

Beregning av elektrisk feltstyrke

For å beregne den elektriske feltstyrken er det nødvendig å gjøre noen antagelser for å forenkle utregningene. Den viktigste antagelsen som er gjort i beregningene nedenfor, er at vi befinner oss i det såkalte fjernfeltet til senderen. Avstanden til fjernfeltet varierer med frekvensen og den fysiske utstrekningen til senderantenna. For de mest vanlige systemene (basestasjoner i mobilnett etc.), vil vi stort sett alltid finne oss i fjernfeltet i og med at senderantennene er plassert i en mast eller et stykke opp på en vegg. Karakteristiske egenskaper for fjernfeltet er at det elektriske (E) og det magnetiske (H) feltet står vinkelrett på hverandre og har et innbyrdes fast forhold lik: $E/H = 377 \text{ Ohm}$ (karakteristisk impedans i vakuum). Nærmere antenna, i nærfeltet, står ikke lenger det elektriske og det magnetiske feltet vinkelrett på hverandre og forholdet mellom dem er ikke lenger 377 Ohm . Eksempler på sendere der vi nesten alltid befinner oss i nærfeltet av, er mobiltelefoner når vi snakker i den. For å beregne stråling/eksponering fra mobiltelefoner, må man derfor bruke andre og mer kompliserte modeller eller gjøre målinger på modeller.

Utregningene av feltstyrke for mobile system og faste samband (punkt til punkt system (P-P) og punkt til multipunkt system (P-MP)), er gjort med utgangspunkt i parametre som er typiske for de ulike basestasjonene/senderne. For radar, der det er vanskelig å gi generelle tall, er det brukt verdier som er gitt til enkeltanlegg. For kringkastingssendere er det tatt utgangspunkt i maksimums- og minimumsverdier. Det blir opplyst i tabellen nedfor hvilke frekvenser og typiske sendereffekter hvert enkelt system bruker. I tillegg er det oppgitt hvilken grenseverdi for feltstyrke som gjelder i for de aktuelle frekvensene.

Den avstanden som er oppgitt (utregnet) i høyre kolonne, er den avstanden der den elektriske feltstyrken har falt til den grenseverdien som er anbefalt av ICNIRP. Når avstanden øker vil den elektriske feltstyrken avta og alltid ligge lavere enn grenseverdiene. Generelt kan man si at når avstanden dobbles, vil eksponeringen reduseres med 75 %. Den formelen som er brukt vil angi den maksimale elektriske feltstyrken som kan forekomme. I praksis vil det elektriske feltstyrkenivået ligge lavere enn det utregningene gir. Utregningsmetoden representerer derfor det verst tenkelige tilfellet ("worst case").

Formel for beregning av elektrisk feltstyrke (E) i V/m i en gitt avstand:

$$E_r = \frac{\sqrt{30 \cdot P_{EIRP}}}{r} \approx \frac{5,5}{r} \sqrt{P_{EIRP}}$$

P_{EIRP} : er totalt utstrålt effekt i W, inkludert antenneforsterking, relativt til en isotropisk antenne

r : er avstand i meter.

Elektrisk feltstyrke i avstand, r , fra basestasjonen/senderen, $E(r)$, skal være mindre enn, eller lik, den anbefalte grenseverdien, E grenseverdi:

$$E_r \approx \frac{5,5}{r} \sqrt{P_{EIRP}} \leq E_{Grenseverdi}$$

Ved å snu på ligningen får vi:

$$r \approx \frac{5,5}{E_{Grenseverdi}} \cdot \sqrt{P_{EIRP}} [m]$$

Dersom avstanden er større enn r vil den elektriske feltstyrken ligge lavere enn den anbefalte grenseverdien.

Radiosystem	Frekvens (MHz)	Totalt utstrålt effekt (W), relativ isotrop antenne (EIRP)	Grenseverdi for elektrisk feltstyrke* (V/m) *ICNIRP, generell befolkning	Avstand fra basestasjon/sender der feltstyrken har falt til et nivå innenfor det som blir anbefalt (m).
Mobile systemer:				
TETRA (typiske verdier)	400	100 (50 dBm)	28	2
GSM 900 (typiske verdier)	900	100 (50 dBm)	41	< 2
GSM 1800 (typiske verdier)	1800	~ 316 (55 dBm)	58	< 2
UMTS (typiske verdier)	2000	~ 316 (55 dBm)	61	< 2
Punkt til punkt (P-P) og punkt til multipunkt system (P-MP):				
Radiolinjer (typiske verdier)	1500	100 (50 dBm)	53	1
Radiolinjer (typiske verdier)	>3000	10000 (70 dBm)	61	9
Satellitt jordstasjoner (typiske verdier)	14000	100 k (50 dBW)	61	29
Satellitt jordstasjoner (typiske verdier)	14000	10 M (70 dBW)	61	285
Radioaksess (typiske verdier)	3500	32 (45 dBm)	61	< 1
Radioaksess (typiske verdier)	26000	32 (45 dBm)	61	< 1
WLAN	2400-2483,5	0,1	61	<< 1
WLAN	5150-5350	0,2	61	<< 1
WLAN	5470-5725	1	61	< 1
Radar:				
Radar (verdiene gjelder enkeltanlegg)	5	192 k	39	62
Radar (verdiene gjelder enkeltanlegg)	500	1M	31	177
Radar (verdiene gjelder enkeltanlegg)	3050	30k	61	16
Kringkasting:				
Mellombølge	1,314	609 k	76	56

		(2047 k e.m.r.p)		
TV-VHF (band III), hovedsender (maksimalverdier)	200	100 k	28	62
TV-UHF (band IV), hovedsender (maksimalverdier)	550	300k	32	94
TV-UHF (band V), hovedsender (maksimalverdier)	655	270k	35	82
FM-radio, hovedsender (minimal- og maksimalverdier)	100	50k 120k	28 28	44 68
Lokalradio (minimal- og maksimalverdier)	100	20 500	28 28	4

Dersom man befinner seg i andre avstander enn det som er gitt i tabellen, kan man selv regne ut den elektriske feltstyrken med formelen:

$$E_r = \frac{\sqrt{30 \cdot P_{EIRP}}}{r} \approx \frac{5,5}{r} \sqrt{P_{EIRP}}$$

Man kan deretter sammenligne den tallverdien man da får med den gitte grenseverdien for å se hvor høyt eller lavt nivået er i forhold til grenseverdiene. På grunn av at ICNIRP har satt sine grenseverdier ut i fra oppvarming av kroppsvev (Watt), er det nødvendig å kvadrere feltstyrkeverdiene og grenseverdiene før man regner ut hvor stor prosentvis eksponering man blir utsatt for i forhold til ICNIRPS anbefalinger.

$$ER = \frac{E_r^2}{E_{Grenseverdi}^2} \cdot 100\%$$

Vurdering av tallverdiene

Generelt

-Det er viktig å understreke at verdiene som er utregnet i tabellene over er typiske verdier og at det kan være en del variasjon både i frekvens og i den effekten som de forskjellige senderne bruker. Videre er det brukt grenseverdier for publikum/vanlige folk. Avstandene som er oppgitt er slik sett bare veiledende, men de gir likevel et relativt godt bilde av hvor nært inntil en sender man må være før ICNIRP sine grenseverdier overskrides.

-For å kunne beregne den eksakte verdien for den elektromagnetiske eksponeringen, må man ha en del tekniske data for den eller de stasjonene som gir bidrag i det aktuelle punktet. Alternativt må nivået måles.

-Ellers må det bemerkes at mange senderantenner er retningsvirkende, dvs. at de samler/fokuserer effekten i en bestemt retning. Eksempelvis vil strålingen rett bak en GSM-antenne kunne ligge opptil 1000 ganger lavere enn rett foran den samme antenne.

Mobile system (GSM, UMTS, TETRA)

Felles for alle mobilkommunikasjonsnett, er at det kreves mange basestasjoner for å få god dekning og ikke minst høy kapasitet i nettet. Sett i forhold til elektromagnetisk eksponering, er dette i grove trekk positivt i og med at effekten fra hver enkelt sender blir redusert.

Problemet er heller at en del basestasjoner blir plassert litt uheldig i forhold til der folk kan oppholde seg.

I de tilfellene hvor basestasjonen har antennene i egen mast høyt over bakken vil strålingen ved bakken alltid ligge betydelig lavere enn ICNIRPs grenseverdier (typisk lavere enn 1 %). På samme måte vil antenner plassert på tak eller høyt oppe på fasader gi lave eksponeringsverdier på bakken/gateplan.

Uheldige plasseringer av antenner kan være ved takterrasser der personer kan komme helt inntil antennene. Områdene rundt slike antenner burde være merket med skilt som tydelig varsler at man ikke bør komme nærmere antennene enn 3-4 meter. Det gjøres oppmerksom på at det er betydelig mindre stråling bak mobilantenner enn foran. På grunn av dette vil strålingen inne i en bygning med fasademonterte antenner ligge betydelig lavere enn på utsiden av bygningen. Unntak kan være dersom antennene er plassert nær vinduer og antennens hovedstråleretning peker langs veggen i retning vinduet.

Andre tilfeller der eksponeringen kan bli unødvendig høy, er dersom antennene er plassert slik at det kan oppholde seg personer i samme høyde som antennene og innenfor relativt kort avstand. Et eksempel på dette er fasademonterte antenner som peker rett over en smal gate eller tun. Beregninger og målinger viser at den elektriske feltstyrken fra basestasjonene uansett vil falle til et nivå lavere enn de anbefalte verdiene, allerede ved en avstand på noen få meter. Størrelsen på området omkring basestasjonene der anbefalte nivåer for eksponering overskrides, vil derfor være svært avgrenset.

I de tilfellene der det er montert basestasjoner inne i kjøpesenter/forretnings/kontorbygg, vil effekten som brukes være vesentlig lavere enn basestasjoner som er plassert i mer åpent landskap.

Når det gjelder stråling fra selve mobiltelefonen, vil denne i de aller fleste tilfellene være høyere enn fra basestasjonene som vi omgir oss med. Dette på grunn av den korte avstanden mellom mobiltelefonen og kroppen/hodet. Det er også viktig å merke seg at mobiltelefonen har automatisk effektregulering, slik at dersom det er svake signaler/langt til basestasjon, vil mobiltelefonen regulere opp effekten.