



r

SSI Rapport

SSI report

2004:13 JIMMY TRULSSON

*Mätning av
radiofrekventa elektromagnetiska fält
i olika utomhusmiljöer*



Statens strålskyddsinstitut
Swedish Radiation Protection Authority

FÖRFATTARE/ AUTHOR: Jimmy Trulsson

AVDELNING/ DEPARTMENT: Avdelningen för beredskap och miljöövervakning /
Department of Environmental & Emergency Assessment.

TITEL/TITLE: Mätning av radiofrekventa elektromagnetiska fält i olika utomhusmiljöer / Measurements of radiofrequency electromagnetic fields in different outdoor environments.

SAMMANFATTNING: Denna rapport ingår som en del i Statens folkhälsoinstituts hälsokonsekvensbedömning (HKB) för utbyggnad av basstationer till tredje generationens mobiltelefoni (3G).

Utomhusmätningar av radiofrekventa elektromagnetiska fält har gjorts på sju platser i Ekerö kommun och på tre platser i Solna stad. Val av plats har gjorts så att olika miljöer är representerade.

Mätresultaten visar att de summerade signalintensiteterna i frekvensområdet 60 MHz – 2 490 MHz var mellan 0,3 miljondelar och 0,3 tusendelar av SSI:s referensvärde. Dessa nivåer kan generellt ses som representativa även för andra platser i landet.

Mätningarna utfördes av Statens strålskyddsinstitut.

SUMMARY: This report is a part of a health impact assessment (HIA) related to the expansion of the third generation of mobile communication (3G). The HIA is carried out by the Swedish National Institute of Public Health.

Outdoor measurements of radiofrequency electromagnetic fields have been performed at seven sites in Ekerö and three sites in Solna, Sweden. The sites were chosen in such a way that different environments were represented.

The measurements show that the total signal intensities, within the frequency range 60 MHz – 2 490 MHz, were between 0,3 millionths and 0,3 thousandths of the reference level, recommended by the Swedish Radiation Protection Authority. In general, the measured levels can be seen as representative for other places in Sweden.

The measurements were performed by the Swedish Radiation Protection Authority.

SSI rapport: 2004:13

november 2004

ISSN 0282-4434



Förord

Statens folkhälsoinstitut har under åren 2003 och 2004 utarbetat en hälsokonsekvensbedömning (HKB) för basstationer till tredje generationens mobiltelefoni (3G). HKB:n ska belysa de positiva och negativa konsekvenser som utbyggnaden av 3G-nätet medför och vilka grupper som berörs. I HKB:n beskrivs nuläget, även kallat *nollalternativet*, samt ett framtidsscenario. Nollalternativet har satts till våren 2004 och framtidsscenarioet avser år 2010.

För att kunna beskriva nollalternativet behövdes information om strålmiljön våren 2004. Denna information har Statens strålskyddsinstitut (SSI) skaffat genom mätningar av radiofrekventa elektromagnetiska fält i Ekerö kommun och i Solna stad. Mätmetoden och resultaten, med fokus på 3G (UMTS), presenteras i denna rapport.

Innehållsförteckning

Inledning	5
Historia.....	5
Elektromagnetiska fält	5
Mätmetod	8
Mätplatser.....	8
Ekerö kommun.....	8
Solna stad	9
Utrustning.....	9
Utförande	10
Databehandling	11
Mätresultat	13
Lilla Dalby	14
Söderby	15
Menhammar Slinkbacka	16
Tappströmsskolan	17
Kungsberga	18
Stenhamra.....	19
Drottningholms golfbana	20
Bagartorp.....	21
Solna centrum	22
Haga södra.....	23
Slutsatser och diskussion	24
Ordlista.....	27
Referenser	29
Bilaga 1. Översikt – uppmätta värden.....	30
Bilaga 2. Karta över Ekerö kommun.....	33

Tabellförteckning

Tabell 1 Mätplatser i Ekerö kommun	9
Tabell 2 Mätplatser i Solna stad	9
Tabell 3 Mätinstrumentets inställningar	10
Tabell 4 Referensvärden för några olika frekvenser	12
Tabell 5 Mätdata från Lilla Dalby	14
Tabell 6 Mätdata från Söderby	15
Tabell 7 Mätdata från Menhammar Slinkbacka	16
Tabell 8 Mätdata från Tappströmsskolan	17
Tabell 9 Mätdata från Kungsberga	18
Tabell 10 Mätdata från Stenhamra	19
Tabell 11 Mätdata från Drottningholms golfbana	20
Tabell 12 Mätdata från Bagartorp	21
Tabell 13 Mätdata från Solna centrum	22
Tabell 14 Mätdata från Haga södra	23

Inledning

De flesta känner till att radiovågor används för att sända radio- och TV-program eller för att överföra annan information trådlöst, som till exempel ett mobiltelefonsamtal. Men vad är egentligen radiovågor? Detta kapitel kommer kortfattat att beskriva historiken och fysiken bakom dagens trådlösa teknik.

Historia

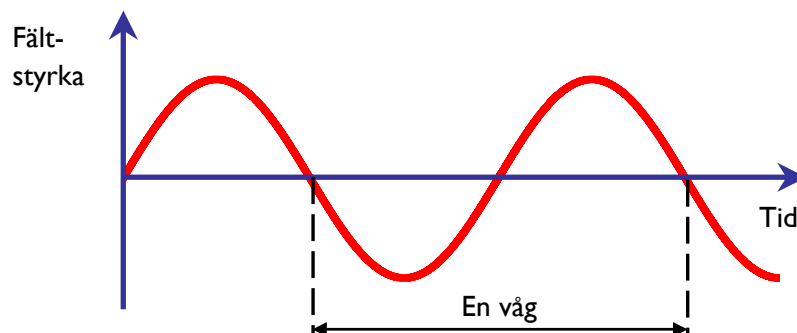
År 1873 beskrev skotten James Clerk Maxwell hur energi kan överföras med hjälp av elektromagnetiska vågor. 1887 visade tysken Heinrich Rudolf Hertz med experiment att Maxwells teori stämde. Italienaren Guglielmo Marconi fortsatte experimentera med radiovågor och lyckades år 1901 överföra tre korta pulser (bokstaven S i Morse-alfabetet) tvärs över Atlanten. Tekniken förfinades sedan och gjordes kommersiellt tillgänglig. När passagerarfartyget Titanic gick på grund 1912, bara elva år efter Marconis sändning, kunde besättningen sända nödanrop med hjälp av den trådlösa telegraf som fanns ombord.

År 1921 genomfördes den första radiosändningen i Sverige, 1954 den första TV-sändningen, och 1956 lanserade Ericsson sin första mobiltelefon. Den var stor som en väska och vägde ungefär 40 kg. Tekniken och dess tillämpningar har sedan dess utvecklats betydligt, men bygger fortfarande på de elektromagnetiska vågor som Maxwell beskrev redan 1873.

Elektromagnetiska fält

Alla elektriska strömmar ger upphov till magnetfält. På samma sätt skapar potentialskillnader elektriska fält, till exempel mellan plus- och minuspolen på ett batteri. Magnetfältet mäts i ampere per meter [A/m] och det elektriska fältet mäts i volt per meter [V/m].

Om strömmen i en ledare varierar så varierar även magnetfältet som alstras runt ledaren. Figur 1 visar ett magnetfält som alstras från en växelström. Frekvensen, som mäts i hertz [Hz], anger hur snabbt fältet växlar, dvs. antalet vågor per sekund. I musikens värld anger frekvensen vilken ton man spelar. Högre frekvens ger högre ton.



Figur 1 Vågrörelse för ett växlande magnetfält.

I Sverige har elnätet 50 Hz, vilket också betyder att de elektriska apparater som vi ansluter till vägguttaget alstrar 50 Hz magnetfält. Vid så låga frekvenser är magnetfältet och det elektriska fältet separerade, men för radiofrekventa (RF) fält, där bland annat mikrovågor ingår, är de bundna till varandra. Man talar därför om elektromagnetiska vågor eller elektromagnetiska fält (EMF).

Frekvens och intensitet är två viktiga begrepp för EMF. Om frekvensen är tonen som spelas så är intensiteten styrkan som tonen spelas med. En låg baston kan spelas starkt och en hög ton kan spelas svagt. På samma sätt kan en svag signal sändas med hög frekvens. Signalens våglängd (λ) kan beräknas enligt Ekvation 1 om man vet frekvensen (f) och vågens hastighet (c). Radiovågor färdas med ljusets hastighet, 300 000 000 meter per sekund, se Figur 2.



Figur 2 Karta över Sverige. Radiovågor färdas med ljusets hastighet. Det innebär att en gepard hinner springa ungefär 15 cm medan en radiovåg färdas från Trelleborg i söder till Karesuando i norr.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (\text{Ekvation 1})$$

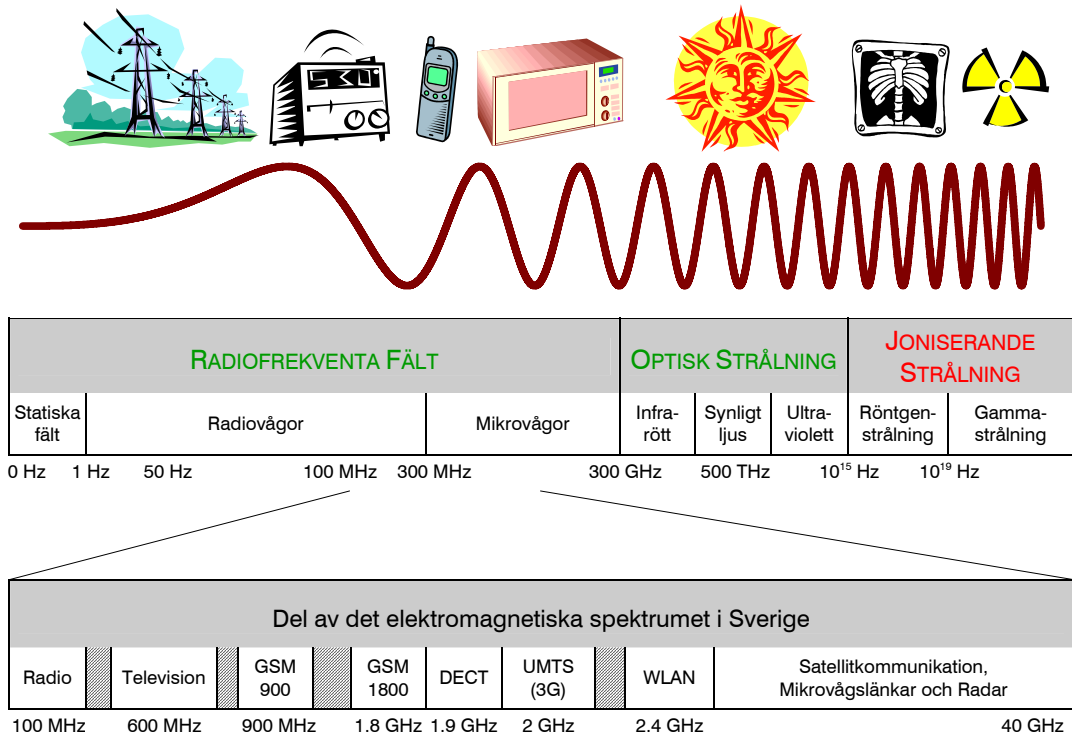
Signalintensiteten, ofta kallad effekttäthet, mäts i watt per kvadratmeter [W/m^2]. Relationen mellan effekttäthet (S), elektriskt fält (E) och magnetfält (H) för radiofrekventa fält ges av Ekvation 2, där 377 är en konstant (vågimpedansen i luft). Denna relation gör att det är tillräckligt att mäta E-fältet (eller H-fältet) för att kunna räkna ut signalintensiteten.

$$S = E \cdot H = \frac{E^2}{377} = 377 \cdot H^2 \quad (\text{Ekvation 2})$$

Radiofrekventa fält är en del av det elektromagnetiska spektrumet, där även optisk strålning och joniserande strålning ingår, se Figur 3. Optisk strålning kan delas upp i infrarött, synligt och ultraviolett ljus. Både radiofrekventa fält och optisk strålning räknas till icke joniserande strålning. Det betyder att vågorna inte har tillräckligt hög energi för att kunna jonisera materia som de passerar. Joniserande strålning har däremot tillräckligt hög energi för att kunna slå loss elektroner från atomer och därmed orsaka skador på exempelvis människokroppens DNA. Röntgenstrålning och strålning från radioaktiva ämnen är exempel på joniserande strålning.

Energin hos en våg beror på dess frekvens, högre frekvens innebär högre energi. De mikrovågor som används vid mobiltelefoni har ungefär en miljon gånger lägre frekvens än gränsen för joniserande strålning, se Figur 3. Energin hos dessa vågor är därför som högst en miljondel av energin hos joniserande strålning. Energin hos en mikrovåg påverkas inte av signalstyrkan. Om man sänder en starkare signal ökar intensiteten, dvs. antalet vågor, inte varje enskild vågs energi.

Radiofrekventa fält kan ge upphov till skador, men endast uppvärmningsskador och nervretningar har påvisats. Man undviker dessa genom att inte utsätta sig för högre nivåer än referensvärdet.



Figur 3 Det elektromagnetiska spektrumet med exempel på tillämpningar inom RF-området. Förkortningarna förklaras senare i rapporten under rubriken Ordlista.

Mätmetod

I detta kapitel beskrivs hur mätplatserna valdes, vilken mätutrustning som användes, samt hur mätningarna och efterföljande databehandling utfördes. Den använda mätutrustningen möjliggör spektral mätning, vilket innebär att olika typer av signaler (radio, TV, mobiltelefoni, etc.) kan separeras. Det är därför möjligt att mäta hur stort bidraget från 3G-basstationerna är.

Mätplatser

De mätningar som SSI genomför avser för det mesta platser och situationer där hög exponering är förväntad. När mätplatserna, som presenteras i denna rapport, valdes var vi istället intresserade av att mäta den egentliga exponeringen på allmänna platser under normala förhållanden. Mätningarna utfördes på sju platser i Ekerö kommun och på tre platser i Solna stad. Platserna, som valdes av kommunala tjänstemän, representerar olika utomhusmiljöer såsom öppen skog, landsbygd, villaområde, stadscentrum, öppet fält, grönområde i tätort och skolgård. Den exakta positionen inom varje område har avgjorts av sluppen.

I Bilaga 2 visas en karta över Ekerö kommun, där mätplatserna och de 3G-master som var kända av Ekerö kommun under hösten 2004 är markerade. Det är bara möjligt att redovisa masternas placering eftersom antennernas placering är skyddade av försvarstekniska skäl. I Solna stad är de flesta 3G-antennerna inte placerade i master, som i Ekerö kommun, utan på hustak och fasader. En karta över Solna stad med enbart master skulle därför bli alltför missvisande.

Närvarande vid mätningarna i Ekerö kommun var Jimmy Trulsson (SSI) och Bo Fyrby (Ekerö kommun). Närvarande vid mätningarna i Solna stad var Jimmy Trulsson och Malin Lidow (Solna stad). I samband med SSI:s oberoende mätningar utförde även Lennart Hamberg och Christer Törnevik från Ericsson AB egna mätningar.

Ekerö kommun

I denna mätstudie representerar Ekerö kommun den svenska glesbygden. Ekerö kommun har 23 311 invånare och en befolkningstäthet på 108 invånare per kvadratkilometer. Mätplatserna i Ekerö kommun beskrivs i Tabell 1.

Tabell 1 Mätplatser i Ekerö kommun

Mätplats	Miljö	Position ¹	Datum	Tidpunkt ²
Lilla Dalby	Öppen skog	O 1596116 N 6586823	2004-05-03	09:11
Söderby	Landsbygd	O 1601049 N 6586285	2004-05-03	10:26
Menhammar/ Slinkbacka	Öppet fält	O 1604034 N 6579138	2004-05-03	11:08
Tappströmsskolan	Skolgård	O 1613962 N 6576298	2004-05-03	12:43
Kungsberga	Villaområde i glesbygd	O 1603321 N 6588773	2004-05-03	13:34
Stenhamra	Villaområde	O 1607264 N 6581405	2004-05-03	14:27
Drottningholms golfbana	Golfbana	O 1617072 N 6579608	2004-05-03	15:23

¹ Anges med RT90-koordinater, avlästa med GPS

² Tid då mätningen avslutades (mättid ca 20 min)

Solna stad

Solna stad representerar i denna mätstudie en svensk tätortskommun. Solna stad har 58 488 invånare och befolkningstätheten är 3 029 invånare per kvadratkilometer. Mätplatserna i Solna stad beskrivs i Tabell 2.

Tabell 2 Mätplatser i Solna stad

Mätplats	Miljö	Position ¹	Datum	Tidpunkt ²
Bagartorp	Bostadsområde i tätort	O 1624533 N 6586408	2004-05-07	09:11
Solna centrum	Stadscentrum	O 1624803 N 6584050	2004-05-07	10:05
Haga södra	Grönområde i tätort	O 1627160 N 6583626	2004-05-07	10:52

¹ Anges med RT90-koordinater, avlästa med GPS

² Tid då mätningen avslutades (mättid ca 20 min)

Utrustning

Vid mätningarna användes en spektrumanalysator (Agilent E4402B, snr. US40522190) och en mätantenn (Seibersdorf PCD 8250, snr. 3127/01). Spektrumanalysatorn fick ström från en bensindriven elgenerator. En bärbar dator med programvara, utvecklad av SSI, styrde spektrumanalysatorn samt läste in och behandlade mätdata.

Under mätningarna placerades mätantennen på ett 1,3 meter högt stativ. Denna höjd valdes för att ge en god uppskattning av människors exponering. Stativet var av trä för att inte påverka det uppmätta fältet i onödan. Ett metallstativ skulle kunna påverka radiovågorna märkbart, och därmed även mätresultatet.

En GPS användes för att bestämma mätplatsernas exakta position. GPS-koordinaternas noggrannhet är bättre än 20 meter.

Mätinstrumentets inställningar redovisas i Tabell 3. Samplingsmetoden ”Max Hold” användes, vilket innebär att högsta signalstyrkan för respektive frekvens registrerades under mättiden.

Mätutrustningens totala mätonoggrannhet är mindre än 2,4 dB vilket exempelvis innebär att en effekttäthet som uppmäts till 1 mW/m² egentligen ligger i intervallet 0,57-1,8 mW/m².

Tabell 3 Mätinstrumentets inställningar

Instrument	Agilent, E4402B, US40522190, A.05.01
RBW	100 kHz
VBW	1000 kHz
Detektor	Peak
Samplingsmetod	Max Hold
Antal samplingspunkter	24576
Mättid per polarisation	30 sekunder
Frekvensområde	60 MHz – 2490 MHz

Utförande

Frekvensområdet delades upp i tre mindre intervall (60-870 MHz, 870-1 680 MHz och 1 680-2 490 MHz) för att få tillräckligt hög upplösning. I varje frekvensintervall mättes radiovågorna i tre polarisationer. Det gjordes genom att vrida mätantennen till tre olika lägen, se Figur 4, och medförde att signaler från alla riktningar uppmättes.

Den elektriska fältstyrkan mättes under 30 sekunder för varje polarisation. Under denna tid registrerades det högsta värdet för varje frekvens. En komplett mätning tog ungefär 20 minuter att genomföra.



Figur 4 Mätantennen vreds till tre olika lägen för att mäta signaler från alla riktningar

Databehandling

När alla mätvärden på platsen samlats in beräknades den elektriska fältstyrkan (E) för varje frekvens genom att summera mätdata från de tre polarisationerna (E_x , E_y och E_z) enligt Ekvation 3. Sedan sattes tröskelvärden för att ta bort bruset så att bara signalerna fanns kvar. Tröskelvärdena valdes så att alla signaler som var större än mätsystemets känslighet bevarades. Tröskelvärdena optimerades inom små frekvensintervall eftersom mätantennens känslighet varierade med frekvensen.

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2} \quad (\text{Ekvation 3})$$

Därefter sammanfogades de tre frekvensområdena och en tabell med den elektriska fältstyrkan för varje frekvens, $E(f)$, erhöles. Utifrån denna tabell beräknades sedan effekttätheten (intensiteten), mätt i watt per kvadratmeter, inom önskat frekvensområde. Det är känt vilka frekvensområden som används för radio- och TV-sändningar, mobiltelefoni, etc. Signalintensiteten, för exempelvis UMTS, kan därför beräknas genom att summera de elektriska fältstyrkorna för de frekvenser som ingår i signalen. Denna beräkning görs enligt Ekvation 4, där k är en konstant som kompenserar för mätinstrumentets inställningar enligt Ekvation 5. Med de aktuella inställningarna, som anges i Tabell 3, blir k ungefär 1.

$$\text{Signalintensiteten} = \sum_{f_{\text{signalen}}} \left(\frac{E(f)^2}{377} \right) \cdot k \quad (\text{Ekvation 4})$$

$$k = \frac{\text{Frekvensområdet [Hz]}}{\text{RBW [Hz]} \cdot \text{Antal samplingspunkter}} \quad (\text{Ekvation 5})$$

Den totala effekttätheten beräknades genom att summera alla signalers intensitet inom det uppmätta frekvensområdet. Vid beräkning av exponeringskvoten dividerades signalintensiteten med SSI:s referensvärde enligt Ekvation 6. Referensvärdet är en rekommenderad högsta tillåtna exponeringsnivå som ger god marginal till påvisade skadliga effekter. Exempel på referensvärden för olika frekvenser och tillämpningar inom frekvensområdena visas i Tabell 4. Den totala exponeringskvoten beräknades genom att summera alla exponeringskvoter. På så sätt togs hänsyn till att referensvärdet skiljer mellan olika frekvenser, vilket huvudsakligen beror på skillnader i inträngningsdjup och resonanseffekter. Människan påverkas helt enkelt olika beroende på vilken frekvens radiovågen har.

$$\text{Exponeringskvot} = \frac{\text{Uppmätt effekttäthet}}{\text{Referensvärdet}} \quad (\text{Ekvation 6})$$

Referensvärdet inkluderar en säkerhetsfaktor som är 50. Det betyder i princip att påvisade hälsoeffekter uppträder först på nivåer som är 50 gånger över referensvärdet. Mer information om referensvärden finns i SSI:s allmänna råd om begränsning av allmänhetens exponering för elektromagnetiska fält [1].

Tabell 4 Referensvärden för några olika frekvenser

Frekvens [MHz]	Referensvärde [mW/m²]	Exempel på tillämpningar inom frekvensområdet
60-400	2 000	Radio (analog och digital), Kom. radio, Minicall
600	3 000	Analog TV
700	3 500	Digital TV
900	4 500	GSM 900
1 800	9 000	GSM 1800, DECT
2 000	10 000	UMTS (3G)

Mätresultat

Alla signaler inom frekvensområdet 60 MHz – 2 490 MHz mättes på samtliga platser. De svagaste signalerna som kunde mätas med den aktuella mätutrustningen var ungefär 0,005 V/m. Det motsvarar en signalintensitet på 0,00007 mW/m² (0,07 miljondels watt per kvadratmeter). Om signalintensiteten (effekttheten) var lägre än så anges detta med ett streck (–) i tabellerna över mätdata, vilket betyder att den eventuella signalen ej var mätbar.

I tabellerna anges uppmätt effektthet och exponeringskvot för de vanligast förekommande signalerna. Exponeringskvoten visar hur stor exponeringen var i förhållande till referensvärdet. Information om hur effektthet och exponeringskvot beräknas finns under rubriken Databehandling i föregående kapitel.

De signaltyper som specificeras i rapporten är radio, TV, DECT (trådlösa telefoner), NMT (första generationens mobiltelefoni), GSM900 (andra generationens mobiltelefoni), GSM1800 (kapacitetsutökning av andra generationens mobiltelefoni), UMTS (tredje generationens mobiltelefoni, 3G) och *upplänk mobiltelefoni*, vilken omfattar samtliga mobiltelefoners sändning. Till kategorin *övrigt* räknas bland annat kommunikationsradio (för taxi, polis, m.m.), minicall och flygradar.

Den totala exponeringen vid de tio platserna varierade mellan 0,3 miljondelar och 0,3 tusendelar av referensvärdet.

I Bilaga 1 visas en översikt av exponeringskvoterna och effekttheterna från de tio mätplatserna.

Lilla Dalby



Figur 5 Mätplatsen i Lilla Dalby

Vid mätplatsen i Lilla Dalby, Ekerö, gav GSM900 det största bidraget, 0,238 mW/m². Även UMTS (3G) och några TV-signaler kunde uppmätas. Den totala effekttätheten inom det uppmätta frekvensområdet var 0,271 mW/m², varav UMTS bidrog med 0,033 mW/m². Den totala exponeringskvoten var 56 miljondelar av referensvärdet.

Tabell 5 Mätdata från Lilla Dalby

Signal	Effekttäthet [mW/m²]	Exponeringskvot
FM-Radio	–	0
Digital-Radio	–	0
Analog TV	0,0006	0,00000028
Digital-TV	0,0002	0,000000059
DECT	–	0
NMT450	–	0
GSM900	0,2375	0,000053
GSM1800	–	0
UMTS	0,0328	0,0000033
Upplänk mobiltelefoni	–	0
Övrigt	0,0001	0,000000011
Total effekttäthet	0,2711	0,000056

Söderby



Figur 6 Mätplatsen i Söderby

Vid mätplatsen i Söderby, Ekerö, fanns det nästan inga signaler som var tillräckligt starka för att kunna mätas. Det gjorde att den totala effekttätheten blev mindre än $0,001 \text{ mW/m}^2$ och den totala exponeringskvoten blev mindre än 0,3 miljondelar av referensvärdet. UMTS (3G) kunde inte uppmätas.

Tabell 6 Mätdata från Söderby

Signal	Effekttäthet [mW/m^2]	Exponeringskvot
FM-Radio	–	0
Digital-Radio	–	0
Analog TV	0,0004	0,00000017
Digital-TV	–	0
DECT	–	0
NMT450	–	0
GSM900	–	0
GSM1800	–	0
UMTS	–	0
Upplänk mobiltelefoni	–	0
Övrigt	0,0002	<0,00000010
Total effekttäthet	0,0006	<0,00000028

Menhammar Slinkbacka



Figur 7 Mätplatsen i Menhammar Slinkbacka

Mätningen i Menhammar Slinkbacka, Ekerö, gjordes på ett öppet fält. Den totala effekttätheten uppmättes till $0,079 \text{ mW/m}^2$, varav de största bidragen kom från digital-TV ($0,028 \text{ mW/m}^2$), analog TV ($0,026 \text{ mW/m}^2$) och GSM900 ($0,025 \text{ mW/m}^2$). Den totala exponeringskvoten var 27 miljondelar av referensvärdet. UMTS (3G) var ej mätbar.

Tabell 7 Mätdata från Menhammar Slinkbacka

Signal	Effekttäthet [mW/m^2]	Exponeringskvot
FM-Radio	–	0
Digital-Radio	–	0
Analog TV	0,0258	0,000013
Digital-TV	0,0276	0,0000079
DECT	–	0
NMT450	0,0005	0,00000020
GSM900	0,0253	0,0000056
GSM1800	–	0
UMTS	–	0
Upplänk mobiltelefoni	–	0
Övrigt	0,0002	<0,00000010
Total effekttäthet	0,0794	<0,000027

Tapströmsskolan



Figur 8 Mätplatsen vid Tapströmsskolan

Vid Tapströmsskolan på Ekerö uppmättes radio, TV, GSM och UMTS (3G). Det största bidraget kom från GSM900 ($0,017 \text{ mW/m}^2$). Den totala effekttätheten var $0,026 \text{ mW/m}^2$, varav UMTS (3G) bidrog med $0,002 \text{ mW/m}^2$. Den totala exponeringskvoten blev 8 miljondelar av referensvärdet.

Tabell 8 Mätdata från Tapströmsskolan

Signal	Effekttäthet [mW/m^2]	Exponeringskvot
FM-Radio	0,0008	0,00000038
Digital-Radio	–	0
Analog TV	0,0028	0,0000014
Digital-TV	0,0002	0,000000044
DECT	–	0
NMT450	–	0
GSM900	0,0169	0,0000038
GSM1800	–	0
UMTS	0,0018	0,00000018
Upplänk mobiltelefoni	0,0028	<0,00000063
Övrigt	0,0011	<0,00000053
Total effekttäthet	0,0263	<0,0000077

Kungsberga



Figur 9 Mätplatsen i Kungsberga

Vid mätplatsen i Kungsberga, Ekerö, var den totala effekttätheten $0,067 \text{ mW/m}^2$, varav GSM900 gav det största bidraget ($0,066 \text{ mW/m}^2$). Den totala exponeringskvoten var 15 miljondelar av referensvärdet. UMTS (3G) kunde inte uppmätas.

Tabell 9 Mätdata från Kungsberga

Signal	Effekttäthet [mW/m^2]	Exponeringskvot
FM-Radio	–	0
Digital-Radio	–	0
Analog TV	0,0006	0,00000029
Digital-TV	–	0
DECT	–	0
NMT450	–	0
GSM900	0,0661	0,000015
GSM1800	–	0
UMTS	–	0
Upplänk mobiltelefoni	0,0001	<0,000000014
Övrigt	–	0
Total effekttäthet	0,0668	<0,000015

Stenhamra



Figur 10 Bilder tagna vid mätplatsen i Stenhamra. På bilden t.v. syns det vattentorn, på vilket sändarantennerna var placerade. Den högra bilden visar mätuppställningen.

Vid mätplatsen i Stenhamra, Ekerö, uppmättes den totala effekttätheten till $0,110 \text{ mW/m}^2$, varav UMTS (3G) bidrog med $0,027 \text{ mW/m}^2$. Det största bidraget kom från GSM900 ($0,071 \text{ mW/m}^2$). Den totala exponeringskvoten var 23 miljondelar av referensvärdet.

Tabell 10 Mätdata från Stenhamra

Signal	Effekttäthet [mW/m^2]	Exponeringskvot
FM-Radio	–	0
Digital-Radio	–	0
Analog TV	0,0018	0,00000087
Digital-TV	–	0
DECT	–	0
NMT450	0,0071	0,0000031
GSM900	0,0710	0,000016
GSM1800	0,0027	0,00000030
UMTS	0,0270	0,0000027
Upplänk mobiltelefoni	–	0
Övrigt	0,0007	<0,00000037
Total effekttäthet	0,1102	<0,000023

Drottningholms golfbana



Figur 11 Mätplatsen vid Drottningholms golfbana. I bakgrunden syns en närliggande mast för mobiltelefoni.

Vid Drottningholms golfbana, Ekerö, gavs de största bidragen till effekttätheten av GSM900 ($0,356 \text{ mW/m}^2$) och UMTS ($0,121 \text{ mW/m}^2$). TV-signalerna gav dock större bidrag till exponeringskvoten än UMTS (3G) gjorde. Det beror på att referensvärdet är lägre för TV-signalerna.

Den totala effekttätheten var $0,621 \text{ mW/m}^2$ och exponeringskvoten var 150 miljondelar av referensvärdet.

Tabell 11 Mätdata från Drottningholms golfbana

Signal	Effekttäthet [mW/m^2]	Exponeringskvot
FM-Radio	–	0
Digital-Radio	–	0
Analog TV	0,0772	0,000039
Digital-TV	0,0586	0,000017
DECT	–	0
NMT450	0,0002	0,00000080
GSM900	0,3564	0,000079
GSM1800	0,0067	0,00000074
UMTS	0,1205	0,000012
Upplänk mobiltelefoni	–	0
Övrigt	0,0018	<0,00000073
Total effekttäthet	0,6213	<0,00015

Bagartorp



Figur 12 Mätplatsen i Bagartorp

Vid mätplatsen i Bagartorp, Solna, var den totala effekttätheten $0,022 \text{ mW/m}^2$, varav det största bidraget kom från GSM900 ($0,008 \text{ mW/m}^2$). UMTS (3G) kunde inte uppmätas. Den totala exponeringskvoten var 7 miljondelar av referensvärdet.

Tabell 12 Mätdata från Bagartorp

Signal	Effekttäthet [mW/m^2]	Exponeringskvot
FM-Radio	0,0019	0,00000096
Digital-Radio	–	0
Analog TV	0,0027	0,0000013
Digital-TV	0,0001	0,000000029
DECT	0,0031	0,00000033
NMT450	0,0002	0,00000010
GSM900	0,0078	0,0000017
GSM1800	–	0
UMTS	–	0
Upplänk mobiltelefoni	0,0006	<0,00000014
Övrigt	0,0055	<0,0000021
Total effekttäthet	0,0218	<0,0000069

Solna centrum



Figur 13 Mätplatsen vid Solna centrum

I Solna centrum utfördes mätningen mellan tunnelbanestationen och en av ingångarna till köpcentret. Den totala effekttätheten uppmättes till $0,794 \text{ mW/m}^2$. Det största bidraget kom från GSM900 ($0,611 \text{ mW/m}^2$). UMTS (3G) kunde inte uppmätas. Den totala exponeringskvoten var 170 miljondelar av referensvärdet.

Tabell 13 Mätdata från Solna centrum

Signal	Effekttäthet [mW/m^2]	Exponeringskvot
FM-Radio	0,0015	0,00000075
Digital-Radio	0,0002	0,00000098
Analog TV	0,0008	0,00000042
Digital-TV	0,0005	0,00000014
DECT	0,0044	0,00000047
NMT450	0,0007	0,00000032
GSM900	0,6111	0,00014
GSM1800	0,1356	0,000015
UMTS	–	0
Upplänk mobiltelefoni	0,0319	<0,0000071
Övrigt	0,0073	<0,0000020
Total effekttäthet	0,7941	<0,00017

Haga södra



Figur 14 Mätplatsen i Haga södra

Vid mätplatsen i Haga södra, Solna, uppmättes den högsta totala effekttätheten av de tio mätplatserna, $1,276 \text{ mW/m}^2$, varav det största bidraget kom från GSM900 ($0,640 \text{ mW/m}^2$). UMTS (3G) bidrog med $0,064 \text{ mW/m}^2$. Kommunikationsradio, som bland annat används av taxi och polis, stod för den största delen av kategorin *Övrigt*. Den totala exponeringskvoten var 310 miljondelar av referensvärdet.

Tabell 14 Mätdata från Haga södra

Signal	Effekttäthet [mW/m^2]	Exponeringskvot
FM-Radio	0,0071	0,0000036
Digital-Radio	0,0080	0,0000040
Analog TV	0,0076	0,0000038
Digital-TV	0,0585	0,000017
DECT	–	0
NMT450	0,0002	0,000000079
GSM900	0,6398	0,00014
GSM1800	0,2868	0,000032
UMTS	0,0643	0,0000064
Upplänk mobiltelefoni	0,0004	<0,000000082
Övrigt	0,2030	<0,00010
Total effekttäthet	1,2758	<0,00031

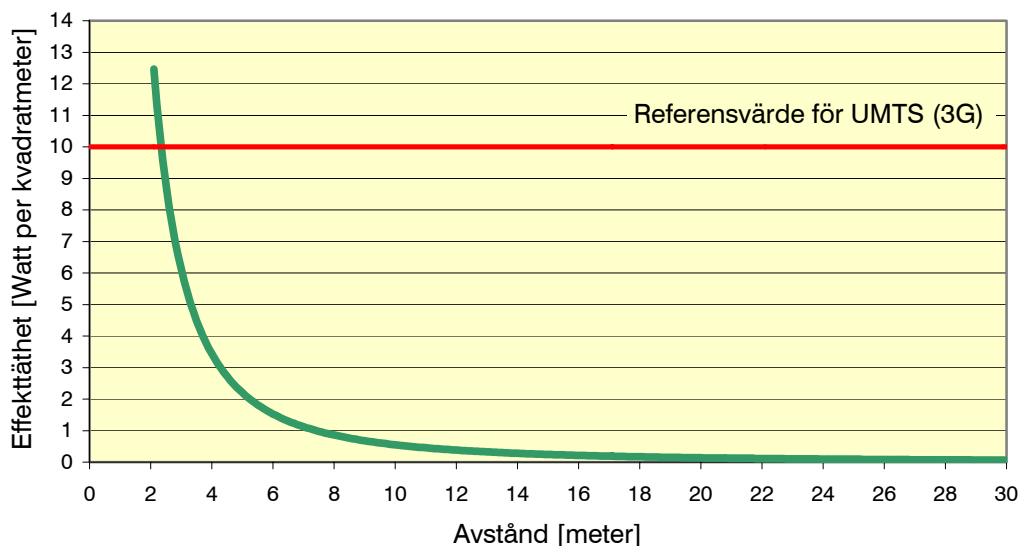
Slutsatser och diskussion

Mätvärdena för respektive plats visar hur signalintensiteten (effekttheten) såg ut vid mättillfället. Det betyder inte att mätvärdena för en viss plats är typiska för den aktuella miljön. Liknande miljöer kan ge skilda mätvärden, vilket huvudsakligen beror på antalet basstationer, deras placering och belastning. Totalt sett är dock mätvärdena från de tio platserna representativa och ligger i nivå med vad man kan förvänta sig även på andra platser i landet våren 2004.

Signaler från UMTS (3G) kunde bara registreras på hälften av mätplatserna. Det beror sannolikt på att UMTS-nätet inte var fullt utbyggt då mätningarna genomfördes. Mätresultaten visar även att GSM1800 huvudsakligen kunde uppmätas i områden där mobilnäten förväntas ha högre belastning. Anledningen är att GSM1800 har byggts för att öka kapaciteten i områden där GSM900 inte räcker till.

I Bilaga 1 presenteras en grafisk översikt av mätresultaten. De totala exponeringskvoterna vid de tio platserna varierade mellan 0,3 miljondelar och 300 miljondelar av referensvärdet. 0,3 miljondelar av referensvärdet är ungefär gränsen för hur svaga signaler som den använda mätutrustningen kan detektera. 30 miljondelar motsvarar ungefär förhållandet mellan ett pappers tjocklek och en vuxen människas längd.

Allmänhetens exponering för radiofrekventa fält ligger alltså långt under referensvärdet. Effekttheten avtar snabbt de närmsta metrarna framför en basstations antenn, vilket illustreras i Figur 15. Det är därför endast på korta avstånd mitt framför basstationsantennerna som referensvärdet kan överskridas, se Figur 16. Dessa platser är dock i princip aldrig tillgängliga för allmänheten.



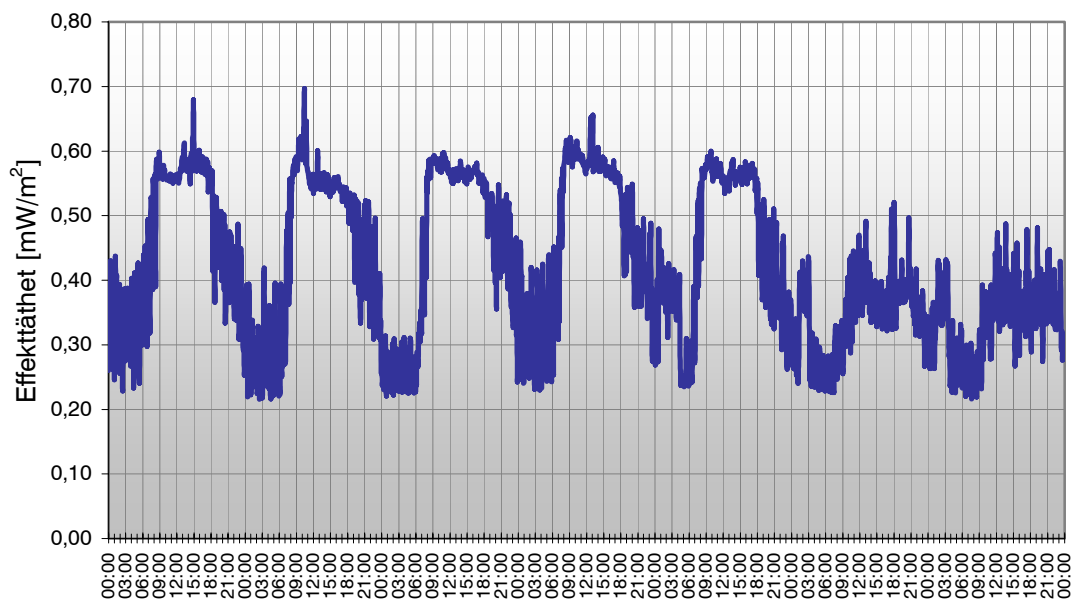
Figur 15 Effekttheten avtar snabbt mitt framför en basstations antenn. Simuleringen avser en 3G-basstation som sänder för fullt.



Figur 16 Basstationsantenn monterad under en balkong. För 3G-basstationer är det först när man befinner sig inom ett område som kan beskrivas med en tre meter stor cylinder (i samma höjd som antennen) som referensvärdet kan överskridas. Bakom, ovanför och under antennen är exponeringen mycket låg.

Sändarstyrkan beror huvudsakligen på basstationens belastning, dvs. hur stor del av basstationens kapacitet som används. Under våren 2004 fanns det få 3G-användare. När 3G-användandet tar fart inom de närmsta åren är det troligt att 3G-basstationerna kommer att sända något starkare. Samtidigt är det rimligt att anta att exponeringen från GSM-systemen (GSM900 och GSM1800) kommer att minska efterhand som användarna går över till 3G.

Mätningarna, som presenteras i denna rapport, utfördes dagtid (måndag respektive fredag) då trafiken i mobilnäten och därmed även exponeringen för mobiltelefonisignaler antogs vara högst. Dygnsmätningar som har gjorts på SSI i Solna visar hur exponeringen från närliggande GSM-basstationer varierade under sju dygn, se Figur 17. Figur 17 visar tydligt att basstationerna sänder med högst styrka under dagtid, måndag till fredag, då många använder sina mobiltelefoner. Under helgen var belastningen ojämnare, vilket återspeglas i exponeringsnivån. Trafiken var lägst på nätterna, men basstationerna gav ändå en viss exponering eftersom de alltid sänder en signal som talar om för mobiltelefonerna att de finns.



Figur 17 Variation av signalintensiteten från GSM-basstationer under en vecka, måndag till söndag, på taket vid SSI:s mätstation i Solna. Intensiteten var högst under dagtid när många använde sina mobiltelefoner.

Mätningarna i Solna och Ekerö genomfördes utomhus. Exponeringen är vanligtvis lägre inomhus eftersom husets väggar och tak reflekterar och absorberar en del av radiovågorna. Radiovågorna påverkas inte bara av sin omgivning, de kan även påverka varandra. Radiovågor kan, liksom vågor på havet, lokalt förstärka eller försvaga varandra beroende på om de är i fas eller inte. Detta fenomen kallas fädning och kan påverka enskilda mätresultat. Det är dock inte troligt att fädningseffekter skulle förändra den övergripande exponeringsuppskattningen i denna mätstudie.

Vid insamlingen av mätdata registrerades det högsta värdet för varje frekvens under en halv minut. Det innebär att exponeringen för sporadiska signaler (exempelvis kommunikationsradio) och pulsade signaler (huvudsakligen GSM) egentligen var lägre än de uppmätta värdena. UMTS-signaler (3G) är inte pulsade utan sänder kontinuerligt, vilket gjorde att de inte överskattades på samma sätt.

Kombinationen av att mätningarna utfördes utomhus under dagtid och att högsta värdet för varje frekvens registrerades medförde att allmänhetens totala exponering från basstationer var lägre än vad som uppmättes. De uppmätta värdena ligger ändå långt under referensvärdet.

I samband med SSI:s mätningar utförde även Ericsson mätningar, dock endast av UMTS-signaler. Ericssons och SSI:s mätresultat överensstämde om man beaktar mätutrustningarnas individuella onoggrannheter.

Ordlista

Antenn	Antenner används för att sända och ta emot radiovågor. Antennerna som används för mobiltelefoni placeras ofta i master för att få längre räckvidd.
Basstation	En basstation består av radiosändare/mottagare och antenner. Dessa är sammankopplade med antennkablar. Samtal överförs mellan mobiltelefoner eller mellan en mobiltelefon och det fasta telenätet via närliggande basstationer.
DECT	Förkortning av Digital Enhanced Cordless Telecommunications system. DECT är en typ av trådlös telefoni som ofta används på arbetsplatser och i hemmen.
Effekt	Fysikalisk storhet som mäts i watt [W]. När man talar om sändarstyrka så anger effekten hur mycket energi som avges per sekund.
Elektrisk fältstyrka	Fysikalisk storhet med beteckningen E. Mäts i volt per meter [V/m].
Effekttäthet	Anger signalintensiteten, mäts i watt per kvadratmeter [W/m ²].
Exponeringskvot	Anger hur stor exponeringen är i förhållande till referensvärdet.
Frekvens	Fysikalisk storhet som anger antalet vågor per sekund, mäts i hertz [Hz].
GPS	Förkortning av Global Positioning System. Ett positioneringssystem som hämtar information från satelliter.
GSM900	Förkortning av Global System for Mobile communication. Andra generationens mobiltelefoni. Digitalt mobiltelefonisystem som använder frekvenser runt 900 MHz. GSM sänder till skillnad från UMTS pulsade signaler.
GSM1800	Utbyggnad av GSM900 för att öka kapaciteten i områden med hög belastning. GSM1800 använder frekvenser runt 1 800 MHz.
Icke joniserande strålning	Till icke joniserande strålning räknas elektriska fält, magnetfält, radiovågor, mikrovågor, infrarött, synligt ljus och UV. Icke joniserande strålning har lägre energi än joniserande strålning och kan därför inte jonisera materia.
Joniserande strålning	Joniserande strålning har tillräckligt hög energi för att kunna jonisera materia som den passerar. Det innebär att elektroner kan slås loss från atomer. Röntgenstrålning och strålning från radioaktiva ämnen tillhör joniserande strålning.

Magnetisk fältstyrka	Fysikalisk storhet med beteckningen H. Mäts i ampere per meter [A/m].
NMT450	Förkortning av Nordisk Mobiltelefoni. Första generationens mobiltelefoni. Analogt mobiltelefonisystem som använder frekvenser runt 450 MHz.
Radiofrekventa fält	Avser frekvensområdet upp till 300 GHz i det elektromagnetiska spektrumet.
Referensvärde	Referensvärdet är en rekommenderad högsta tillåtna exponeringsnivå som ger en god marginal till påvisade skadliga effekter. Referensvärdet bör inte överskridas på platser där allmänheten vistas.
Signalintensitet	Se Effekttäthet
UMTS	Förkortning av Universal Mobile Telecommunications system. Tredje generationens mobiltelefoni, även kallat 3G. UMTS är ett digitalt mobiltelefonisystem som använder frekvenser runt 2 000 MHz.
Upplänk mobiltelefoni	Upplänken omfattar mobiltelefonernas sändning till basstationerna. Sändningen från basstationerna till mobiltelefonerna kallas nedlänk.
WLAN	Förkortning av Wireless Local Area Network. WLAN är en beteckning för trådlösa datornätverk. Dessa använder frekvenser runt 2 400 MHz.

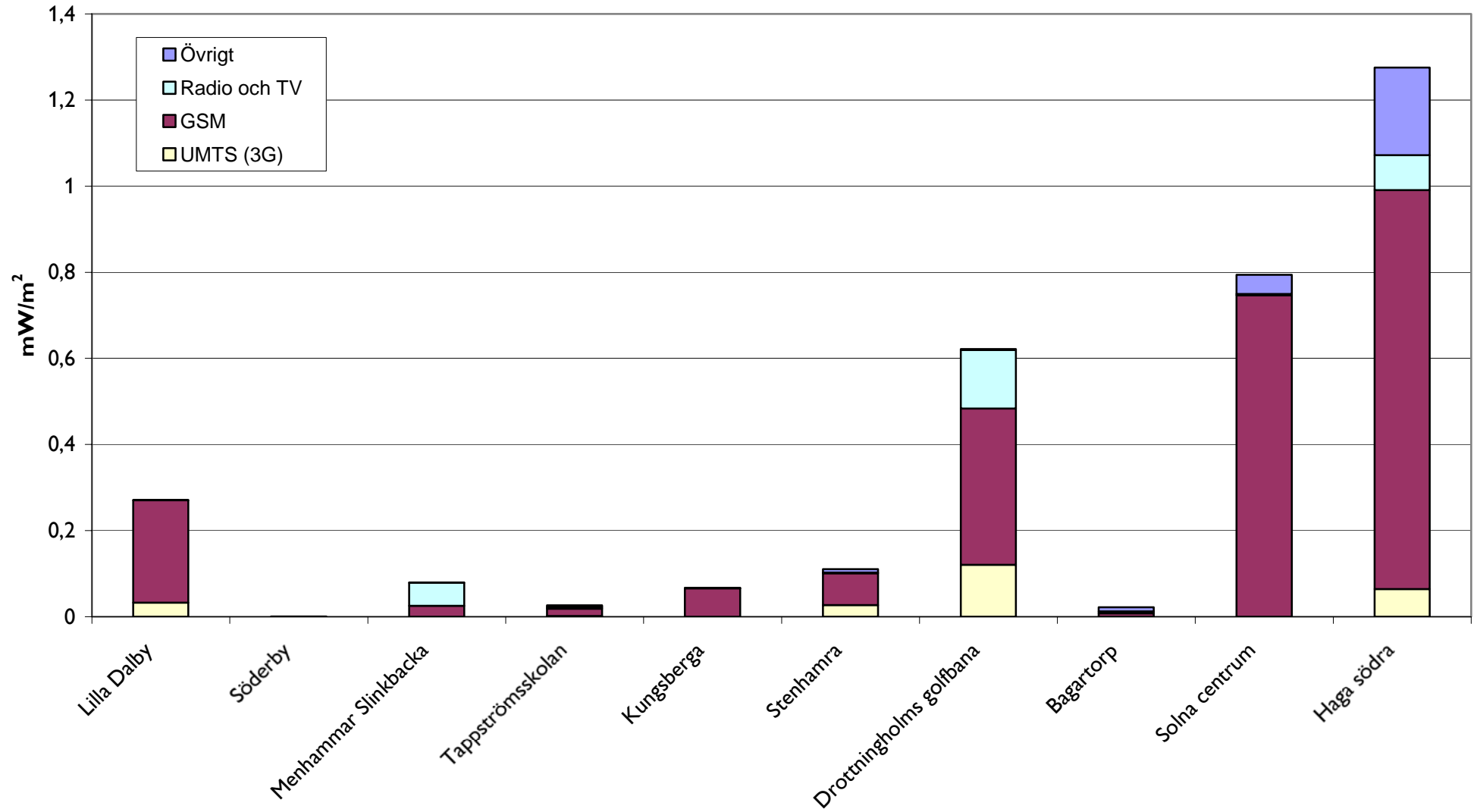
Referenser

- [1] *Statens strålskyddsinstitutets allmänna råd om begränsning av allmänhetens exponering för elektromagnetiska fält, SSI FS 2002:3*

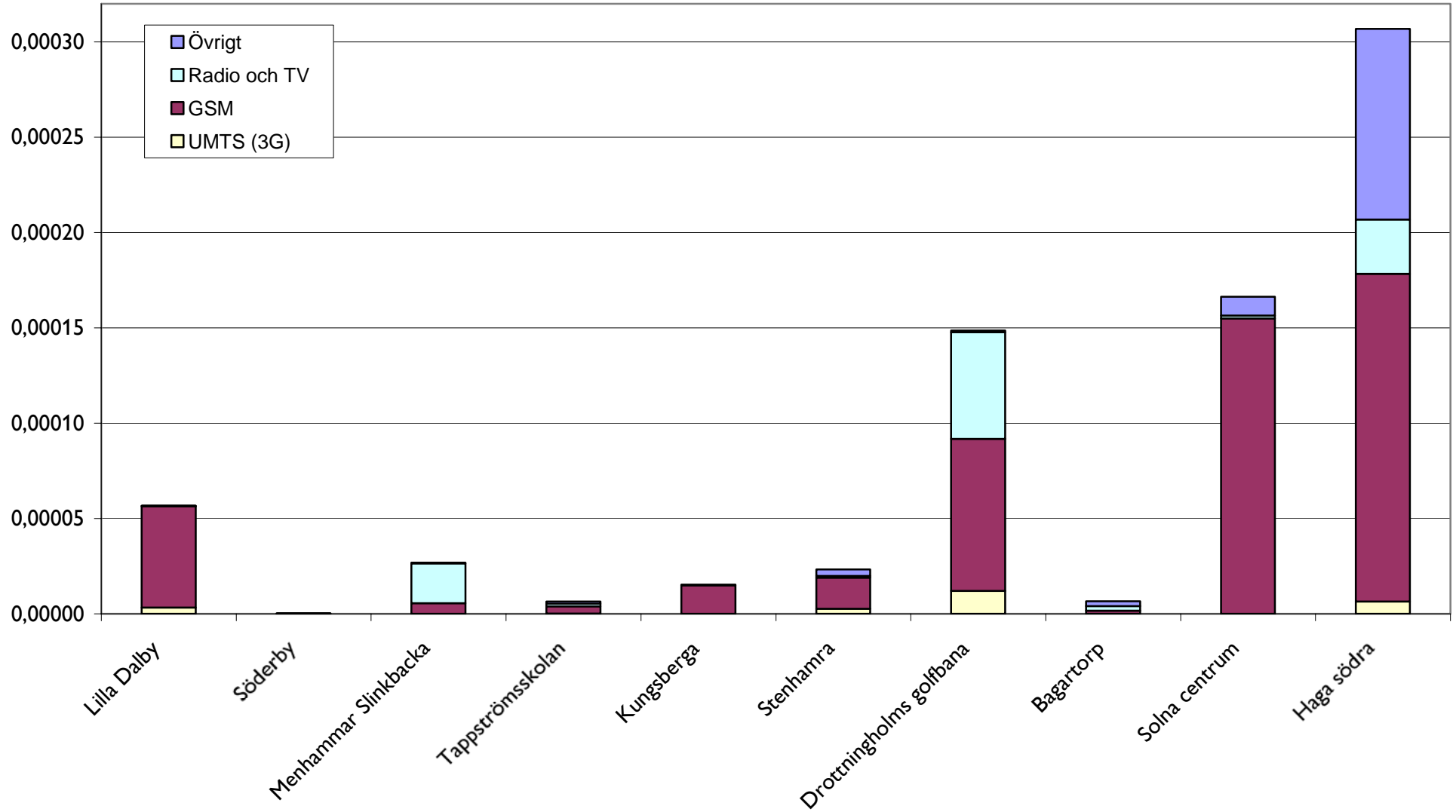
Bilaga 1. Översikt – uppmätta värden

I denna bilaga presenteras mätresultaten grafiskt. Den ena grafen visar effekttätheten i tusendels watt per kvadratmeter [mW/m^2]. Den andra grafen visar exponeringskvoten. Exponeringskvoten anger hur stor exponeringen är i förhållande till referensvärdet. Den verkliga exponeringen beskrivs bäst av exponeringskvoten, eftersom styrkan hos varje enskild signal har viktats mot det referensvärde som gäller för den aktuella signalen.

Effekttäthet i milliwatt per kvadratmeter vid de tio mätplatsema



Exponeringskvot vid de tio mätplatserna



Bilaga 2. Karta över Ekerö kommun

Figur 18 visar en karta över Ekerö kommun, där mätplatserna och de 3G-master som var kända av Ekerö kommun under hösten 2004 är markerade. Det är bara möjligt att redovisa masternas placering eftersom antennernas placering är skyddade av försvarstekniska skäl. I Solna stad är de flesta 3G-antennerna inte placerade i master, som i Ekerö kommun, utan på hustak och fasader. En karta över Solna stad med enbart master skulle därför bli alltför missvisande.



Figur 18 Karta över Ekerö kommun. Mätplatser och 3G-master är markerade.

2004:01 Further AMBER and Ecolego

Intercomparisons

SKI nr 2004:05

SSI och SKI

2004:02 Strengthening the Radiation Protection System in Cuba (SRPS – Cuba), A co-operation project between Cuban and Swedish institutions, February 2001–June 2003

Avdelningen för avfall och miljö.

Rodolfo Avila, Carl-Magnus Larsson, Miguel Prendes och Juan Tomás Zerquera

80 SEK

2004:03 Friklassning av material från rivning av kärntekniska anläggningar i Sverige – en utredning om EU:s rekommenderade regler är tillämpbara i Sverige

Avdelningen för avfall och miljö.

Gunilla Hamrefors

210 SEK

2004:04 Säkerhets och strålskyddsläget vid de svenska kärnkraftverken 2003

SSI och SKI

2004:05 Detektion av radioaktivt material och kärnämne vid svensk gränskontroll - en pilotstudie

SSI och SKI (SKI nr 2004:22)

Anders Ringbom, Klas Elmgren och Lena Oliver

2004:06 SSI and SKI's Review of SKB's Updated Final Safety Report for SFR I -Review Report

SSI och SKI (SKI nr 2004:xx)

Björn Dverstorp och Benny Sundström et. al.

2004:07 Personalstrålskydd inom kärnkraftindustrin under 2003

Avdelningen för personal- och patientstrålskydd

Stig Erixon, Peter Hofvander, Ingemar Lund, Lars Malmqvist, Ingela Thimgren och Hanna Ölander Gür

70 SEK

2004:08 Doskatalogen för nukleärmedicin; projekt SSI P 1151.99

Avdelningen för personal- och patientstrålskydd

Sigrid Leide-Svegborn, Sören Mattsson, Lennart Johansson och Bertil Nosslin

120 SEK

2004:09 SSI:s roll i folkhälsoarbetet – redovisning av regeringsuppdrag inom folkhälsoområdet

Avdelning för beredskap och miljöövervakning

Torsten Cederlund, Robert Finck, Lars Mjönes, Leif Moberg, Ann-Louis Söderman, Åsa Wiklund, Katarina Yuen och Hanna Ölander Gür

170 SEK

2004:10 Riktlinjer för utformning av strålskyddsprogram för transportörer av radioaktiva ämnen

Avdelning för personal- och patientstrålskydd och

Avdelning för avfall och miljö

Thommy Godås

70 SEK

2004:11 Tillsynsrapport 2002 – 2003

Avdelning för avfall och miljö

Josefin Viidas

90 SEK

2004:12 Stråldosreglering vid kroppsdatortomografi – bakgrund till dosregleringsprogrammet OmnimAs

Avdelningen för personal- och patientstrålskydd

Ulf Nyman, Wolfram Leitz, Mattias Kristiansson och Per-Åke Pahlstorp

70 SEK

2004:13 Mätning av radiofrekventa elektromagnetiska fält i olika utomhusmiljöer

Avdelning för beredskap och miljöövervakning

Jimmy Trulsson

90 SEK



STATENS STRÅLSKYDDSIKSTITUT, SSI, är central tillsynsmyndighet på strålskyddsområdet. Myndighetens verksamhetsidé är att verka för ett gott strålskydd för människor och miljö nu och i framtiden.

SSI är ansvarig myndighet för det av riksdagen beslutade miljömålet *Säker strålmiljö*.

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

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 medverkar i det internationella strålskydssamarbetet och bidrar därigenom till förbättringar av strålskyddet i främst Baltikum och Ryssland.

Myndigheten har idag ca 110 anställda och är belägen i Stockholm.

THE SWEDISH RADIATION PROTECTION AUTHORITY, SSI, is the government regulatory authority for radiation protection. Its task is to secure good radiation protection for people and the environment both today and in the future.

The Swedish parliament has appointed SSI to be in charge of the implementation of its environmental quality objective *Säker strålmiljö* ("A Safe Radiation Environment").

SSI sets radiation dose limits for the public and for workers exposed to radiation and regulates many other matters dealing with radiation. Compliance with regulations is ensured through inspections.

SSI also provides information, education, advice, carries out its own research and administers external research projects.

SSI maintains an around-the-clock preparedness for radiation accidents. Early warning is provided by Swedish and foreign monitoring stations and by international alarm and information systems.

The Authority collaborates with many national and international radiation protection endeavours. It actively supports the on-going improvements of radiation protection in Estonia, Latvia, Lithuania, and Russia.

SSI has about 110 employees and is located in Stockholm.



Statens strålskyddsinstitut
Swedish Radiation Protection Authority

Address: Statens strålskyddsinstitut; S-171 16 Stockholm

Besöksadress: Solna strandväg 96

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

Address: Swedish Radiation Protection Authority
SE-171 16 Stockholm; Sweden

Visiting address: Solna strandväg 96

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

www.ssi.se