

Mobiltelefoner och basstationer

För allt flera har mobiltelefonen blivit en personlig kontaktmetod, som används allt mera. Den nya tekniken används av både gamla och unga. När telefonerna blivit allt vanligare har man börjat bekymra sig för strålningen från dem och från basstationerna.



Mobiltelefoner och basstationer

De senaste tio åren har mobilerna blivit oerhört mycket vanligare. Radiosändare har uppenbarat sig på hustaken och radiomaster har rest sig mitt i naturen. Nästan alla medborgare berörs av att telefonerna snart finns överallt, men allt flera blir också bekymrade.

En mobiltelefon är egentligen en radiosändare och -mottagare, som via en basstation är kopplad till nätet. Både telefonen och basstationen utsänder alltså radiovågor. I Finland övervakas telefonernas strålsäkerhet av Strålsäkerhetscentralen.

Olika radiofrekvenser

I Finland upphörde man i slutet av år 2002 att använda det nordiska mobiltelefonnätet NMT och övergick till Global System for Mobile communications eller GSM. Den tredje generationen Universal Mobile Telecommunications System eller Wideband Code-Division Multiple-Access, alltså UMTS- eller WCDMA-nät, togs i bruk på

prov år 2002. GSM fungerar i Finland på frekvensområdena 900 MHz och 1 800 MHz. UMTS-nätet fungerar i närheten av 2 000 MHz.

Basstationen reglerar telefonens effekt

Samtalet överförs från mobilen till närmaste basstation och därifrån till mobilcentralen och fortsätter till trådtelefonnätet eller via en annan station till mottagarens telefon. Telefonens sändareffekt beror på hurudan förbindelsen till basstationen är och vad som pågår, det vill säga talar man, lyssnar man eller är telefonen bara i beredskapsläge.

I praktiken utsänder telefonen radiovågor bara när man talar i den. En GSM-telefon sänder ut pulser som varar i 0,6 millisekunder och upprepas ca var 4,6 millisekund. Telefonen sänder alltså strålning under en åttondedel av tiden. Om fältet från basstationen är svagt sänder telefonen med maximal effekt, som för en

GSM900 är i medeltal 0,25 watt och för en GSM1800 hälften av detta. När man överför data med det snabba General Packet Radio Service kan telefonens sändningseffekt för GPRS teoretiskt vara åtta gånger större, men i praktiken högst fyrfaldig jämförd med effekten under ett samtal. Härvid är även telefonen på längre avstånd från kroppen, t.ex. på ett bord.

Basstationen följer hela tiden med förbindelsen och styr telefonens effekt så att kvaliteten är tillräckligt bra. I princip använder man alltid lägsta möjliga effekt, vilket sparar strömåtgången i telefonen och medför minsta möjliga störningar i andra förbindelser. En GSM900-telefon har 15 olika effektnivåer, den minsta effekten är ca en sexhundrededel av topp-effekten. GSM1800 har 16 effektnivåer och den minsta effekten är en tusendedel av topp-effekten. När inget samtal pågår sänder telefonen pulser med långa mellanrum. En telefon som är statio-



Antalet mobiltelefoner har nästan tiodubblats under de senaste tio åren.

Mobiltelefonnätets frekvenser och effekter

Mobilnät	Mobiltelefon		Basstation	
	Frekvensområde [MHz]	Största effekt i medeltal [W]	Frekvensområde [MHz]	Typisk effekt i antennen [W]
GSM900	880–915	0,25	925–960	20
GSM1800	1710–1785	0,125	1805–1880	15
UMTS/WCDMA	1920–1980	0,125	2110–2170	10

när eller håller sig inom samma basstations område sänder pulser under en hundrededel av tiden. Man vill belasta nätet och telefonens batteri så litet som möjligt. Effektnivåerna är flere och effektregleringen snabbare i UMTS-telefoner jämfört med GSM. Topp-effekten för UMTS är i medeltal 0,125 watt.

Mobiltelefonnätet är uppdelat i celler, där varje cell har en basstation. Cellens form beror på inriktningens område för sändarens antenn och den omgivande terrängen. Sändarnas effekt och frekvensområde inverkar på cellens storlek.

Cellens storlek beror även på hur många användare det finns på området. I glesbygden är områdena större och sändareffekten i masterna är därför högre än i tätorterna, eftersom täckningen måste vara större. På samma ställe kan finnas basstationer för flera celler. Varje cell har alltid en basstation, som sänder radiovågor med konstant effekt. Det kan dessutom

finnas ytterligare en eller flera sändare, vars momentana effekt beror på hur många samtal som pågår.

Sändarnas effekt har minimerats för att undvika störningar. GSM-stationer har sändareffekter på 0,3–50 watt och frekvenserna är nästan desamma som mobiltelefonernas frekvenser. Strålningen från en UMTS-basstation ger i stort sett samma stråldos som strålningen från en GSM-station.

I glesbygden har sändarnas antenner i allmänhet placerats i master som är ett tiotal meter höga. Själva sändarutrustningen finns i ett skåp vid mastens fot. I tätorter kan antennerna finnas i ca 20 meter höga master, eller på hustak och ytterväggar. På taket fästes antennen i allmänhet på hissmaskinrummets yttervägg, vid en skorsten eller i en några meter hög stång som blivit rest på taket. I tätorter placeras sändarna i ett skåp som finns utomhus, i källaren eller på vinden.

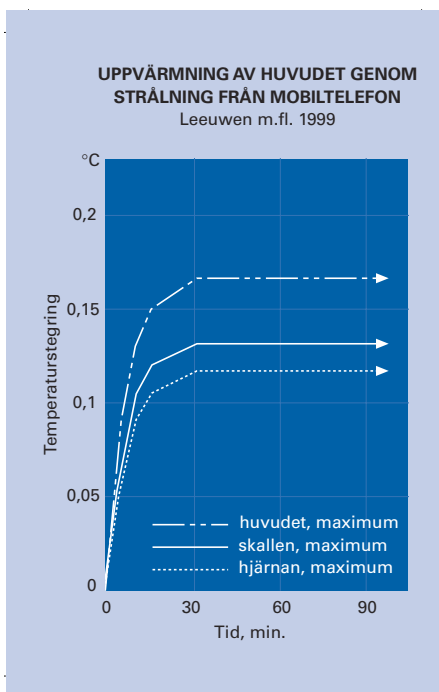
Signalen går från sändaren till

antennen i en kabel. Endast från antennen utgår radiovågor. Sändaren, kabeln och själva masten strålar inte. Antennerna utsänder strålning åt ett håll i solfjädersform.

Människan utsätts för strålning från sin mobiltelefon

Även om mobiltelefonens effekt är liten, blir bestrålningen betydlig när telefonen hålls nära kroppen. Strålningen absorberas av vävnaderna och detta kan mätas med SAR-värdet, specifik absorptionsrat. Ju kortare avståndet till telefonen är, desto mera effekt absorberas av kroppen. Redan om man håller telefonen på några centimeters avstånd minskar effekten till en bråkdel.

Även frekvensen inverkar på radiovågarnas penetrationsförmåga. Från en GSM900 tränger de in till ca 4 cm djup och från en GSM1800 till ca 3 cm djup. Telefonhöljets form och material samt antenntypen inverkar på hur mycket effekt som absorberas,



Typisk temperaturstegring i huvudet orsakad av GSM-telefon på full effekt.

liksom huvudets storlek och form samt vävnadernas elektriska egenskaper. Effekt absorberas mest av vattenhaltig vävnad, såsom hud, muskler, blod och hjärna, medan absorptionen i ben är mindre.

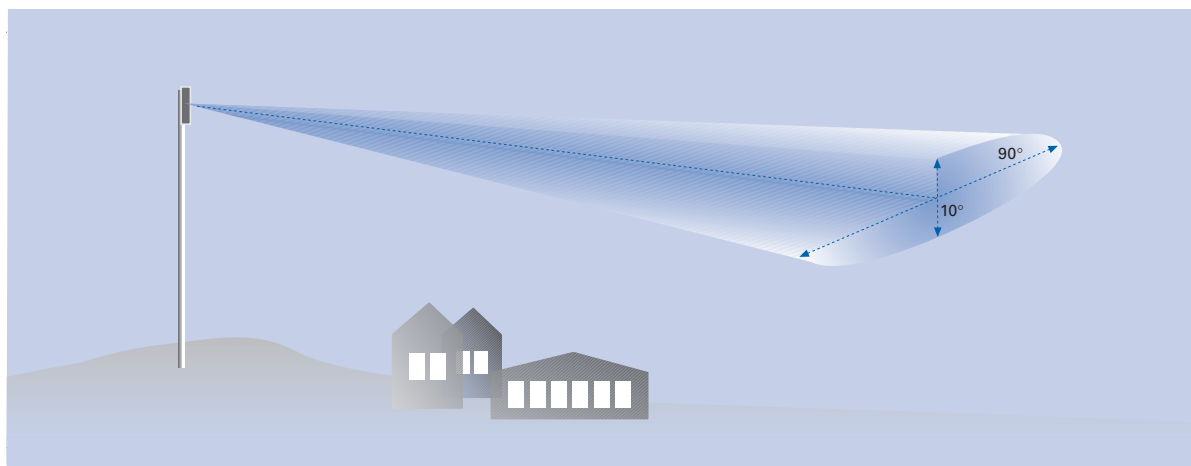
Även telefonens läge har betydelse. Det är alltså många faktorer som inverkar på hur mycket effekt huvudet absorberar. Det krävs komplicerade mätningar och datorprogram för att beräkna absorptionen exakt.

Sedan hösten 2001 meddelar tillverkarna vilka SAR-värden deras nya telefoner har. De finns bland annat angivna på tillverkarnas webbsidor. SAR-värdena varierar från 0,3 W/kg till 1,6 W/kg. De överstiger inte det högsta tillåtna värdet i Finland, som är 2 W/kg.

Strålning från en basstation kan jämföras med strålning från FM- och tv-stationer.

En basstations antenner är konstruerade att stråla rakt framåt i en solfjäderformad strålkägla (se bilden), och samtidigt så litet som möjligt i andra riktningar. I praktiken överskrider de högsta tillåtna värdena i strålkäglets riktning på mindre än tio meters avstånd från antennen, om det gäller en antenn som installerats på ett tak och som sänder med relativt hög effekt.

Sändarna är så långt borta från människorna, att man som mått på bestrålningen kan använda effekttätheten hos en radiovåg som rör sig i ett fritt utrymme. Tabellen på sidan 8 anger resultat av mätningar som Strålsäkerhetscentralen utfört på basstationer. De uppmätta värdena på effekttätheten i bostäder belägna på några tiotals meters avstånd framför an-



Strålningen från antennen vid en basstation bildar en vågrät solfjäderformad kägla, som är smal vertikalt men bred horisontalt.



Om en basstation monterats på en vägg strålar den utåt och mycket lite in i huset. Antennen måste monteras så, att man inte kan vidröra den från ett fönster eller en balkong.

tennerna var högst en tvåhundrededel av det tillåtna toppvärdet och i regel en tiotusendedel av detta värde.

En antenn bakom väggen utanför en bostad orsakar inte nämnvärd bestrålning i bostaden, eftersom antennens strålning bakåt är mycket svag och dessutom dämpas av väggen. Den högsta effekttäthet Strålsäkerhetscentralen uppmätt i sådana fall har varit ca en tusendedel av toppvärdet. De uppmätta värdena har i allmänhet varit betydligt under de högsta tillåtna värdena.

En basstation skall alltid placeras så, att strålningen på sådana platser där allmänheten har fritt tillträde är långt under de högsta

tillåtna värdena. Vid arbete som utförs nära antennen till en basstation som finns på ett tak skall man se till att bestrålningen inte överstiger arbetarskyddsgränserna (tabell på s. 9). För att trygga arbetarskyddet skall antennen vid behov föres med en skylt som varnar för radiostrålning och som meddelar hur stort säkerhetsavståndet är.

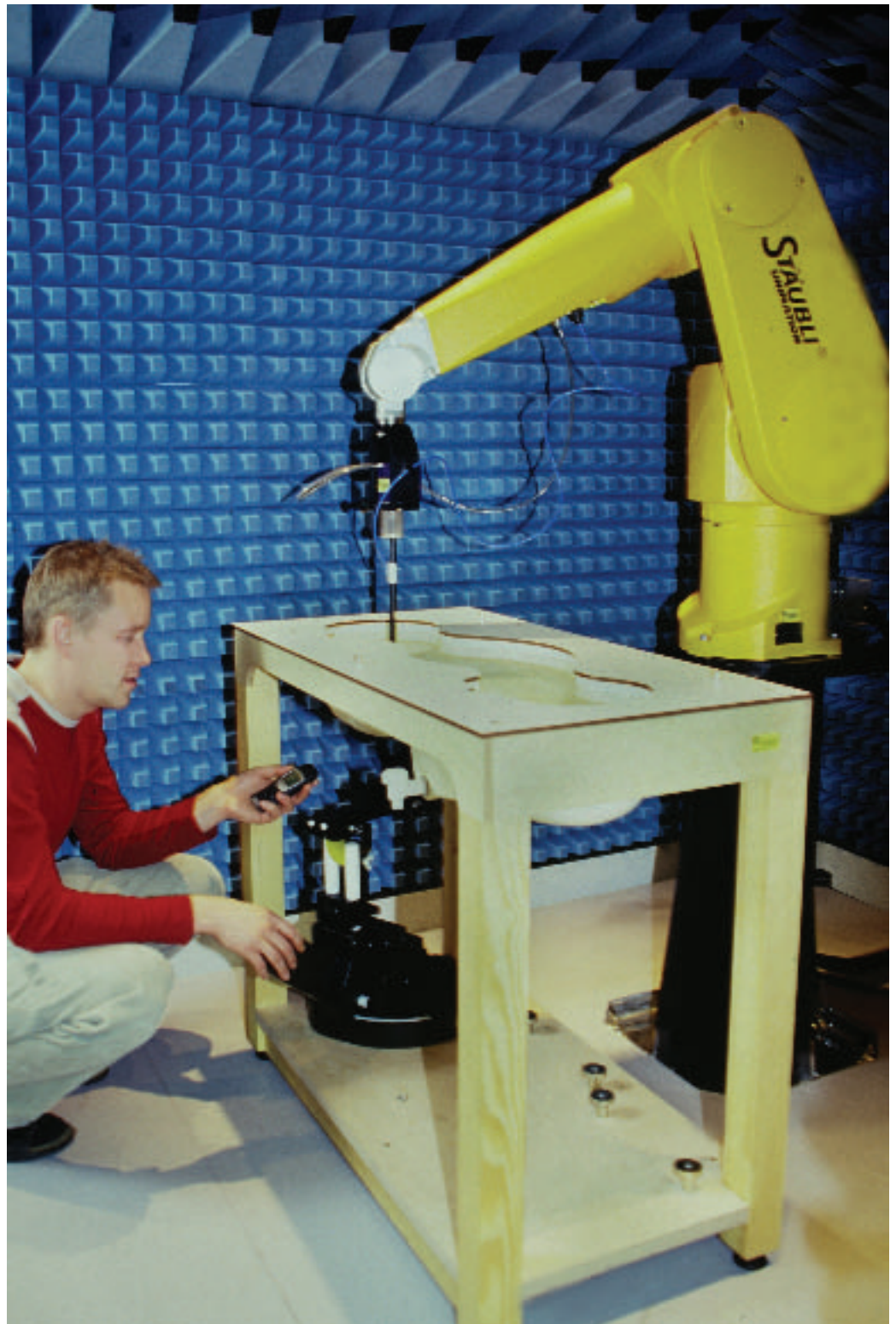
Basstationerna har inte i någon betydande grad ökat allmänhetens exponering för radiovågor. Effekttätheten i strålningen från en närbelägen FM- eller tv-station är ofta av samma storleksordning som effekttätheten från en sändare för mobiltelefoner. Strålningen från en FM-station på 10 kilometers av-

stånd är till exempel ungefär lika stark som strålningen från en basstation på 400 meters avstånd.

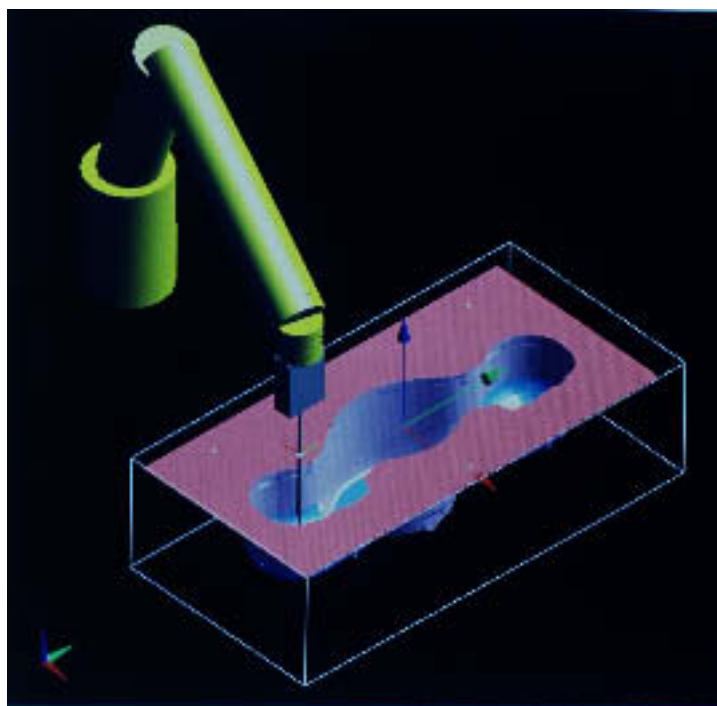
Strålningens effekter undersöks

Strålningen från en mobiltelefon kan i någon mån värma upp kroppens vävnader och detta är tillsvidare det enda kända påverkningssättet.

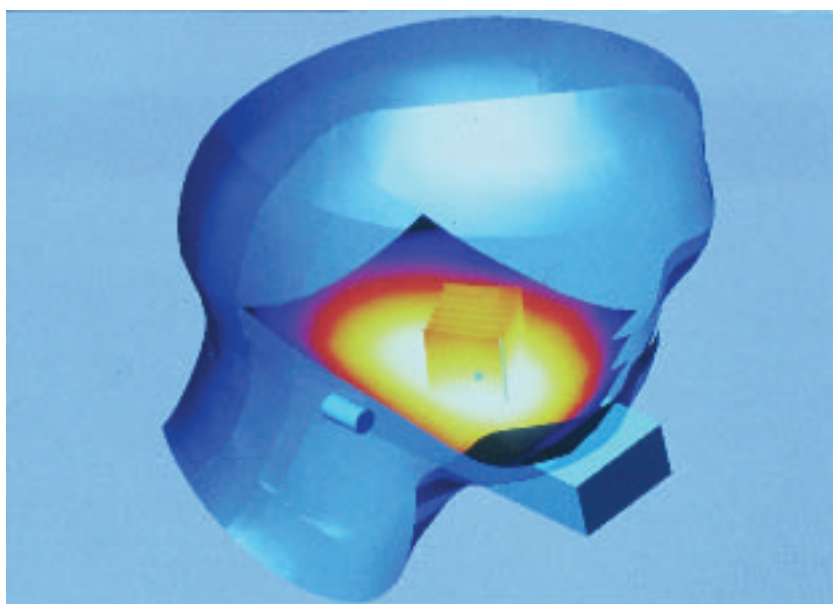
På basis av numeriska modeller och mätningar har man uppskattat, att temperaturstegringen i hjärnbarken till följd av radiovågor från en mobiltelefon högst kan bli 0,3 grader Celsius. En så liten temperaturskillnad har så vitt man vet inte någon biologisk betydelse. Temperaturen i hjärnan varierar normalt med en grad och det be-



Mobiltelefonens SAR mäts enligt den europeiska standarden EN 50361. För mätningen har Strålsäkerhetscentralen anskaffat SAR-testutrustning som uppfyller kraven. Till den hör en fantom (docka) som imiterar hjärnans anatomiska form. Den har ett skal av tunn plast och innehåller en vätska som motsvarar hjärnans elektriska egenskaper. Dockan är öppen uppåt, så att den uppkomna värmeeffektens fördelning kan mätas med en detektor för små elektriska fält. SAR-detektorn förflyttas med en noggrann robothand som är datorstyrd.



Den effekt som absorberas i huvudet beror av på vilken sida om huvudet man håller telefonen. Därför utförs mätningarna för både vänstersida och högersida på fantomen.



Mätresultatet av SAR-testen erhålls genom att man beräknar medeltalet för ett antal mätningar som motsvarar 10 gram vävnad.

Exempel på strålning från en basstation uppmätt i en bostad

Det högsta tillåtna värdet för en GSM900-basstation är 4,5W/m² och för en GSM1800-basstation 9,0 W/m²

Telefontyp	Antennens plats	Var uppmätt	Uppmätt effekt i procent av maximivärdet
GSM900	på 80 m höjd i en mast	i ett vardagsrum på 210 m avstånd snett nedanför antennen	0,0001
GSM900	på 15 m höjd i en mast	på en balkong på 25 m avstånd snett nedanför antennen	0,07
GSM1800	på 10 m höjd i en mast	rum i andra våningen, på 10 m avstånd snett nedanför antennen	0,03
GSM900	på ett höghustak	i vardagsrummet i översta våningen i ett grannhus, 5 m lägre ner och på 20 m avstånd från antennen	0,6
GSM900	på ett höghustak	rum i översta våningen, 2 m ovanför golvet, på 5 m avstånd snett nedanför antennen	0,03
GSM1800	på ett höghustak	piskbalkong, på 10 m avstånd snett nedåt från antennen vid fönstret av bostad på översta våningen i grannhuset, på 40 m avstånd från antennen	0,06 0,02
GSM900	på ett radhustak	rum i översta våningen, på 2 m höjd från golvet och på 5 m avstånd snett nedanför antennen	0,1
GSM900	på yttre väggen i ett höghus	bostad bakom antennen, på 1 m avstånd från antennen nära fönster närmast antennen på 4 m avstånd snett nedanför antennen	0,04 0,1
GSM900	på yttre väggen i ett höghus	bostad bakom antennen, på 1,5 m höjd från golvet, på 2 m avstånd från antennen	0,03

hövs en fem graders temperaturstegring för att orsaka cellskador.

Man har försökt hitta andra effekter än uppvärmning med omfattande forskning i många länder. Bland annat försöker man med epidemiologiska befolkningsun-

dersökningar utforska det eventuella sambandet mellan användning av mobiltelefoner och hjärncancer. Kortvariga effekter på till exempel sömn, hjärnfunktioner och andra symptom som en försöksperson kan uppleva undersöks med hjälp

av frivilliga. Med djurförsök undersöks eventuell uppkomst av cancer och med cellodling olika förändringar i cellernas funktioner på grund av strålning.

På grundval av forskningsresultaten kan man inte se, att strål-

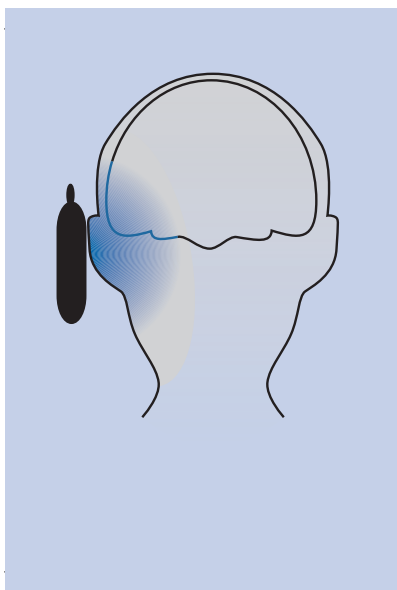
ning från mobiltelefoner skulle vara skadlig för hälsan. För närvarande vet man inte, om barn är mera känsliga för strålningen än vuxna.

Man har hittills inte med epidemiologiska undersökningar kunnat visa, att risken att få en hjärntumör skulle öka om man använder mobiltelefon. Man kan dock ännu inte dra helt säkra slutsatser av dessa undersökningar eftersom telefonerna bara varit några år i användning. År 2004 avslutas den internationella undersökningen Interphone, som är den största undersökningen hittills. Den täcker 5–10 år av användning och borde ge mera tillförlitliga data om

Högsta tillåtna värden för radiofrekvent strålning

Befolkningens exponering för bland annat radiofrekvent strålning begränsas med social- och hälsovårdsministeriets förordning från år 2002 (294/2002). I förordningen har fastställts, att det högsta tillåtna lokala SAR-värdet är 2 W/kg, vilket skall tillämpas på mobiltelefoner, och den högsta tillåtna effekttätheten, vilken skall tillämpas på basstationer, är 4,5 - 10 W/m², beroende på frekvensen. Vid arbete i närheten av en basstation tillämpas de maximivärden för effekttäthet som fastställts i social- och hälsovårdsministeriets beslut 1474/1991, 22,5 - 50 W/m²

Typ av basstation	Maximal effekttäthet [W/m ²]	
	Befolkning	Arbetstagare
GSM900	4,5	22,5
GSM1800	9,0	45
UMTS/WCDMA	10,0	50



Strålningen från telefonen tränger några centimeter in i huvudet.

risken för hjärncancer.

I några undersökningar har man hos försökspersoner upptäckt små förändringar i hjärnfunktionen såsom förändringar i elektroencefalogram, reaktionssnabbhet och hjärnans blodcirkulation. Dessa observationer har dock inte bekräftats och deras uppkomstmekanism är okänd. De har inte konstaterats medföra hälsoskador. Om observationerna kan bekräftas utvisar detta å andra sidan att strålningen har någon form av inverkan på hjärnan.

Vid undersökningar med cellodling, som även utförts på Strålsäkerhetscentralen, har man fått indikationer på att strålningen kan orsaka vissa tillfälliga förändringar i cellfunktionerna, såsom genernas funktion, proteinernas aktivitet

och förmedlingen av interna kemiska signaler i cellen. Man känner inte till på vilket sätt förändringarna i cellen uppkommer. Men man vet att fenomenet har någon annan orsak än överhettning av vävnaden.

I årtionden har man sett vissa indikationer på, att radiovågor på mobiltelefonernas strålningsnivå möjligen kan öka genomsläppligheten i hjärnans så kallade blod-hjärnbarriär. Blod-hjärnbarriären reglerar insläppet av olika ämnen från blodomloppet till hjärncellerna. De eventuella förändringarna är dock små och försvinner snabbt när strålningen avbryts. Det är möjligen fråga om en förändring som beror på mikroskopisk uppvärmning. Fenomenet ryms väl inom normal fysiologisk

variation och är så vitt man vet inte skadligt.

Några människor känner att de får olika känslor av obehag av strålning från mobiler och basstationer, såsom huvudvärk, koncentrationssvårigheter samt värme och rodnad i huden. Värmeförnimmelsen kan vara en riktig observation, men den beror främst på att telefonens hölje blir varmt. Forskningen har inte funnit någon förklaring på de övriga symptomen. De antas bero på att personen blivit medveten om att nya källor för radiovågsstrålning införts i omgivningen.

Andra effekter av mobiltelefoner

Strålningen kan störa funktionen hos elektriska apparater i telefonens närhet. Därför är mobiltelefoner förbjudna i flygplan och på sjukhus. Även pacemakers och hörapparater kan påverkas.

Otvivelaktigt kan risken för trafikolyckor öka om föraren talar i telefon. Lagen förbjuder telefonering under körning om det inte finns så kallad hands-free utrustning för telefonen. Samtal under körning kan dock göra föraren mindre koncentrerad i trafiken.

Maximivärdena för strålning från basstationer och mobiltelefoner i Finland grundar sig på de senaste riktvärdena från den internationella kommissionen för skydd mot icke-joniserande strålning, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Riktvärdena baserar sig på omfattande studier av veten-

Enheter för radiofrekvent strålning

Den specifika absorptionsraten SAR vars enhet är W/kg anger hur mycket strålning som absorberas i vävnaden. Den definieras som absorberad effekt per massenhet och kan anges som medeltal för hela kroppen, alltså total absorberad energi dividerad med kroppsvikten. SAR blir till exempel 0,07 W/kg om den absorberade effekten är 5 W och försökspersonen väger 70 kg. Vid exponering för strålning från mobiltelefoner är det dock mera meningsfullt att bestämma den största lokala absorptionsraten i den kroppsdel som är närmast telefonen, i allmänhet huvudet. Medeltalet för lokal SAR bestäms i en kubformad vävnad vars vikt är 10 gram. Man har valt 10 gram för att blodflödet anses jämna ut skarpa värmepappar.

Styrkan i strålningen från en basstation anges såsom effekttäthet, vars enhet är W/m². Man använder även ofta enheten mW/cm².

$$1 \text{ mW/cm}^2 = 10 \text{ W/m}^2.$$

Genom att multiplicera en människas tvärsnittsytan med effekttätheten får man en grov uppskattning av hur mycket strålning som absorberas. En människas effektiva tvärsnittsytan är ungefär hälften av den fysiska tvärsnittsytan, som i medeltal är ca 1 m² för en fullvuxen person. En människa absorberar då vid effekttätheten 10 W/m² totaleffekten 0,5 m² x 10 W/m² = 5 W. Det är inte mycket jämfört med den värmeeffekt som människokroppen själv producerar. Till exempel vid vila leder ämnesomsättningen till ca 70 W värmeproduktion och vid snabb motion uppstår över 300 W värme i kroppen.

NMT = Nordic Mobile Telephone
GSM = Global System for Mobile communications
UMTS = Universal Mobile Telecommunications System
WCDMA = Wideband Code Division Multiple Access
GPRS = General Packet Radio Service

skaplig litteratur på området. Grunden för riktvärdena är effekter som man på ett vetenskapligt korrekt sätt kunnat bekräfta.

Tillsyn och testning av mobiltelefoner

Strålsäkerhetscentralen är den myndighet som övervakar strålsäkerheten hos mobiltelefoner på marknaden genom att testa slumpvis utvalda telefoner av olika modeller. Marknadstillsynen är en del av produkttillsynen, genom vilken man säkrar att värdet på den specifika absorptionsraten inte överstiger det maximala SAR-värdet 2 W/kg.

Ansvar för SAR-värdet ligger i första hand på tillverkaren, som kontrollerar att telefonen uppfyller fordringarna innan den kommer ut på marknaden. Strålsäkerhetscentralens övervakning av marknaden syftar till att säkra, att tillverkarens kontroll fungerar. Dessutom vill man ge användarna tillförlitliga och jämförbara uppgifter om olika telefoner. De uppmätta strålningsvärdena publiceras på Strålsäkerhetscentralens webbsidor.

Vid testningen mäts den specifika absorptionsraten enligt den europeiska standarden EN 50361. Strålsäkerhetscentralens SAR-testutrustning uppfyller fordringarna (s. 6–7).

Principen för testningen är att uppmätt SAR åtminstone skall motsvara den största verkliga bestrålningen oberoende av telefon-teknik, telefonens läge och användarens anatomi. I testerna fungerar därför telefonen alltid

med högsta effekt.

Såsom specifik absorptionsrat för telefonen uppges det största värde som uppmäts. Om det är högst 2 W/kg uppfyller telefonen kraven i social- och hälsovårdsministeriets förordning 294/2002 och följer den europeiska produktstandard EN 50360 för mobiltelefoner. Mätningens osäkerhet är ± 30 procent.

Den som använder en mobiltelefon kan minska sin exponering

SAR för telefoner på marknaden understiger enligt tillverkarnas uppgifter det fastställda maxivärdet och Strålsäkerhetscentralen övervakar telefonernas strålsäkerhet. Om man dock vill hålla exponeringen av sig själv och sin familj så låg som möjligt, är det bra att veta följande:

- Till varje ny telefon bifogas uppgifter om den största möjliga strålningen uttryckt såsom SAR-värde.
- Genom att använda hands-free-utrustning kan man eliminera strålning i huvudet.
- Även ett litet mellanrum mellan telefonen och kroppen, till exempel ett fodral i bältet, minskar avsevärt exponeringen.
- I svaga fält strålar telefonen mycket mera än i starka fält.
- Så kallade mobiltelefonskydd minskar inte exponeringen i någon betydande grad.
- Basstationerna placeras så, att de inte utgör någon strålrisk för allmänheten.

Ytterligare upplysningar

Internet www.stuk.fi/svenska



April 2004
Strålsäkerhetscentralen • PB 14, 00881 Helsingfors • tel. (09) 759 881 •
www.stuk.fi