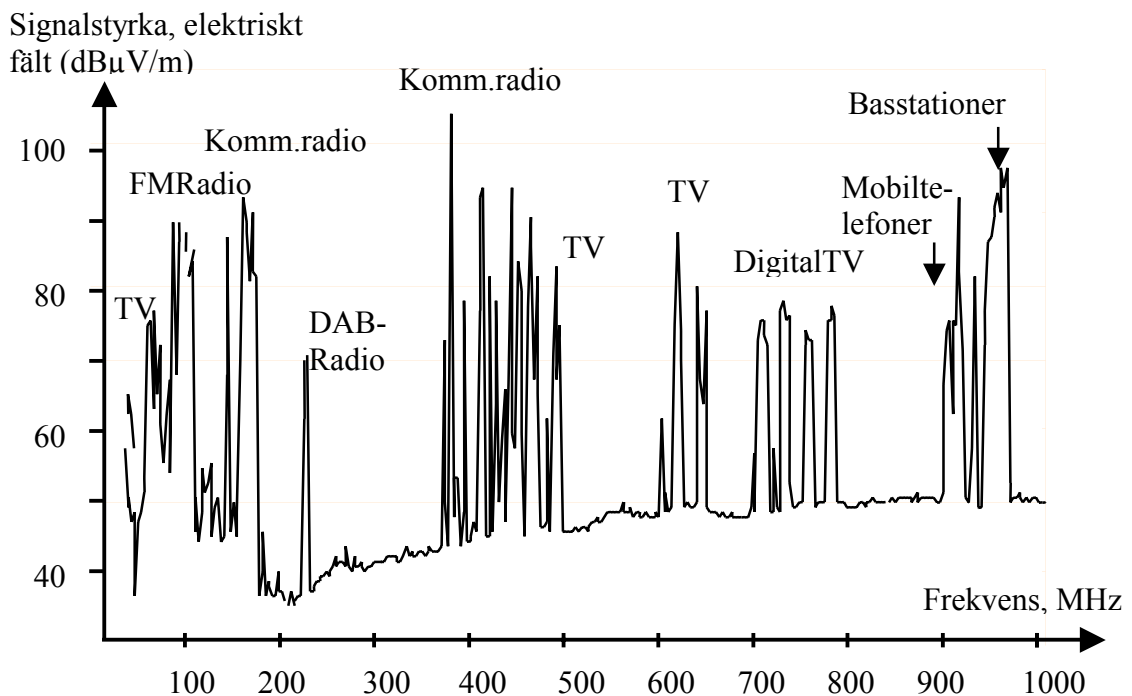
- Pagensystem, som Minicall och Ermes, används för personsökning och korta meddelanden, ofta av personer med olika typer av jourtjänst. För Minicall används i Sverige två frekvenser kring 161 MHz, medan Ermes utnyttjar omkring 169 MHz.
- Mobitex är ett mobilt privatradiosystem som använder vissa frekvensband mellan 80 och 470 MHz. Uteffekten var upp till 20 watt för första generationens system (som används för kraftiga bilburna system), och mellan 2 och 10 watt för nyare enheter.
- WLAN (Wireless Local Area Network), med t.ex. applikationen HomeRun, avger 0,1 W från antennen. Frekvensen är 2 450 MHz. En framtida utveckling av detta är Hiperlan, som kommer att utnyttja frekvenser kring 5000 MHz, med 0,2 W uteffekt.
- Sjöburna kommunikationssystem använder två system, dels Maritime som innefattar radiotelefoni, dataöverföring och navigationsinformation i VHF-bandet (30-300 MHz), dels Maritex som utnyttjas för telexkommunikation i kortvågsband 2 - 26 MHz.
- Olika system för ökad informationsöverföring baserade på GSM-systemet, avsett för datakommunikation eller för ökade överföringsmöjligheter för Internet eller multimedia. För HSCSD (High Speed Circuit Switch Data) och GPRS (General Packet Radio Service) åstadkoms detta genom att varje terminal (telefon) sänder/mottar information i flera av de 8 tidsluckorna. En vidare utveckling för bl.a. multimedia är EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution). Frekvenserna är desamma som för GSM (ca 900 och 1800 MHz), medan medeleffekten kan uppgå till 0,5 eller 1 W beroende på hur många av de 8 tidsluckorna som utnyttjas (2 eller 4).
- Bluetooth, som är ett system för att ersätta kabel- och infraröd överföring mellan olika IT-komponenter som mobiltelefoner, datorer mm. Systemet utnyttjar frekvensen 2450 MHz (en s.k. ISM-frekvens där ingen licens behövs), med en medelutefekt av 0,001 W (vilket ger en mycket begränsad räckvidd av ca. 10 m). Systemet kan också användas för trådlös telefoni, med en medelutefekt av 0,03 W.

Bland andra vanliga källor till exponering för radiofrekventa fält märks sändningar från radio- och TV-sändare. Runt omkring i Sverige finns det 54 större sändarstationer med master som sänder ut både radio och TV. Den pågående utbyggnaden av digital-TV utnyttjar också samma master – de kompletteras bara med digital utrustning. Dessutom finns det över 600 mindre stationer (slavsändare) som täcker in luckor som inte nås av de stora stationerna. Dessa mindre stationer tar emot programmen och återutsänder dem lokalt, fast på andra frekvenser. Totalt finns det således ca 700 radio- och TV-master i Sverige, med masthöjder som varierar mellan 10 m och 300 m.

- Radioutsändningarna (FM, t. ex. P1-P4) ligger i frekvensbandet 87,6 - 107,9 MHz. Uteffekter hos slavsändarna (108 stycken utnyttjas för radio) varierar mellan 3 W och 4 kW, medan den typiska uteffekten (ERP) för de större sändarstationerna är 60 kW.

- DAB (Digital Audio Broadcast) är det nya digitala rundradionätet, som startade 1995 och sedan 1999 når ca. 85 % av svenska folket. DAB-sändare har en sändareffekt mellan 0,5 och 4 kW och sänder i ett frekvensband omkring 225 MHz.
 - Markbundna TV-utsändningar (STV1, STV2 och TV4) sänder i olika frekvenser; i VHF-området används frekvensbanden I (47 – 68 MHz) och III (174 – 230 MHz), samt frekvensbanden IV (470 – 621) och V (622 – 864 MHz) i UHF-området. De större sändarna har en sändareffekt (ERP) mellan 1 kW och 1 MW, medan de mindre varierar mellan 1 W och 15 kW. Täckningen varierar något, men anges som 99,8% av befolkningen för t.ex. Sveriges Televisions sändningar (SVT1 och SVT2), samt 98% för TV4.
 - Andra system för kommunikationsradio utnyttjas av t.ex. polis, företag mm. I denna undersökning förekom märkbara sådana sändare på frekvenser kring 68 – 87 MHz, 146 – 174 MHz och 438 – 470 MHz. Även andra frekvenser används, se figur 2.
- Det förekommer bl.a. vissa radioutsändningar utanför det här undersökta frekvensområdet på 30 – 2000 MHz. Ytterligare beskrivning kan erhållas på www.teracom.se och www.pts.se.

Som framgår av redovisningen nedan bidrog dessa källor i vissa fall till den totala exponeringen, främst då radio/TV-utsändningar. I rapporten utvärderas alla dessa källor genom att mäta (eller beräkna) den sammanlagda exponeringen från dem inom frekvensområdet 30 MHz till 2000 MHz. Genom att dessa mätningar görs frekvensspecifikt, så kan också de olika källorna och deras bidrag identifieras. När det gäller en persons egen användning av mobiltelefon, och andra källor på mycket korta avstånd (mindre än ca. 10 cm), måste dock av fysikaliska skäl andra metoder användas (se nedan sid. 29). I figur 3 redovisas uppmätta nivåer i frekvensområdet 30 MHz – 1000 MHz i en storstadsregion (Stockholm), med angivelse av olika källor till exponeringen vid olika frekvenser.

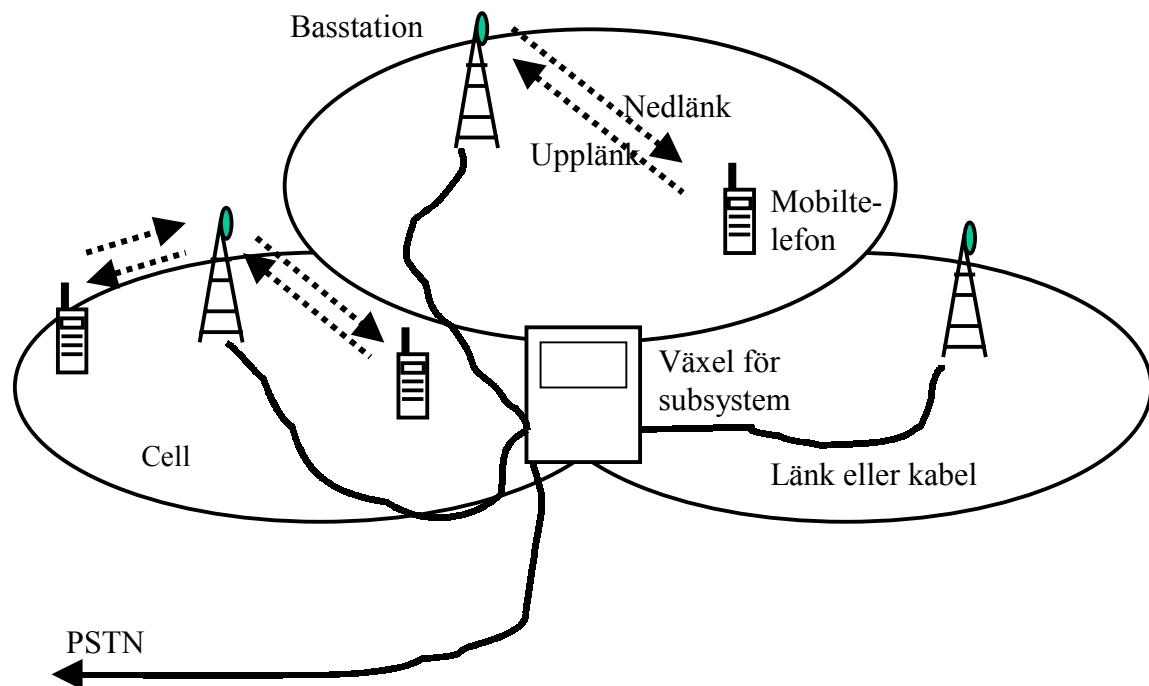


Figur 3. Exponering uppmätt i frekvensbandet 30 – 1000 MHz på Söder i Stockholm, december 2000.

Beskrivning av mobiltelefonisystem och mobiltelefoner

UPPBYGGNAD AV SYSTEMET – TELEFONER, CELLER OCH BASSTATIONER

Ett mobiltelefonisystem består av ett stort antal celler, där varje cell är ett geografiskt område som täcks av en basstationsantenn, med vilken mobiltelefoner i området har kontakt (se figur 4). Basstationsantennen är ofta monterad högt på en mast eller en byggnad, för att få god kontakt med telefonerna i cellen. Radiotrafik från telefon till basstation kallas upplänk, medan radiotrafik från basstation till telefon kallas nedlänk, dessa använder i de flesta system något olika frekvenser. Kontakt mellan basstationer och övergripande system (inklusive det konventionella telefonnätet) sköts med tråd eller med mikrovågslänkar. Direkt kontakt mellan olika telefoner förekommer ej – all trafik går via basstationer. I systemet ingår funktioner som gör att kontakten med en telefon (även under pågående samtal) kan överföras från en cell till en annan.



Figur 4. Den principiella uppbyggnaden av ett mobiltelefonsystem.

En cell kan ha en utsträckning på (teoretiskt) upp till ca 35 km (för GSM), men cellstorleken är oftast mycket mindre, och kan i områden med tät telefontrafik vara några tiotals meter. Angränsande celler utnyttjar andra frekvenser för att inte störa trafiken i cellen – men celler något längre bort kan utnyttja samma frekvenser. Detta möjliggör ett stort antal samtal på det begränsade frekvensutrymmet. Små celler förekommer inomhus, med mycket korta räckvidder.



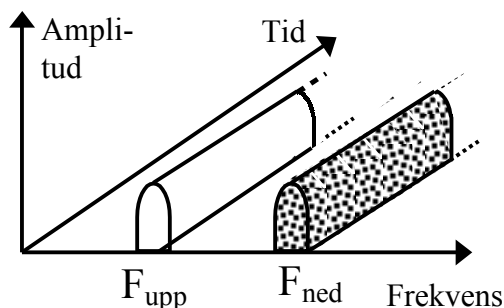
Figur 5. Användning av mobil telekommunikation i storstadsmiljö utomhus (vänster) och inomhus (höger).

OLIKA SYSTEM FÖR MOBILTELEFONI – BESKRIVNING AV TELEFONERNA.

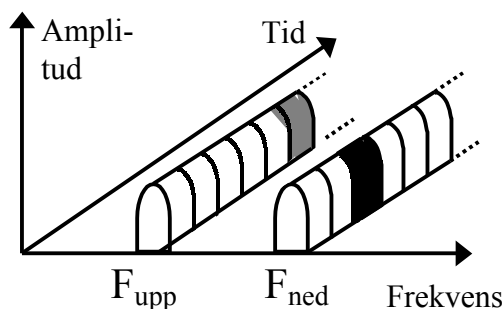
I de äldre analoga systemen (NMT 450 och det nu nedlagda NMT 900 i Sverige, liksom CT1) är varje aktiv telefon tilldelad två specifika frekvenser, s.k. ”duplex” (en för upplänk och en för nedlänk). Informationen kodas som FM (frekvensmodulation). Detta kallas FDMA (Frequency Division Multiple Access).

GSM-systemet infördes för att öka kapaciteten i det begränsade frekvensutrymmet. Genom att komprimera signalen i tiden till ca 1/8 kan i princip åtta samtal pågå samtidigt på samma frekvens. Från varje telefon sänds således informationen ut i pulser med en frekvens av 217 Hz. Även för GSM förekommer separata frekvenser för upplänk och nedlänk (se tabell 1). Detta benämns TDMA (Time Division Multiple Access). Ett alternativ är att upplänk och nedlänk sänds med samma frekvens, men i olika tidsluckor, s.k. TDD (Time Division Duplex). DECT-systemet utnyttjar en variant av detta med 24 tidsluckor (se figur 6).

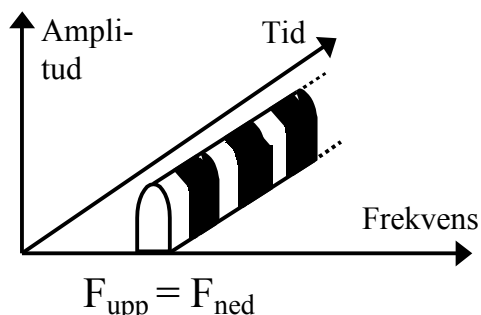
UMTS (Universal Mobile Communications System) är namnet på det nya s.k. tredje generationens mobilsystem som kommer att introduceras 2001. Det kommer att utnyttja ett nytt frekvensområde mellan 1900 och 2200 MHz. UMTS använder en bredbandig radioteknik som kallas WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) med dataöverföringshastigheter på upp till 2 Mbit/s, vilket möjliggör mobilt internet och avancerade multimedia-tjänster. I UMTS-systemen används inte tidsluckor som i GSM, utan olika telefoner kan använda samma frekvens samtidigt genom att dessa identifieras med koder. Telefoner och dataterminaler kommer därför inte att sända information i pulser. Däremot kommer uteffekten att regleras snabbare och med större dynamik än för GSM. Fyra olika effektnivåer finns specificerade för UMTS-terminaler; 0,125, 0,25, 0,5 och 2 watt. Den vanligaste effektnivån blir förmodligen 0,25 watt. Basstationernas uteffekter blir liknande de för GSM-basstationer. Fler basstationer kommer dock att behövas för att tillhandahålla de tjänster och den kapacitet som planeras.



FDMA (Frequency Division Multiple Access): Upp- och nedlänk använder olika frekvenser.



TDMA (Time Division Multiple Access): Upp- och nedlänk använder olika frekvenser. En användare utnyttjar en av flera tidsluckor.



TDD (Time Division Duplex): Upp- och nedlänk använder samma frekvens, men i olika tidsluckor.

Figur 6. Beskrivning av olika system för frekvensutnyttjande. F_{upp} står för upplänksfrekvensen medan F_{ned} står för nedlänksfrekvensen.

En översikt över använda frekvenser för upplänk och nedlänk samt förekommande utefekter för de olika systemen redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Frekvensområden för olika system

Frekvens (MHz) för:	Analog system			Digitala system			
	NMT 450	NMT 900	CT1	GSM 900	GSM 1800	DECT	UMTS
Upplänk	453-457,5	890-892	914-915	890-914	1710-1785	1880-1900	1920-1980
Nedlänk	463-467,5	935-937	959-960	935-959	1805-1880	1880-1900	2110-2170 ³⁾
<i>Följande gäller för mobiltelefonerna</i>							
Max. uteffekt ¹⁾	15 W	1 W	0,01 W	2 W	1 W	0,25 W	0,25 W ⁴⁾
Medeleffekt ²⁾	1,5 eller	0,1 eller	0,01 W	0,0004-	0,0001-	0,01 W	< 0,02 – 0,25
	15 W	1 W		0,25 W	0,125 W		W
DTX?	Nej	Nej	Nej	Ja	Ja	Nej	Ja

1) För transmission som sker pulsat gäller detta i själva pulsen. **2)** För digitala system som sänder informationen i pulser (tidsluckor) är medeleffekten alltid lägre än maxeffekten. För system med nedreglering (se vidare nedan) bestäms den reella nivån av basstationen. I tabellen anges då variationsbredden, d.v.s. lägsta och högsta värdet på medeleffekten. **3)** Upp- respektive nedlänk för frekvensseparerade länkar (FDD). Dessutom används tidsseparation i några frekvensband, 1900-1920 MHz och 2010-2025 MHz. (jämför figur 6) **4)** Andra effektnivåer förekommer, se texten.

För de system som sänder pulsad information från mobiltelefonerna (GSM, DECT) måste man skilja på den maximala uteffekten (i pulsen) och den genomsnittliga effekten. För GSM är den genomsnittliga effekten 1/8 av pulseffekten, medan för DECT är den 1/24-del (se vidare nedan).

NEDREGLERING OCH DTX

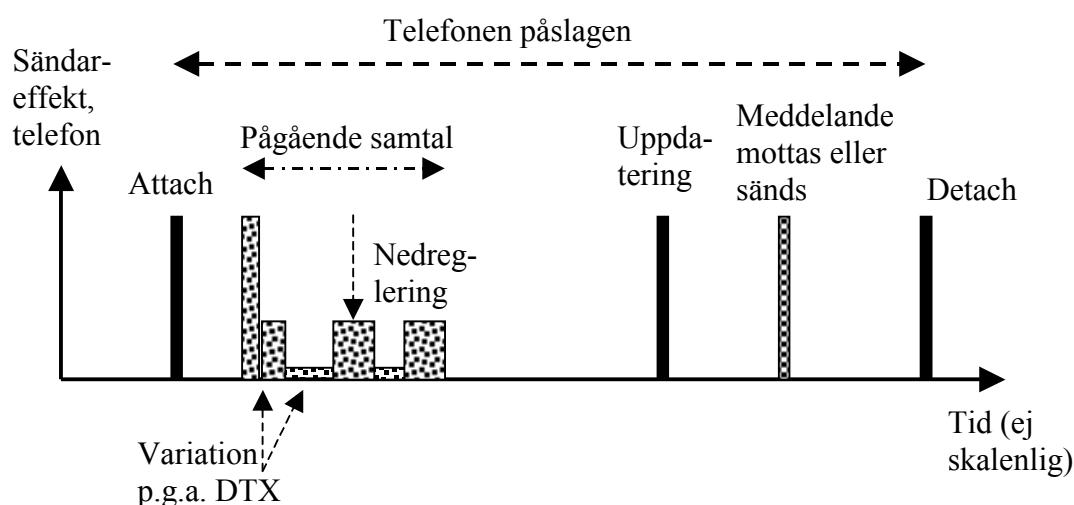
Nedreglering (power control) innebär att signalstyrkan i pulsen sänks till den nivå som behövs för signalöverföring. Detta innebär också att störningsrisken för samtal i angränsande områden minskar. När en kontakt mellan mobiltelefonen och basstationen först upprättas, används en förbestämd nivå för just den cellen, men sedan sker nedreglering till en nivå som bestäms av kontakten. På sid. 30-31 redovisas resultat från mätningar av hur användandet av nedregleringen påverkar signalstyrkan från telefonerna. För NMT 450 och NMT 900 sker nedreglering mellan två nivåer, medan för GSM sker nedregleringen i ett större antal steg. DECT och CT1 saknar nedreglering. För UMTS kommer effektnivån på mobiltelefonerna att variera mycket snabbt för att säkerställa en konstant signalstyrka vid mottagaren (basstationen).

Nedregleringsfunktionen används i viss utsträckning även i signalerna från basstationer för mobiltelefoni, se sid. 20-21 nedan.

DTX (Discontinuous Transmission) innebär att telefonen minskar sin aktivitet när användaren lyssnar – endast viss överföring av bakgrundsljudet sker. Användningen av DTX innebär att medeluteffekten i genomsnitt sänks med bortåt 50%. DTX finns endast i GSM-systemet, en motsvarande funktion kommer att finnas i UMTS-systemet. Både DTX och nedreglering har införts för att förbättra utnyttjandet av spektrum och även spara batteriet i telefonen. Bägge funktionerna styrs av nätet, som reglerar signalstyrkan och överföringshastigheten i både ned- och upplänk. Styrningen sker i varje enskild kontakt mellan mobiltelefon och basstation.

OLIKA TYPER AV KONTAKT MELLAN MOBILTELEFON OCH BASSTATION

En mobiltelefon avger inga fält när den är avslagen. Påslagen kan den vara aktiv (pågående samtalstrafik) eller väntande (som en radiomottagare). Sändarfunktionen under pågående samtal (inklusive DTX) har beskrivits ovan. En figur som visar en GSM-telefons sändaraktivitet vid olika situationer visas i figur 7.

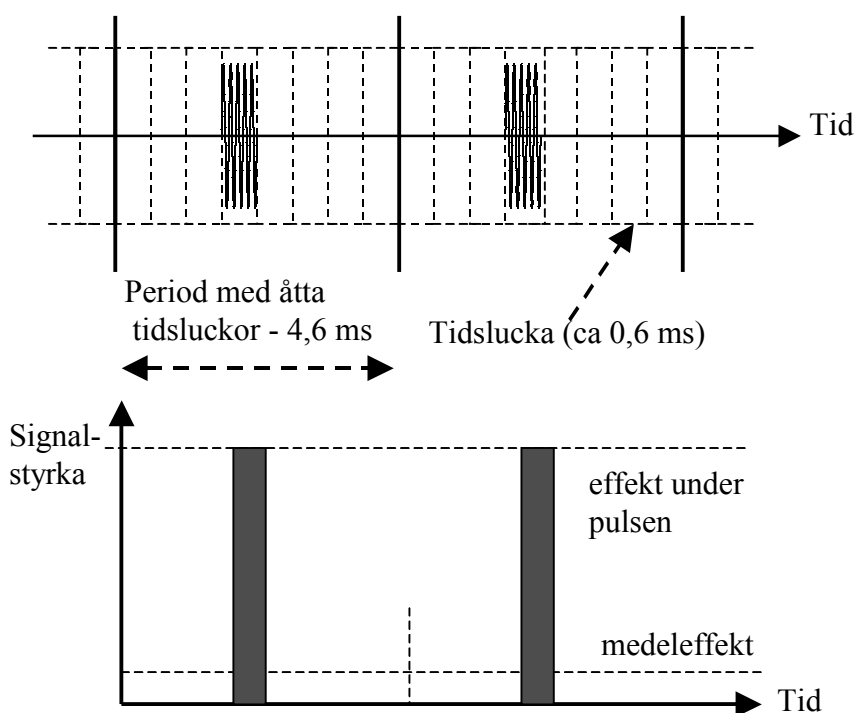


Figur 7. Figuren visar schematiskt olika tillfällen när GSM-telefonen sänder från det att den slås på ("Attach") tills det att den slås av ("Detach"). Effekten av nedreglering och DTX indikeras också.

I GSM-systemen förekommer en viss trafik även när telefonen är väntande, t.ex. för att meddela systemet var telefonen befinner sig (uppdatering). I Telias system görs detta var fjärde timme, och signalen varar ca 5 sekunder. En uppdateringssignal sänds även ut när telefonen flyttats från ett område till ett annat (varje område kan omfatta många celler). Andra tillfällen när telefonen aktivt sänder är när den slås på eller av, när meddelande tas emot eller sänds, när samtal tas emot (förbereds) eller vid datatrafik. Till skillnad från GSM-telefoner sänder NMT-telefoner inga periodiska uppdateringssignaler när telefonen inte är aktiv (däremot förekommer signalering när telefonen byter trafikområde).

TIDSUTSEENDET FÖR SIGNALEN FRÅN EN MOBILTELEFON

I figur 7 ovan ges ett exempel på hur tidsvariationen i telefonens sändaraktivitet kan variera under den tid telefonen är påslagen. För GSM-telefoner finns, som påpekats ovan, även en variation i sändaraktivitet under pågående samtal, genom att telefonen endast sänder i en av åtta tidsluckor (jämför TDMA i figur 6). I figur 8 ges ett exempel på hur denna pulsade signaltrafik kan se ut. I figuren visas också skillnaden på effekt under pulsen och medeleffekten under samtal. Vid vissa applikationer för datakommunikation kan fler än en tidslucka användas (2 eller 4, se sid. 11), detta medför i så fall en motsvarande ökning av medeleffekten.



Figur 8. Variation i signaltrafiken från en GSM-telefon under pågående samtal. Medeleffekten är 1/8 av effekten under pulsen (toppeffekten). Figur 8 visar variationen i av staplarna under "pågående samtal" i figur 7.

Liknande variation (pulsade signaler) förekommer i signaltrafiken från DECT och CT2-systemen för trådlösa telefoner. För NMT 450, NMT 900 och UMTS är signalerna inte pulsade – eftersom inte TDMA används. Signalen från UMTS har dock en relativt snabb nedregleringsfunktion för att motverka variationerna i avstånd till basstation mm. Detta gör att signalen från en UMTS-telefon blir olika beroende på om den som använder telefonen rör sig (åker bil etc.) eller inte.

Beskrivning av basstationer

En basstation består av flera komponenter; själva mottagar/sändar- och kontrollenheterna som är förbundna med kabel till en antenn. Antennen placeras på mast, hustak eller på husväggar för att komma upp på en viss höjd. Mottagar- och sändarenheterna placeras inte nödvändigtvis i omedelbar anslutning till antennen, utan på ett lämpligt ställe som underlättar åtkomligheten vid t.ex. service, d.v.s. på tak eller i markplan. Basstationer för DECT-systemet är små enheter med integrerade antenner som normalt placeras på en vägg strax under taket. I fortsättningen diskuteras basstationsantennerna eftersom den är källan till exponering. Några exempel på basstationer och deras placering visas i figur 9.



Figur 9. Basstation för DECT-systemet (till vänster) och basstationsantennerna för GSM utomhus (till höger).

Basstationer har en viss uteffekt, som tillsammans med antenntal och placering avgör det önskade täckningsområdet. För utomhus placerade GSM-stationer är den effekt som går ut via en antenn ofta 5 – 10 W per frekvenskanal, medan effekten till basstationsantennerna för små celler inomhus (och för trådlösa telefoner) kan vara betydligt lägre; t.ex. DECT-stationer på 0,25 W eller inomhus placerade GSM-stationer på 0,01 W per frekvenskanal. Dessa angivna effektvärden är maximala (topp-) värden, se vidare nedan för diskussion av nedreglering och tidsvariation. Från en basstation och antenn sänds ofta flera frekvenskanaler (se vidare nedan). I en brittisk översikt (Mann, 2000) varierade antalet kanaler mellan 1 och 5, och den totala effekten från basstationen mellan 1 och 63 W.

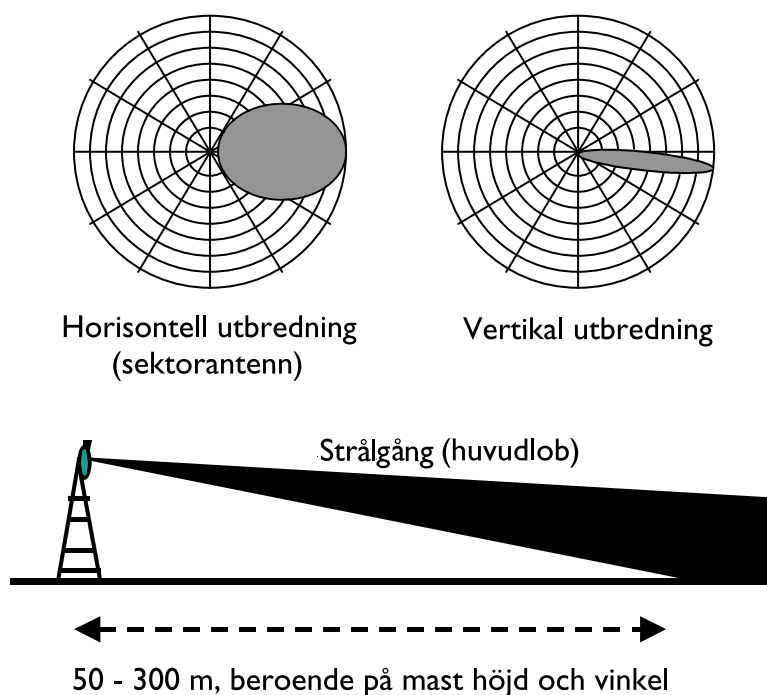
EXPONERING FRÅN EN BASSTATIONSANTENN

Exponeringen i en punkt i närheten av en basstationsantenn beror på ett antal olika faktorer, som hur många frekvenskanaler som utsänds via antennen, vilken effekt som varje frekvenskanal sänds med, avstånd till antennen, vilken riktverkan antennen har, samt dämpning och reflexer från andra föremål i närheten. Som framgår nedan (sid. 23), har man försökt att både mäta och beräkna exponeringen kring vissa basstationer för mobil-

telefoni med viss framgång, även om beräkningarna ofta tycks ge för höga värden jämfört med uppmätta värden. Detta beror framförallt på att man vid beräkningarna inte tagit hänsyn till dämpningen på grund av olika föremål (hus, träd, kullar mm).

Från en antenn som strålar lika i alla riktningar och utan störande (skymmande) föremål kommer exponeringen i fjärrfältet (jmf sid. 6) att avta med kvadraten på avståndet. Denna exponering kan då enkelt beräknas som $S = P/4\pi r^2$, där S är effekttätheten i W/m^2 (exponeringen), P är uteffekten i W och r avståndet i m . Från en 10 W antenn blir då exponeringen på 10 m avstånd $0,008\text{ W/m}^2$. Men eftersom antennen har en riktverkan, blir avståndstagandet mer komplicerat än det grundläggande $1/r^2$ -antagandet ovan. Begreppet antennvinst ("gain") redovisar hur mycket starkare utstrålningen är i en viss bestämd riktning, vilket motsvaras av svagare utstrålning i andra riktningar. Exponeringen bakom antennen kan för en typisk basstationsantenn vara omkring 300 gånger lägre än i strålriktningen.

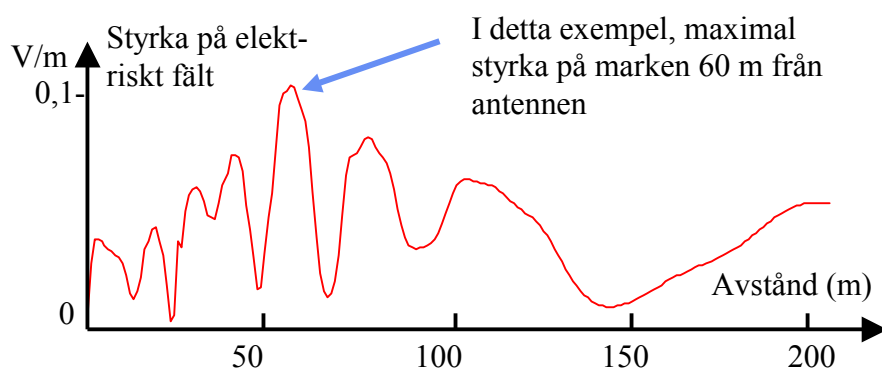
Dessa riktningar väljs för att ge den avsedda täckningen av cellen. Ofta är utsträckningen relativt vid horisontellt (t. ex. sektorantenn med 60° , eller en rundstrålande antenn) medan utsträckningen kan vara mycket smalare vertikalt (ofta $5 - 10^\circ$), och kanske lite nedåtriktad, se principskiss i figur 10. Dessa angivelser är enbart ungefärliga, den exakta fördelningen ges av s.k. antenndiagram. En sektorantenn (som i figur 10) är vanlig i städer, och kan då t.ex. placeras på en husvägg eller ett tak (som i figur 9), medan man på landsbygden oftare använder en rundstrålande antenn, som då är placerad på en mast.



Figur 10. Överst anges exempel på huvudlobens riktning i horisontell (vänster) och vertikal riktning. Nederst anges en konsekvens av detta, att den maximala exponeringen i markytan inträffar på ett visst avstånd från antennen när strålgången (huvudloben) når marken, inte rakt under antennen.

Den uttalade riktverkan hos antennen styr hur exponeringen på marken varierar med avståndet. Exponeringen är normalt mycket låg rakt under antennen, men ökar på större avstånd i och med att man kommer in i olika sidolobar (och närmare huvudloben), samtidigt som den sjunker i styrka på grund av avståndet från källan. Den högsta exponeringen på marken kan uppträda kanske 50-300 m från antennen, för att sedan åter avta, se figur 11. (För en person som uppehåller sig i huvudloben, t.ex. servicepersonal på taket, blir dock exponeringen högre ju närmare antennen han/hon kommer.)

En mycket praktisk konsekvens av detta är att en antenn placerad på taket av ett hus troligen inte utgör den största källan till exponering inne i huset, större bidrag kommer ofta från andra sändare placerade på andra hus i närheten.



Figur 11. Styrkan av det elektriska fältet (och den instrålade effekten) kommer att variera med det horisontella avståndet från en mast med basstationsantenn. På grund av en kombination av huvudlobens vertikala riktning, olika sidolobar, reflektioner och avståndet uppträder den maximala exponeringen på marken på ett visst avstånd från masten.

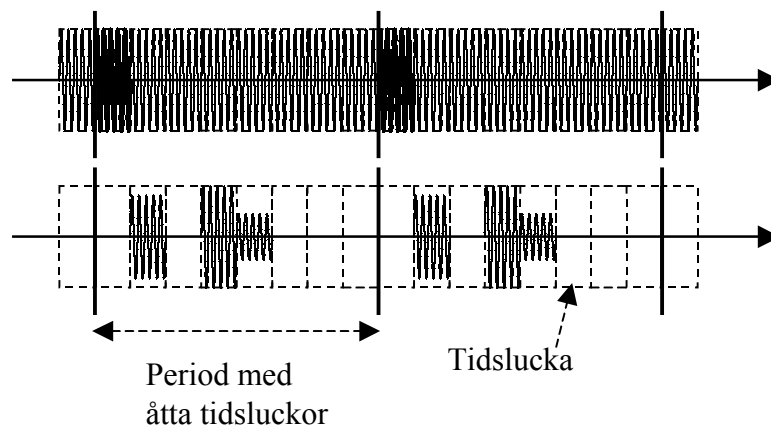
TIDSUTSEENDET PÅ SIGNALER FRÅN BASSTATIONER OCH MOBILTELEFONER

Eftersom basstationen ska kunna avlyssnas av alla aktiva telefoner samtidigt, blir signalbilden annorlunda i tiden än den från en mobiltelefon. Varje basstation har en frekvenskanal (kontrollkanal) som sänder hela tiden på konstant styrka, oavsett om någon telefon är uppkopplad eller ej – för att möjliggöra för telefonerna att ta kontakt. Denna signal är således ej pulsad på samma sätt som den från telefonerna. Andra frekvenskanaler (trafikkanaler) vid samma basstation är dock endast aktiva när samtal pågår, och för dessa används i vissa fall nedreglering och DTX. Dessutom kan – beroende på hur många samtal som är uppkopplade – vissa tidsluckor vara tysta.

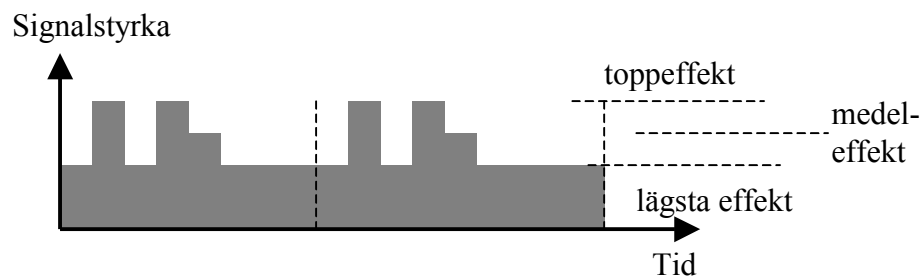
Utnyttjande av de olika frekvenskanalerna styrs av trafikvolymen. Ett exempel (Zetterblad, 2000): En typisk basstation för GSM med tre kanaler (på tre olika frekvenser med åtminstone 0,2 MHz frekvensskillnad) har plats för 22 samtidigt pågående samtal. Varje frekvenskanal har en medelsändareffekt av 10 W. Under maximal trafik (ofta mellan 2 och 3 på eftermiddagen) kan det genomsnittliga antalet samtidigt pågående samtal uppgå till t.ex. 11 st., och sändareffekten från basstationsantennen kan under denna timme uppgå till 19 W. Korta stunder (kanske 20-40 sekunder totalt under ett dygn) kan alla kanaler vara upptagna, och sändareffekten är då 30 W. Senare, t.ex. på natten, är trafik-

en liten, och sändareffekten går då ner till minimum, 10 W. (Om DTX och nedreglering förekommer, minskar alla värden, men dock ej under 10 W.)

Två frekvenskanaler från en basstation. Den översta, kontrollkanalen, är alltid aktiv, och sänder med konstant styrka i alla tidsluckor. Den andra, trafikkanalen, sänder enbart vid behov.



Total signalstyrka i detta exempel:



Figur 12. Signaltrafik från en basstation för mobiltelefoni med två frekvenskanaler. Varje period om åtta tidsluckor varar 4,6 millisekunder. Nederst visas den sammanlagda signalstyrkan från detta exempel med en kontrollkanal och en trafiksignal.

Resultat - sammanlagd exponering från olika källor till RF

I detta avsnitt redovisas uppgifter på den totala exponeringen för radiofrekventa fält, oavsett om de olika källorna till dessa har med mobiltelefoni att göra eller ej. I resultaten ingår dock inte exponering från en persons egna användning av mobiltelefon, detta redovisas separat nedan, men däremot ingår andra människors eventuella användning av mobiltelefon i närheten till mätplatsen.

MÄTPROCEDURER

För här aktuella källor till radiofrekventa fält som befinner sig på några meters avstånd eller längre kan exponeringen uttryckas i W/m^2 (se ovan sid. 6-7). (Här används oftast 1/1000 av detta mått, d.v.s. mW/m^2 .) Vid mätningarna registrerades exponering vid alla frekvenser mellan 30 och 2 000 MHz. Mätningarna gjordes frekvensspecifikt med varierande bandbredd för att kunna identifiera olika källor.

En viktig aspekt är var mätningen skall utföras. I de 31 mätningar som redovisas här, valdes mätplatserna enligt följande: ett storstadsområde (Göteborg) utomhus, en mindre stad (Kungälv) utomhus, samt landsbygd (olika platser i södra, västra och mellan-Sverige). Dessutom valdes tre platser nära radio/TV-master. Dessa mätningar utfördes i markplan, t.ex. på trottoarer. Inomhusmätningar gjordes i Göteborg och Karlskrona. Mätningarna gjordes 1999-2000. Inom varje typ av område valdes mätplatserna slumpmässigt utan hänsyn till avstånd till olika basstationer – detta för att erhålla en rimligt representativ beskrivning av allmänhetens exponering. På grund av tätheten av basstationer i framförallt storstad, kan man dock anta att avståndet till närmaste basstation där sällan är mer än omkring 500 m, medan det är rimligt att anta att avståndet var längre på t.ex. landsbygden.

Den närmare tekniken för dessa mätningar, felkällor mm redovisas i Uddmar (1999) och Hamnerius och Uddmar (2000).

RESULTAT AV MÄTNINGAR

Resultaten redovisas i tabell 2. I tabellen anges dels medianvärdet för den totala exponeringen i frekvensområdet 30 – 2000 MHz, dels variationsbredden för de olika mätningarna. (Medianen är det ”mellersta” värdet; hälften av mätningarna har lägre och hälften av mätningarna har högre värden, medan variationsbredden redovisar det lägsta och det högsta uppmätta värdet.) På grund av det begränsade antalet mätningar har inte aritmetiska medelvärden beräknats, eftersom dessa är mycket känsligt för enstaka, avvikande mätningar, speciellt när det totala antalet mätningar är litet, medan medianvärdet är mindre känsligt för detta. Inte heller har något genomsnitt över alla mätningar från olika typer av platser beräknats, eftersom variationen mellan dem är för stor – det framstår som bättre att beskriva denna variation än att summera över den.

Tabellen visar på mycket stora skillnader mellan storstad, mindre stad och landsbygd, på i stort sett en storleksordning mellan varje typ av plats. Närhet till en kraftigare RF-källa som radio/TV-master ovan kan dock klart förändra detta mönster.

Tabell 2. Resultat av mätningar av exponering för radiofrekventa fält (30 – 2000 MHz) på olika platser.

Område	Antal mätningar	Uppmätta värden i mW/m ²	
		Variationsbredd	Median
Mätningar utomhus			
Storstad, utomhus	n=8	0,008 - 3,0	0,5
Mindre stad, utomhus	n=3	0,02 - 0,05	0,03
Landsbygd, utomhus	n=10	0,00007 - 0,04	0,002
Nära radio/TV-master ¹⁾	n=3	0,4 - 2,3	1,1
Mätningar inomhus			
Bostäder, inomhus ²⁾	n=4	0,0003 - 0,01	0,005
Kontor mm, inomhus ³⁾	n=3	0,02- 1,5	0,3

¹⁾ Avstånd på ca 200-300 m. En mätning vardera i storstad, mindre stad och landsbygd.

²⁾ Alla värden uppmätta i storstad.

³⁾ Två mätningar i storstad, det lägsta uppmättes i en mindre stad.

Man kan också utläsa betydande skillnader mellan mätningar utomhus och inomhus i storstad. I en lokalitet mättes exponeringen både utomhus (0,07 mW/m²) och inomhus (0,008 mW/m²). Skillnaden beror huvudsakligen på dämpning i materialet i väggarna. Andra faktorer som närhet till fönster eller inomhus placerade basstationer kan dock påverka detta, exempel på detta noterades också vid mätningarna.

BERÄKNING AV EXPONERING

Baserat på den utstrålade effekten i W kan man också beräkna styrkan på exponeringen på olika avstånd från sändaren genom olika antaganden. I två mindre orter (landsbygd) i Mellansverige beräknades exponeringen genom att uppgifter inhämtades om alla sändare inom en radie av 5 km från respektive ort. Sändare med en frekvens över 1000 MHz eller sändare med en uteffekt mindre än 5 W eller som inte riktades mot de aktuella områden togs dock ej med. De sändare som fanns i dessa områden var befintliga mobiltelefonibasstationer (GSM 900) samt sändare för kommunikationsradio; i allt 5 sändare med totalt 6 antenner i ort 1 och 11 sändare med 15 antenner i ort 2. Radio/TV-sändare fanns på större avstånd (tre sändare mellan 25 och 68 km från ort 1 och en på 14 km avstånd från ort 2), dessas bidrag ingick också i beräkningarna. Dessutom erhöles uppgifter om planerade basstationer för mobiltelefoni i områdena – ett syfte med beräkningen var att bedöma hur mycket dessa skulle påverka den totala exponeringen. Exponeringen beräknades för tre platser (utomhus) för vardera orten. (Vissa andra komplikationer som uppstår vid dämpning och reflexer mot t. ex. växtlighet och huskroppar har dock inte tagits med.) Se Anger (2000) för närmare detaljer.

Den totala exponeringen (inklusive de planerade basstationerna) varierade mellan 0,05 och 0,18 mW/m² i ort 1, och var 1,2 mW/m² i ort 2 (det var ingen större variation mellan platserna i ort 2).

Några (n=5) av de mätningar som redovisas i tabell 1 gjordes på samma orter för vilka beräkningarna utfördes (Uddmar och Hamnerius, 2000). Resultaten visar genomgående på att mätningarna uppvisade lägre värden än beräkningarna; i de olika lokaliteterna gav mätningarna resultat som varierade mellan 0,3 % och 26 % av de beräknade resultaten. Liknande resultat har även redovisats från Österrike (Neubauer, 2000). En huvudorsak till denna överskattning i de beräknade värdena är sannolikt den dämpande inverkan av

träd, hus och topografien, en annan kan vara att vissa sändare eller frekvenskanaler inte var aktiva vid mätning.

UTVÄRDERING AV DEN TOTALA EXPONERINGEN

Den totala exponeringen från olika källor för radiofrekventa fält i frekvensområdet 30 – 2 000 MHz anges i tabell 3, uttryckt som hur stor del av den maximalt rekommenderade referensnivån (enligt ICNIRP) som exponeringen motsvarar. Det högsta värdet som uppmättes i de här beskrivna mätningarna har använts. I beräkningen har exponering från olika källor med olika frekvenser summerats i enlighet med ICNIRP's anvisningar (se bilaga 1).

Tabell 3. Högsta uppmätta värde i andel av ICNIRP's rekommendationer

Situation	Utomhus		Inomhus	
	Allmänt	Nära radio/TV-sändare	Bostäder	Kontor mm
Storstad	0,07 %	0,07 %	0,0004 %	0,04 %
Mindre stad	0,001 %	0,02 %	inga data	0,0006 %
Landsbygd	0,0009 %	0,04 %	inga data	inga data

För varje situation anges hur många % av rekommendationen som exponeringen motsvarar. Med nära radio/TV-sändare avses ett avstånd på omkring 200-300 m.

För storstad/utomhus betyder detta att de högst uppmätta totala exponeringarna uppgick till omkring 7/10000-delar av rekommendationen. Andra lokaliteter som testades uppvisade lägre nivåer. En försiktig slutsats blir att exponering i Sverige för radiofrekventa fält från basstationer för mobiltelefoni, från radio- och TV-sändare samt andra liknande sändare på platser där allmänheten normalt befinner sig kanske uppgår till omkring en tusendel (0,1%) eller mindre av ICNIRP:s rekommendationer. Sådana situationer har i denna rapport främst noterats i storstad, samt på visst avstånd från större radio- och TV-sändare. I mindre samhällen och på landsbygden är exponeringen normalt mycket lägre – utom i närhet till starka sändare av typ radio/TV-sändare. I dessa värden ingår i vissa fall exponering för andra individers användning av mobiltelefoner i närheten, men ej egen användning av mobiltelefon. Enligt vår uppfattning ger således dessa värden en beskrivning av den allmänna exponeringen över vilken individen till största del saknar egen kontroll.

En komplikation är givetvis det begränsade antalet mätdata i denna rapport. Enligt vår bedömning är dock denna osäkerhet relativt begränsad, och påverkar inte de kvalitativa slutsatserna, även om ökat antal mätningar sannolikt skulle ge förändringar i de siffervärden som här presenterats.

JÄMFÖRELSE MELLAN MÄTNINGAR I SVERIGE OCH ANDRA LÄNDER

I en äldre mätserie från USA uppmättes ett medianvärde på 0,05 mW/m² från större städer (Tell och Mantiply, 1980). Från 73 mätningar utomhus i Storbritannien (Mann m.fl. 2000) erhöles ett geometriskt medelvärde av 0,2 mW/m², och med 90% av mätningarna mellan 0,005 och 1,7 mW/m². Någon uppdelning i olika områden motsvarande de svenska mätningarna gjordes ej, kontakt med de som utförde de brittiska mätningarna bekräftade dock att de till största delen gjorts i stadsmiljö. Inom ramen för ett europeiskt COST-samarbete (Cooperation in the Field of Science and Technology, Action 244bis, Biomedical Effects of Electromagnetic Fields) avslutas f.n. (våren 2001) en sammanställning av liknande data från flera olika länder (Belgien, Frankrike, Sverige, Tyskland,

Ungern och Österrike). Den preliminära bedömningen är att resultaten av alla dessa mätningar visar på liknande låga nivåer, men att noggrannare jämförelser ofta är svåra att göra på grund av skillnader i val av mätplats och av variationer i den använda mättekniken mm.

Resultat - exponering från basstationsantennerna och andra specifika källor

Ur mätningarna och beräkningarna ovan redovisas här hur stor andel av denna totala exponering som härrör från basstationsantennerna. Dessutom redovisas även mätningar från basstationer för s.k. trådlösa telefoner (DECT) inomhus.

ANDEL AV DEN TOTALA EXPONERINGEN FRÅN BASSTATIONSANTENNER

I storstad svarade GSM 900 basstationer för 61% av de uppmätta exponeringarna, medan andelen sjönk något i mindre städer och på landsbygden. TV-sändningarna resulterade i en mindre andel av exponeringen i storstad (13%), men dominerade på landsbygden (48% av exponeringen). Ett visst bidrag från FM-radiosändare och basstationer för GSM 1800 noterades också (9-13% i vissa områden), medan bidragen från andra basstationer (NMT 450 och NMT 900) och andra kommersiella radiosändare var mycket begränsade. Situationen varierade dock ganska starkt mellan olika platser även inom t.ex. storstad/ utomhus, beroende t.ex. på närhet till andra källor – främst radio/TV-sändare. I ett fall (kontor i mindre stad) var den dominerande källan till exponering signalerna från en GSM 900 mobiltelefon (se vidare nedan).

Basstationsantennerna för GSM 900 dominerade kraftigt i jämförelse med de från basstationsantennerna för andra mobiltelefonsystem. I samtliga mätpunkter utom en (på landsbygd, med mycket låga nivåer) gav GSM 900 basstationsantennerna den kraftigaste signalen, i genomsnitt bidrog basstationsantennerna för GSM 900 till 96 % av exponeringen från alla basstationsantennerna.

Liknande varierande resultat erhöles från beräkningar. I de två landsbygdsorterna (se ovan) utgjorde basstationsantennerna för mobiltelefoni (inklusive de planerade) en relativt stark källa i den ena orten, men en relativt sett obetydlig källa i den andra orten på grund av att en radio/TV-sändare fanns på kortare avstånd där. De beräknade värdena visar även på svårigheterna med att utvärdera exponeringsbidrag i relativa termer. Den planerade basstationsantennen beräknades öka exponeringen med 17 % i ort 1, men endast med 2 % i ort 2, trots att det beräknade bidraget från dessa planerade basstationsantennerna var något större i absoluta tal i ort 2 (ca 0,03 mW/m²) jämfört med ort 1 (ca 0,02 mW/m²). Orsaken är uppenbart den stora variationen vad gäller exponeringen från radio/TV-utsändningar mellan dessa orter.

En försiktig slutsats är att basstationsantennerna för mobiltelefoni ger en relativt stor andel till den allmänna, genomsnittliga exponeringen för radiofrekventa fält, men att omfattningen av detta bidrag kan variera starkt från plats till plats, och att platser med en basstation i närheten inte alltid behöver innebära en högre exponering än en plats utan en basstation i närheten. Liknande slutsatser drogs i den brittiska undersökningen (Mann m.fl. 2000).

MÄTNING PÅ BASSTATIONSANTENNER FÖR TRÅDLÖSA TELEFONER INOMHUS

Mätningar på tre kontor utfördes, två med DECT-telefoner och en med CT1-telefoner (Uddmar, 1999). Exponeringen från basstationerna (som normalt satt på väggar, ca 2-

2,5 m över golvet) varierade mellan under 0,0001 och 0,4 mW/m² för CT1-kontoret och mellan 0,003 och 0,15 mW/m² för de två DECT-kontoren. (De högsta värdena uppmättes nära basstationerna, för DECT-stationerna angavs detta avstånd till 1,6 m.)

För dessa små antenner kan man även på relativt korta avstånd utgå från att exponeringen varierar med kvadraten på avståndet, vilket gör att det högsta uppmätta värdet för DECT-station (0,15 mW/m² på 1,6 m avstånd) skulle motsvara 1,5 mW/m² på en halvmeters avstånd. På kortare avstånd (någon/några decimeter) blir denna beräkning dock kraftigt missvisande (se diskussion om närfält och fjärrfält på sid. 6-7). En möjlighet till grov uppskattning är att utgå från medeluteffekten från en DECT basstation och den från en mobiltelefon - dessa är i vissa situationer relativt lika. Exponeringen från DECT-stationen kan då antas bli betydligt lägre än den som uppkommer vid användning av telefonen, eftersom basstationen rimligen alltid befinner sig på längre avstånd än vad telefonen gör (under användning).

UTVÄRDERING – JÄMFÖRELSE MED ICNIRP:S REKOMMENDATIONER

En beskrivning av den delexponering som härrör från olika specifika källor i dessa situationer ges nedan, uttryckt som andel av ICNIRP's rekommendationer:

Exponering för radio-TV/sändningar uppgick som högst (i denna undersökning) till 0,07 % av ICNIRP:s rekommendation. Den dominerande källan på denna plats (nära radio-TV-sändare i storstad) var TV-sändningar vid 671 MHz (89%), följt av radiosändningar (11%).

Exponering från basstationsantenn för mobiltelefoni uppgick som högst till 0,06 % av ICNIRP:s rekommendation. GSM 900 var här (liksom på de flesta platser) helt dominerande.

Exponering för DECT basstation uppgick som högst (på 1,6 m avstånd) till 0,002% av ICNIRP's rekommendation, medan exponering för en analog basstation (CT1) som högst uppgick till ca 0,01%.

Dessa exponeringar motsvarar källor som är aktiverade under åtminstone stora delar av dygnet.

Resultat - exponering från andras användning av mobiltelefoner

I detta avsnitt redovisas resultatet av mätningar på olika mobiltelefoner, uppmätta på olika avstånd, se tabell 4. Dessa mätningar har gjorts med respektive telefon på maximal nivå, d.v.s. utan någon nedreglering eller DTX.

Tabell 4. Nivå på radiofrekventa fält på olika avstånd från mobila telefoner vid maximal sändningsstyrka (data från Uddmar, 1999)

Typ av telefon	Utgående medeleffekt, W	Frekvens, MHz	1 m avstånd, mW/m ² ¹⁾	10 m avstånd, mW/m ² ¹⁾	Avstånd <0,5 mW/m ² ²⁾
NMT 450	7	453	198	3	ca 25 m
NMT 900 ³⁾	1	(890)	26	0,3	ca 7 m
GSM 900	0,25	907	8	0,1	ca 3 m
GSM 1800	0,125	1737	3	0,02	ca 2 m
CT1	0,01	915	0,38	0,009	under 1 m
DECT	0,01	1897	0,26	0,006	under 1 m

¹⁾ Angivna värden är medelvärden.

²⁾ Avstånd vid vilket bidraget från telefonen sjunkit till under 0,5 mW/m² (det uppmätta medianvärdet i storstad, utomhus, se tabell 2).

³⁾ Någon NMT 900-telefon fanns inte tillgänglig. Värdena beräknade från GSM 900-data.

Tabellen bortser från eventuell nedreglering och DTX. De normala värdena är således lägre och avstånden kortare för GSM 900 och GSM 1800 och med en möjligen lägre/kortare nivå även för NMT 900.

En jämförelse mellan värdena i tabell 1 och 4 tyder på att andras användning av mobiltelefoner kan vara en i vissa fall märkbar källa för exponering i storstad och kanske i högre grad även i småstäder och på landsbygden. På sju av de platser som redovisas i tabell 1 fann man ett bidrag från andras användning av GSM mobiltelefoner som var den största källan inom kategorin "andra källor". Det genomsnittliga bidraget i alla dessa 7 mätpunkter från den noterade GSM-kanalen var mellan 0,005 och 0,010 mW/m². Detta skulle t. ex. kunna motsvaras av en GSM 900-telefon på drygt 10 meters avstånd som är nedreglerad 65% (se nedan) och använder DTX.

JÄMFÖRELSE MED ICNIRP:S REKOMMENDATIONER

Dessa data kan jämföras med ICNIRP:s rekommendationer. Exponering för en aktiv mobiltelefon av typ NMT 450 (bilburen) på 1 m avstånd uppgick som högst till ca 9 % av ICNIRP's rekommendation (referensnivå). För andra mobiltelefoner var exponeringen lägre; NMT 900: 0,6 %, GSM 900: 0,2 %, GSM 1800 0,03 %, CT1 (analog trådlös telefon): 0,0008 % och DECT (digital trådlös telefon): 0,003 %. Ingen hänsyn har i dessa beräkningar tagits till eventuell nedreglering eller DTX (de redovisade värden återspeglar situationen vid maximal uteffekt).

Exponering från egen användning av mobiltelefon

I detta avsnitt redovisas exponering från olika källor till radiofrekventa fält som kan förekomma i vår omedelbara närhet, som (främst) mobiltelefon vid användning (mot örat).

MÄTPROCEDUR

Exponering från handhållna mobiltelefoner (som hålls nära huvudet), eller andra källor på mycket nära avstånd (kortare än 5-10 cm), beskrivs i enlighet med diskussionen ovan (sid. 6-7) bäst genom angivelse av den s.k. specifika absorptionsraten (SAR), som anger hur stor effekt i W per kg kroppsvikt som deponeras i kroppen från telefonen. Eftersom telefonen ger upphov till en mycket lokaliserad exponering, så vill man också beskriva exponeringen i olika delar av kroppen; vanligtvis försöker man beskriva situationen som om kroppen vore uppdelad i delar med vardera 10 g massa. Mätningarna avser då att säkerställa att ett visst värde (t. ex. 2 W/kg, se bilaga) inte överskrids i någon sådan del på 10 g av t. ex. huvudet.

Den metod som visat bäst noggrannhet, känslighet och reproducerbarhet är den s.k. E-fältsprobtekniken. Vid denna exponerar man en modell av ett mänskligt huvud för det radiofrekventa fältet från källan (t. ex. telefonen), och det interna elektriska fältet (som kan avvika kraftigt från fältet utanför huvudet/modellen) mäts med en liten prob. SAR-värdena beräknas från värdena på detta interna elektriska fält, och man kan automatiskt mäta igenom hela huvudmodellen i små steg för att hitta det högsta SAR-värdet.

Vid dessa mätningar försöker man finna det maximala SAR-värdet, d.v.s. när telefonen sänder på maximal styrka. Man bortser således från DTX och nedreglering (se sid. 16-17). Placering av telefonen, vinkling, vilken hand man håller den i mm. påverkar exponeringen. Även på dessa sätt (var telefonen placeras mm) bör situationen "maximeras" så att ett maximalt värde som kan uppkomma i realistiska situationer uppmäts, inklusive hänsyn till anatomiska skillnader som t.ex. olika huvudstorlekar (barn). Internationella standardorganisationer (i Europa främst CENELEC, Europeiska Standardiseringskommittén för Elektroteknik) har tagit fram förslag till mät- och produktstandard för dessa mätningar (CENELEC 2000a, b).

UPPMÄTTA VÄRDEN FRÅN OLIKA KÄLLOR

I tabell 5 anges de maximala exponeringsnivåer som uppmäts för några vanliga källor till radiofrekventa fält som nu används inom mobil kommunikation i Sverige. Variationen för respektive källa beror både på skillnader i design och osäkerhet i mätproceduren. För mobiltelefon och för trådlös telefon motsvarar testsituationen att en person håller telefonen mot örat, medan värdena för andra applikationer motsvarar ett avstånd på 5 cm, vilket har antagits vara det närmaste realistiska avståndet. För vissa av dessa källor, t. ex. GSM mobiltelefoner, kan värdena i många praktiska situationer bli mycket lägre på grund av olika faktorer som DTX och nedreglering (se vidare nedan). Mätproceduren är framtagen för att motsvara maximala exponeringsförhållanden.

Tabell 5. Maximal exponering uttryckt som SAR-värden över 10 g för olika mobila kommunikationsapparater i Sverige (data från Törnevik 2000).

Typ	System	Frekvensband (MHz)	Maximal medel-ut-effekt (W)	Maximal exponering 10 g SAR (W/kg)
Mobiltelefon	NMT 450	450	1,5 ¹⁾	1 – 2
	NMT 900 ²⁾	900	1 ²⁾	1 – 2
	GSM 900	900	0,25	0,2 – 2
	GSM 1800	1800	0,125	0,2 – 2
	UMTS	2000	0,125 - 0,25 ³⁾	0,2 – 2
Trådlös telefon	CT1	900	0,01	0,01 – 0,1
	CT2	900	0,005	0,005-0,05
	DECT	1900	0,01	0,02 – 0,2
	<i>Bluetooth</i>	<i>2450</i>	<i>0,03</i>	<i>0,05 – 0,5</i>
PC datamodem	GSM	900	0,25	0,02-0,2
	<i>GSM/HSCSD</i>	<i>900/1800</i>	<i>1/0,5</i>	<i>0,1 – 1</i>
Multimediaterminal, PC-kort	<i>GPRS, EDGE</i>	<i>900/1800</i>	<i>1/0,5</i>	<i>0,1 - 1</i>
	<i>UMTS</i>	<i>2000</i>	<i>0,25</i>	<i>0,05 – 0,5</i>
Wireless LAN	WLAN	2450	0,1	0,01-0,1
	<i>Hiperlan</i>	<i>5000</i>	<i>0,2</i>	<i>0,1 - 1</i>
Överföring på korta avstånd	<i>Bluetooth</i>	<i>2450</i>	<i>0,001</i>	<i>0,001 – 0,01</i>

Kursiverade system beräknas komma på marknaden 2001-2003, angivna värden utgör där bedömningar.

¹⁾ Tidigare har även 15 W förekommit (bilburna system).

²⁾ Systemet upphörde 31/12 2000. Tidigare har även bilburna system med 6 W förekommit.

³⁾ Andra uteffekter kan förekomma (0,5 och 2 W). 0,25 W antas bli vanligast.

Som framgår av tabell 5 uppkommer de högsta maximala exponeringarna för mobiltelefonerna. Uppmätta värden för NMT-telefoner tycks i flera fall vara högre än för GSM-telefoner. Trådlösa telefoner uppvisar en väsentligt lägre maximal exponering uttryckt i SAR-värden.

EFFEKT AV NEDREGLERING

Telia utförde på önskemål från RALF en mätning över användandet av nedregleringsfunktionen (Zetterblad, 2000). Detta genomfördes på samtliga GSM-samtal över Telia-nätet i större delen av Stockholmsområdet den 9 december 1999. Statistiken visade att:

Under 20 % av tiden sände telefonerna på 900 MHz-bandet på full styrka, huvudsakligen på grund av att telefonerna använder denna nivå när samtal upprättades. Denna nivå motsvarar 2 W under pulsen. Motsvarande gäller för telefonerna som utnyttjade 1800 MHz-bandet – men då med 1 W under pulsen.

Under resterande tid sände telefonerna med reducerad styrka på grund av nedreglering. Lägsta utnyttjade nivå var 0,001 W under pulsen, detta förekom i 5% av alla markeringar.

Det aritmetiska medelvärdet för alla markeringar denna dag i Stockholm var 0,6 W i pulsen.

Ovan har effektnivån under pulsen angetts. Eftersom GSM-signalen bara sänder i pulser under 1/8 av tiden ska alla siffror divideras med 8 för att erhålla den genomsnittliga

effekten – se tabell 6. Dessutom tillkommer inverkan av DTX, vilken i genomsnitt minskar effekten till ungefär hälften av detta (om användaren lyssnar lika mycket som han/hon pratar).

Mätningar utfördes också på en inomhus placerad GSM 1800-cell (Zetterblad, 2000). Signalerna varierade här under pulsen mellan 0,001 och 1 W, med ett aritmetiskt medelvärde på 0,07 W, d.v.s. betydligt lägre medelvärden än för de allmänna Stockholmsmätningarna, sannolikt i första hand på grund av det mindre avståndet mellan mobiltelefon och basstation, vilket leder till en kraftigare nedreglering (se tabell 6).

Tabell 6. Reella effektnivåer (medeleffekter under samtal) för GSM-telefoner med hänsyn till nedreglering i Stockholm samt i en GSM-cell inomhus (data från Zetterblad, 2000).

	Lägsta effektnivå		Aritmetiskt medelvärde	Högsta effektnivå	
	Nivå	Andel av tid		Nivå	Andel av tid
Stockholm	0,0001 W	5%	0,08 W	0,25 W	20 %
GSM-cell inomhus	0,0001 W	29 %	0,009 W	0,125 W	5 %

Se texten för närmare beskrivning av mätningarna och val av medelvärden. Hänsyn har ej tagits till DTX, som normalt bör sänka medelvärdena till ca hälften.

UTVÄRDERING AV DESSA DATA

Vid egen användning av mobiltelefon kan exponeringen – uttryckt i SAR-värden (W/kg) – i värsta fall uppgå till 100 % av ICNIRP:s grundrestriktion, medan den vid användning av trådlös telefon i värsta fall kan uppgå till mellan 2,5 och 25 % av denna grundrestriktion (beroende på system). Vid användning av vissa andra nya system för datakommunikation som t.ex. vissa PC datamodem, PC-kort och Wireless LAN kan exponering vid 5 cm avstånd som maximalt uppgå till 50% av ICNIRP:s basrestriktion (1 W/kg, se tabell 5).

I samtliga dessa situationer är exponeringen således lägre än de rekommendationer som angetts av ICNIRP. Detta utgör situationer där den enskilda individen ofta har en betydande kontroll över exponeringen, och där det förekommer ofta en mer intermittert eller sporadisk utsändning (värdena anger här högsta exponeringen vid aktivering, d.v.s. vid samtal/sändning). Ingen hänsyn tas till eventuell nedreglering eller DTX ("värsta situation"). Statistik från nedreglering i Stockholm och användande av DTX indikerar att en GSM 900-telefon med högsta maximala SAR-värde (2 W/kg) i genomsnitt ger upphov till en exponering som är kanske 20 % av detta värde. Inte heller har hänsyn tagits till att samtal kan pågå kortare tid än 6 minuter, vilket i så fall skulle innebära en ytterligare reducering av SAR-värdena, som ju vid bedömning enligt ICNIRP:s rekommendationer skall utgöra medelvärden under en 6-minuters period.

Sammanfattning och slutsatser

Denna rapport ingår i den utvärdering av hälsorisker med elektromagnetiska fält som regeringen ålagt Rådet för arbetslivsforskning (RALF). I rapporten ges en översikt över allmänhetens exponering för radiofrekventa fält, med tonvikt på den exponering som härrör från mobiltelefonisystem. Redovisningen omfattar radiofrekventa fält med frekvenser mellan 30 MHz och 2000 GHz, eftersom dessa frekvenser till stor del används för radio- och telekommunikation, och därigenom ger upphov till en spridd exponering för allmänheten. Källorna utgörs bl.a. av radio- och TV-utsändningar, olika system för mobiltelefoni och andra system förknippade med informationsteknologi (IT), kommunikationsradio och amatörradio samt system för radionavigering och satellitkommunikation.

En cell i ett mobiltelefonsystem består av en basstation, med vilken mobiltelefonerna i cellen har kontakt. Storleken på cellen kan variera från några tiotals meter till flera km. Flera system finns som använder olika kombinationer av frekvens- och tidsuppdelning eller koder för att särskilja samtal. Det idag vanligaste systemet är GSM, där signalerna är pulsade i olika tidsluckor för att öka kapaciteten. GSM förekommer i två olika frekvensband, dels kring 900 MHz och dels kring 1800 MHz. Signalstyrkan från en GSM-telefon regleras ned vid god kontakt mellan telefon och basstation, och signalaktiviteten sänks även när personen som håller telefonen lyssnar (DTX).

Exponeringen från en basstation uppkommer p.g.a. strålningen från antennen. Denna har normalt en stark riktverkan, både horisontellt och vertikalt. Detta gör att exponeringen under och bakom en riktad antenn är mycket låg jämfört med rakt framifrån. På marken uppkommer den högsta nivån kanske på något hundratal meter från antennen. Från en basstationsantenn för mobiltelefoni kan signaler sändas i flera frekvenskanaler, antalet styrs av vilken trafik som pågår. En kanal sänder dock alltid, varför signalen från basstationen inte är pulsad på samma sätt som den från mobiltelefonen.

Mätningar av den totala exponeringen för radiofrekventa fält mellan 30 och 2000 MHz genomfördes på 31 platser i Sverige; storstad, mindre stad och landsbygd utomhus, vissa mätningar gjordes även inomhus. Exponeringsnivåerna varierade starkt mellan dessa olika platser, med högsta värden i storstad utomhus och i närheten av radio/TV-master. De lägsta värdena uppmättes på landsbygd (om ingen radio/TV-mast fanns i närheten) och inomhus. Mätningar resulterade genomgående i lägre nivåer än beräkningar, främst därför att byggnader, träd och geografin dämpar signalerna (beräkningarna tog ingen hänsyn till detta). Som mest uppgick de uppmätta värdena till 3 mW/m^2 , d.v.s. under en tusendel av de rekommendationer som utarbetats av ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) och som antagits av EU. I dessa mätningar svarade bidrag från basstationer för GSM 900 för en betydande del av exponeringen, liksom TV-sändningar. Dessa bidrag varierade dock starkt från plats till plats, varför platser i närheten av en basstation inte alltid innebär en högre exponering än platser längre från en basstation. Exponering från basstationer för trådlös telefoni (DECT) var betydligt lägre, och uppgick som mest till mindre än en tiotusendel av ICNIRP:s rekommendation på 1,6 m avstånd. (På en halvmeters avstånd skulle de uppmätta värdena för DECT-stationer kunna motsvara som högst 2 tiotusendelar av ICNIRP:s rekommendation). I vissa mätsituationer kunde mindre bidrag från andra människors användande

av mobiltelefoner i närheten påvisas. Mätningar på enskilda telefoner gjordes också, och visade att en GSM-telefon vid maximal effekt på ett par meters håll kunde ge upphov till en exponering av samma storleksordning som den uppmätta medianexponering i storstad. En jämförelse visade att en GSM 900-telefon på 1 m avstånd som mest åstadkom en exponering på 1/500-del av ICNIRP:s rekommendationer.

Uppmätning av exponering vid egen användning av mobiltelefon och andra källor på mycket korta avstånd (mindre än 5-10 cm) sker genom laboriemätningar av den effekt som deponeras i en modell av huvudet, detta redovisas som s.k. SAR-värden i W/kg kroppsvikt. De högsta värdena har uppmätts för vissa mobiltelefonmodeller, exponeringar strax under ICNIRP:s rekommendationer (2 W/kg) har konstaterats. Trådlösa telefoner och annan mobil kommunikationsutrustning som PC modem eller Bluetooth ger lägre värden. Den nedregleringsfunktion som finns i moderna mobiltelefon-system resulterar dock i många situationer i en väsentlig sänkning av den faktiska exponeringen. Statistik från Stockholmsområdet indikerar att detta kan avsevärt reducera exponeringen, i genomsnitt till kanske en femtedel. Till viss del sker dock sändning från telefonen även i en storstad med full styrka.

Sammanfattningsvis kan konstateras, att exponeringen vid egen användning av mobiltelefoner i vissa situationer kan uppgå till värden som ligger i närheten av de rekommendationer som utarbetats av ICNIRP, även om den reella exponeringen ofta är betydligt lägre. Exponering från andras användning av mobiltelefoner eller från basstationer uppgår å andra sidan endast till en bråkdel av motsvarande rekommendationer. Denna senare exponering är av samma storleksordning som den som härrör från andra källor för radiofrekventa fält, framförallt radio- och TV-sändningar.

Referenslista

Detaljerade delrapporter som tagits fram inom ramen för detta arbete, och som denna sammanställning bygger på:

Anger, G. (2000). Allmänhetens exponering för radiofrekventa elektromagnetiska fält från olika sändare. Beräkningar för två mindre samhällen. Statens strålskyddsinstitut, Stockholm.

Törnevik, C. (2000). Radiofrequency exposure from mobile communication devices. Rapport T/F-00:033 (2000-11-07). Ericsson Research, Telefonaktiebolaget LM Ericsson, Stockholm.

Uddmar, Th. (1999). RF Exposure from Wireless Communication. Institutionen för Elektromagnetik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.

Uddmar, Th. och Hamnerius, Y. (2000). Measurements of radio frequency exposure in two Swedish villages. Institutionen för Elektromagnetik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.

Zetterblad, J.M. (2000). Description of output power values for terminals and basestations in the networks of Telia Mobile AB in Sweden. TMUKR-2000:052, Telia Mobile AB, Stockholm.

Andra rapporter som använts för denna sammanställning:

Bergqvist, U., Hillert, L. och Birke, E. (2000). Elöverkänslighet och hälsorisker av elektriska och magnetiska fält. Forskningsöversikt och utvärdering. Rådet för arbetslivsforskning, Stockholm. (Rapporten kan beställas från Hellmans förslag, Box 316, 641 23 Katrineholm, tel: 0150-788 80, fax: 0150-788 88.)

CENELEC (2000a). Basic Standard for the measurement of Specific Absorption Rate related to human exposure to electromagnetic fields from mobile phones (300 MHz – 300 GHz). prEN 50361, Final Draft European Standard, European Committee for Electrotechnical Standardization (juni 2000).

CENELEC (2000b). Product Standard to demonstrate the compliance of mobile telephones with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (300 MHz – 300 GHz). prEN 50360, Final Draft European Standard, European Committee for Electrotechnical Standardization (juni 2000).

ICNIRP (1998). Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz). Health Physics; 74 (4): 494-521.

Mann, S.M., Cooper, T.G., Allen, S.G., Blackwell, R.P. och Lowe, A.J. (2000).

Exposure to Radio Waves near Mobile Phone Base Stations. NRPB-R321, National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon OX11 0RQ, Storbritannien.

Neubauer, G. (2000). Exposure next to base stations in Austria. Abstract Book, BEMS 22nd Annual Meeting, München.

Pedersen, G.F. och Andersen, J.B. (1999). RF and ELF Exposure from Cellular Phone Handsets: TDMA and CDMA Systems. Radiation Protection Dosimetry 83; 1-2: 131-138.

Tell, R.A. och Mantiply, E.D. (1980). Population exposure to VHF and UHF broadcast radiation in the United States. Proc. IEEE, 68: 6-12.

Bilaga 1 – International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection

ICNIRP SOM ORGANISATION

ICNIRP (International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection) är en oberoende organisation som utnyttjas av bland annat WHO och EU för att utvärdera den vetenskapliga kunskapen om hälsoeffekter av icke-joniserande strålning (UV, synligt ljus, IR, laser, elektromagnetiska fält/EMF och ultraljud), samt – baserat på denna kunskap – ge förslag till riktlinjer för begränsning av exponering. ICNIRP är formellt en stiftelse (placerad i Tyskland) bestående av 14 medlemmar som väljs utifrån sina vetenskapliga kvalifikationer (det är således inte fråga om något nationellt representantskap). ICNIRP accepterar ej som medlem individer som är anställda inom industrin.

ICNIRP:s rekommendationer utgör inte gränsvärden i sig, det finns andra avväganden som också behövs för detta. Inom Europa arbetar (bl.a.) CENELEC med att ta fram riktlinjer för hur mätstrategier och mätprocedurer ska utformas för att man i en konkret situation ska kunna utvärdera huruvida dessa riktlinjer uppfylls eller ej. När det gäller sociala, ekonomiska och politiska avväganden bör detta utföras av nationella myndigheter. I sammanhanget är det viktigt att påpeka att de förslag som utarbetas av ICNIRP baseras på den vetenskapliga kunskap som föreligger i nuläget – en kontinuerlig uppdatering av kunskapsbasen pågår, vilket kan leda till förändringar.

De riktlinjer för allmänhetens exponering som presenteras nedan har antagits av EU, och EU har därigenom uppmanat alla medlemsländerna att utfärda rekommendationer i enlighet med dessa. Detta arbete pågår f.n. (våren 2001) i bland annat Sverige liksom i de flesta länderna i Europa. I några länder har man antagit andra, lägre riktvärden som komplement till (Schweiz) eller i stället för (Italien) dessa värden.

GRUNDRESTRIKTIONER OCH REFERENSNIVÅER

ICNIRP:s arbete med riktlinjer baseras på ett generellt flerstegsförfarande. I ett första steg görs en detaljerad utvärdering av kunskapsläget för att identifiera hälsorisker förbundna med exponering. Om en sådan bedöms vara etablerad – d.v.s. påvisad med tillräcklig vetenskaplig bas – formuleras sedan normalt en grundrestriktion, där sambandet mellan den biologiskt relevanta parametern och hälsoeffekten utvärderats och åsatts ett värde under vilket den relevanta hälsoeffekten ej antas uppkomma. Denna bedömning grundar sig på en kunskap eller modell om interaktionen mellan den fysikaliska faktorn och det biologiska systemet.

Osäkerheten i de numeriska (biologiska) data som utnyttjas motiverar införandet av en reduktionsfaktor, i EMF-sammanhang uppgår den normalt till 10. En ytterligare reduktionsfaktor på upp till 5 har införts för att ge en ytterligare säkerhetsmarginal för allmänheten. (De numeriska förenklingarna kan innebära ytterligare reduktionsfaktor, t. ex. vid extrapolering mellan olika frekvenser.)

I många situationer kan denna biologiskt relevanta parameter inte direkt mätas. Med kunskap om dosimetri har därför en annan relation tagits fram, nämligen mellan denna

parameter och en extern exponeringsfaktor (t. ex. elektrisk eller magnetisk fältstyrka). Denna senare beräknas under antagande om maximal koppling mellan exponering och det biologiska systemet – och utnyttjas för definition av s.k. referensnivå.

Detta innebär att om referensnivåerna ej överskrids, så ska inte heller grundrestriktionerna överskridas. Å andra sidan, om referensnivåerna överskrids, så är det inte säkert att grundrestriktionerna överskrids – detta måste fastställas genom närmare undersökning. Med detta system kan man säga att – om referensnivåerna överskrids – så ligger ”bevisbördan” på att (eventuellt kunna) visa att grundrestriktionerna inte gör det.

Grundrestriktioner har formulerats för följande biologiskt relevanta parametrar för EMF mellan 1 Hz och 300 GHz: Inducerad strömtäthet (i A/m^2 , under ca 10 MHz), specifik absorption (SA i J/kg kroppsvikt, SAR i W/kg kroppsvikt, 100 kHz till 10 GHz), samt instrålad effekttäthet (i W/m^2 , över 10 GHz). Referensnivåer har sedan uttryckts i termer av elektrisk och magnetisk fältstyrka (eller flödestäthet), i V/m resp. A/m (eller tesla). Referensnivåer har också framtagits för instrålad effekttäthet (i W/m^2 , under 10 GHz) och tidsvariabla kontaktströmmar och strömmar i bl. a. anklarna (upp till 110 MHz).

Samtidig exponering för mer än en källa till EMF-exponering ska adderas, viktat med avseende på grundrestriktioner respektive referensnivåer vid olika frekvenser. En separat summering görs för inducerad strömtäthet (källor under 10 MHz), för termiska effekter (källor över 100 kHz, både avseende SAR och effekttäthet) samt för strömmar. (Eftersom man enbart summerar exponeringar som ger upphov till likartade effekter eller effekter som uppkommer på grund av likartade mekanismer, sker ingen sammanläggning av exponering för fält med låga och intermediära frekvenser, under 10 MHz, med exponering för fält med högre frekvenser, över 100 kHz. Fält i ”övergångsområdet 100 kHz – 10 MHz där både inducerad ström och termiska mekanismer är relevanta adderas dock till ”bägge” områdena.) Denna summering är också baserad på ”värsta” antaganden.

Det råder viss oklarhet när det gäller pulserade fält. Detta rör framförallt exponering för fält omkring ca 1 kHz. ICNIRP förbereder f.n. ytterligare klarlägganden (och eventuellt vissa modifieringar) för detta.

ICNIRP:S REKOMMENDATIONER FÖR RADIOFREKVENTA ELEKTROMAGNETISKA FÄLT

För elektromagnetiska fält mellan 100 kHz och 10 GHz kan helkroppsexponering för elektromagnetiska fält som leder till en ökad kroppstemperatur av mer än $1^{\circ}C$ innebära en risk för olika effekter som bl. a. beteendeförändringar. Denna exponering motsvarar ett SAR-värde på ca 4 W/kg. Vid lokal exponering i huvudet över 100 W/kg har man påvisat linsgrumlingar (grå starr) i ögonen på kaniner. Dessa etablerade effekter utgör grunden för ICNIRP:s rekommendationer för radiofrekventa fält. (För fält i andra frekvensområden finns motsvarande bedömningar.) Ett antal studier som har undersökt möjligheten av effekter på lägre nivåer (under sådan som åstadkommer dessa termiska effekter) har också utvärderats av ICNIRP, men bedömningen var att resultaten från dessa f.n. inte kan utgöra en bas för ICNIRP:s rekommendationer.

Utgående från detta och olika reduktionsfaktorer har man formulerat grundrestriktioner. För det här aktuella frekvensområdet (30 - 2000 MHz) gäller då att exponeringen inte bör ge upphov till en helkroppsexponering uttryckt i SAR som överskrider 0,4 resp. 0,08 W/kg (yrkesmässig resp. allmänhetens exponering), eller en lokal exponering som

överskrider 10 W/kg resp. 2 W/kg i huvudet och bålen, eller 20 W/kg resp. 4 W/kg i extremiteter. Dessa värden utgör medelvärden över varje 10 g massa, och över varje 6-minuters period. Studier har visat att en exponering av 2 W/kg i huvudregionen kan leda till en temperaturhöjning på ca 0,1° C.

Utifrån dessa grundrestriktioner har referensnivåer beräknats. Dessa beskrivs närmare i tabell 7 (yrkesmässig exponering) och tabell 8 (allmänhetens exponering).

Tabell 7. ICNIRP:s referensnivåer för radiofrekventa fält (yrkesmässig exponering).
Sammanställt ur ICNIRP (1998).

Frekvensområde (MHz)	Elektriska fält (V/m)	Magnetiska fält		Effekttäthet (W/m ²)
		(A/m)	(μT)	
0,1 – 1 MHz ¹⁾	610/f ¹⁾	1,6/f	2,0/f	-
1 – 10 MHz	610/f	1,6/f	2,0/f	-
10 - 400 MHz	61	0,16	0,20	10
400 – 2 000 MHz	3 f ^{1/2}	0,008 f ^{1/2}	0,01 f ^{1/2}	f/40
t. ex. 450 MHz	64	0,17	0,21	11
t. ex. 900 MHz	90	0,24	0,30	22
t. ex. 1 800 MHz	127	0,34	0,42	45
2 – 300 GHz	137	0,36	0,45	50

Tabell 8. ICNIRP:s referensnivåer för radiofrekventa fält (allmänhetens exponering).
Sammanställt ur ICNIRP (1998).

Frekvensområde (MHz)	Elektriska fält (V/m)	Magnetiska fält		Effekttäthet (W/m ²)
		(A/m)	(μT)	
0,1 – 1 MHz ¹⁾	87/f ^{1/2 1)}	0,73/f ¹⁾	0,92/f ¹⁾	-
1 – 10 MHz	87/f ^{1/2}	0,73/f	0,92/f	-
10 - 400 MHz	28	0,073	0,092	2,0
400 – 2 000 MHz	1,375 f ^{1/2}	0,0037 f ^{1/2}	0,0046 f ^{1/2}	f/200
t. ex. 450 MHz	29	0,078	0,098	2,25
t. ex. 900 MHz	41	0,11	0,14	4,5
t. ex. 1 800 MHz	58	0,16	0,20	9,0
2 – 300 GHz	61	0,16	0,20	10

Anm (tabell 7 och 8). I tabellen insätts aktuella värden på f uttryckt i MHz. ¹⁾ Referensvärden för frekvenser under 1 MHz som anges i denna tabell används enbart vid summering av exponering tillsammans med radiofrekventa fält över 1 MHz (se texten nedan), d.v.s. för summering av risken för termiska effekter. För en bedömning av risken för inducerade strömmar gäller andra (lägre) referensvärden, se vidare ICNIRP (1998).

Dessa värden redovisar rekommendationer för olika frekvenser – med antagande att exponeringen endast består av en specifik frekvens. Om flera frekvenser förekommer samtidigt, skall dessa summeras för att bedöma den totala belastningen. Detta sker genom att mätvärdet i varje frekvensområde divideras med den aktuella referensnivån för just den frekvensen, för att beräkna det ”bidrag” som erhålls för denna frekvens. Dessa bidrag summeras sedan från alla frekvenser över 100 kHz. Om denna summa är mindre än 1 har man uppfyllt dessa referensnivåer. I princip kan således mätvärdena ligga något under referensnivån i varje frekvensområde, men den sammanlagda belastningen kan ändå vara för hög.

I denna rapport redovisas exponeringen över 30 MHz genomgående som effekttäthet i W/m², dessa värden kommer således att ”innefatta” både det elektriska och det magnetiska fältet.

REFERENS

ICNIRP (1998). Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz). *Health Physics*; 74 (4): 494-521.

2001:01 Patientdoser från röntgenundersökningar i Sverige – sammanställning av resultaten från sjukvårdens rapportering 1999

Avdelningen för personal- och patientstrålskydd.
Wolfram Leitz and Helene Jönsson 70 SEK

2001:02 SKI's and SSI's Joint Review of SKB's Safety Assessment Report, SR 97, Summary

2001:03 SKI's and SSI's Joint Review of SKB's Safety Assessment Report, SR 97, Review Report

2001:04 Personalstrålskydd inom kärnkraftindustrin under 1999

Avdelningen för personal- och patientstrålskydd.
Thommy Godås, Ann-Christin Hägg, Peter Hofvander,
Ingemar Lund, Lars Malmqvist och Erik Welleman 60 SEK

2001:05 Kalibrerings- och normalieverksamheten vid Riksmätplats 06 under 2000

Avdelningen för personal- och patientstrålskydd.
Jan-Erik Grindborg, Karl-Erik Israelsson, Jan-Erik Kyllönen
och Göran Samuelson 70 SEK

2001:06 Säkerhets- och strålskyddsläget vid de svenska kärnkraftverken 2000

Statens strålskyddsinstitut

2001:07 Kärnkraftsolyckan i Tjernobyli. En sammanfattning femton år efter olyckan

Avdelningen för Avfall och Miljö
Leif Moberg 60 SEK

2001:08 Föreskrifter om skydd av människors hälsa och miljön vid utsläpp av radioaktiva ämnen från vissa kärntekniska anläggningar – bakgrund och kommentarer

Avdelningen för Avfall och Miljö 60 SEK

2001:09 Exponering för radiofrekventa fält och mobiltelefoni

Ulf Bergqvist, Gert Anger, Elisabeth Birke,
Yngve Hamnerius, Lena Hillert, Lars-Eric Larsson
Christer Törnevik och Johan Zetterblad 80 SEK



STATENS STRÅLSKYDDSinSTITUT, SSI, är en central tillsynsmyndighet med uppgift att skydda människor, djur och miljö mot skadlig verkan av strålning. SSI arbetar för en god avvägning mellan risk och nytta med strålning, och för att öka kunskaperna om strålning, så att individens risk begränsas.

SSI sätter gränser för stråldoser till allmänheten och till dem som arbetar med strålning, utfärdar föreskrifter och kontrollerar att de efterlevs, bland annat genom inspektioner. Myndigheten informerar, utbildar och ger råd för att öka kunskaperna om strålning. SSI bedriver också egen forskning och stöder forskning vid universitet och högskolor.

Myndigheten medverkar i det internationella strålskyddssamarbetet. Därigenom bidrar SSI till förbättringar av strålskyddet i främst Baltikum och Ryssland. SSI håller beredskap dygnet runt mot olyckor med strålning. En tidig varning om olyckor fås genom svenska och utländska mätstationer och genom internationella varnings- och informationssystem.

SSI har idag ca 110 anställda och är beläget i Stockholm.

THE SWEDISH RADIATION PROTECTION INSTITUTE (SSI) is a government authority with the task of protecting mankind and the living environment from the harmful effects of radiation. SSI ensures that the risks and benefits inherent to radiation and its use are compared and evaluated, and that knowledge regarding radiation continues to develop, so that the risk to individuals is minimised.

SSI decides the dose limits for the public and for workers exposed to radiation, and issues regulations that, through inspections, it ensures are being followed. SSI provides information, education, and advice, carries out research and administers external research projects.

SSI participates on a national and international level in the field of radiation protection. As a part of that participation, SSI contributes towards improvements in radiation protection standards in the former Soviet states.

SSI is responsible for co-ordinating activities in Sweden should an accident involving radiation occur. Its resources can be called upon at any time of the day or night. If an accident occurs, a special emergency preparedness organisation is activated. Early notification of emergencies is obtained from automatic alarm monitoring stations in Sweden and abroad, and through international and bilateral agreements on early warning and information.

SSI has 110 employees and is situated in Stockholm.



Statens strålskyddsinstitut
Swedish Radiation Protection Institute

Adress: Statens strålskyddsinstitut; S-171 16 Stockholm;

Besöksadress: Karolinska sjukhusets område, Hus Z 5.

Telefon: 08-729 71 00, Fax: 08-729 71 08

Address: Swedish Radiation Protection Institute;

SE-171 16 Stockholm; Sweden

Telephone: + 46 8-729 71 00, Fax: + 46 8-729 71 08

www.ssi.se