

# Elektromagnetiske felt fra basestasjoner for mobiltelefoni

Målinger ved basestasjoner i Oslo-området

*Merete Hannevik*

# Innhold

<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>3</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>3</b>
<b>1 INNLEDNING.....</b>	<b>4</b>
<b>2 RADIOFREKVENT STRÅLING.....</b>	<b>4</b>
<b>3 INTERNASJONALE RETNINGSLINJER.....</b>	<b>5</b>
<b>4 RESULTATER AV MÅLINGENE .....</b>	<b>6</b>
4.1 FASADEMONTERTE ANTENNER. ....	7
4.2 TAKMONTERTE ANTENNER.....	8
4.3 MASTEMONTERTE ANTENNER.....	9
4.4 SENDERROM.....	11
4.5 INNENDØRSANTENNE.....	11
<b>5 OPPSUMMERING.....</b>	<b>11</b>
<b>6 REFERANSER.....</b>	<b>12</b>
<b>7 DELTAGERE UNDER MÅLINGENE:.....</b>	<b>13</b>
<b>8 VEDLEGG .....</b>	<b>13</b>

## **Sammendrag**

Statens strålevern har med bistand fra Telenor Forskning, Telenor Mobil og Netcom GSM utført målinger av elektromagnetiske felt rundt ulike typer basestasjoner for å få bedre kunnskap om feltstyrkenivåene. I alt ble 16 anlegg med totalt 21 antenner målt. Det ble gjort målinger i antennenes umiddelbare nærhet der det var praktisk mulig å komme til, i lokaler rett under eller rett bak antenner der disse var montert på tak eller husfasade, og i terrenget under antenner montert i egne master. Resultatene er sammenlignet med internasjonalt anbefalte eksponeringsgrenser.

Basestasjonenes antenner er som regel montert i master, på fasader eller tak på bygninger 10-50 meter over bakken. Hver antenne sender ut radiofrekvent stråling i en bestemt retning. Signalene sendes ut nesten horisontalt. Målingene viser at feltets intensitet på bakken under antennene er langt lavere enn de nivåer internasjonale retningslinjer anbefaler for befolkningen generelt. Feltene i lokaler bak antenner montert på fasade og i etasjen under antenner montert på tak av bygninger var også lave.

Rett foran antennene, innenfor 2-3 meters avstand kan eksponeringsgrensene overskrides. Ved enkelte installasjoner, særlig der antennene er montert på tak, er det mulig å ferdes eller oppholde seg rett foran antennene. Ved slike anlegg bør området nær antennene enten sperres av eller markeres med skilting.

Senderen er så godt skjermet, plassert i en egen utstyrshytte eller i et eget rom, at feltstyrkenivået i omgivelsene er neglisjerbart sammenlignet med de internasjonale retningslinjer.

## **Summary**

Measurements of radiofrequent radiation from base station antennas for cellular mobile telephony have been performed in Norway. The antennas are mounted 10-50 metres above ground level on towers, rooftops or on buildings. Radiofrequent radiation is emitted in a sector in the horizontal direction. Measurements were performed inside the buildings in the area just behind or below antennas mounted on the wall or rooftop on buildings. A couple of indoor-antennas serving offices were also examined. The results were compared with the international guidelines.

Except from the area 2-3 meters right in front of the antennas, the electrical field levels were well below the guidelines. Warning labels or fences should be installed at sites where unauthorized access is possible to areas where exposure limits can be exceeded.

The generators are normally located in separate rooms and the level of electrical field strength in the surroundings is far below the guidelines.

## 1 Innledning

Basestasjoner for mobiltelefoner er i løpet av de siste årene installert over hele landet. Enkelte opplever dette som skremmende og er usikre på hvilken eksponeringssituasjon de utsettes for. Noen opplever også støy på elektronikk i sin leilighet.

Statens strålevern har med bistand fra Telenor Mobil, Telenor FoU og Netcom GSM foretatt målinger av elektrisk feltstyrke ved et utvalg basestasjoner for Telenor Mobil og Netcom GSM for å få bedre kunnskap om feltstyrkenivåer rundt slike anlegg. Det gir et bedre grunnlag for å vurdere eksponeringsforholdene relativt til nivåer foreslått i internasjonale standarder og retningslinjer enn kun teoretiske beregninger. I alt ble det utført målinger ved 16 anlegg hvorav 6 Netcom GSM og 10 Telenor Mobil. Hvert anlegg består av flere antenner som sender i forskjellige retninger og noen av anleggene består av flere systemer, slik at det totalt ble målt på 21 antenner. Alle aktuelle installasjonstyper er dekket. I tillegg ble det målt på to innendørsantennener.

En basestasjon består av noen antenne-elementer og selve senderen. Senderen er plassert i en egen utstyrshytte eller i et eget rom og er godt skjermet. Antenne-elementene monteres på egne master, på fasader eller på tak på boligblokker eller kontorbygg i 10-50 meters høyde over bakken. Hver antenne sender radiosignaler nær horisontalt ut fra antennen innenfor en begrenset sektor med åpningsvinkler tilsvarende  $45^\circ$  til  $65^\circ$  i horisontalplanet og  $6^\circ$  til  $15^\circ$  i vertikalplanet. Antennene er normalt plassert slik at de har fri sikt i senderretningen. Det innebærer at lite effekt sendes ned mot bakkenivå og i bakoverretning. Maksimal effekt ut fra et antenne-element er 30 W og sendefrekvensene er rundt 450 MHz (NMT 450), 900-950 MHz (NMT 900 og GSM 900) og 1800 MHz (GSM 1800).

Normalt monteres antennene så høyt at ingen kommer direkte inn i antennens hovedstråleretning i nærheten av antennene, og ferdsel forekommer der feltstyrkenivåene er lave. Men enkelte antenner er montert slik at det er mulig å ferdes rett foran og i høyde med antennene. Dette kan skje ved montering på tak der det er laget tak-terrasse rett foran antennene eller der generell adkomst kan forekomme.

## 2 Radiofrekvent stråling

Den radiofrekvente delen av det elektromagnetiske spekteret kan defineres å dekke frekvensområdet 0,1 MHz til 300 000 MHz. Det tilsvarer bølgelengder fra 3 000 km til 1 mm. Det elektromagnetiske feltet består av en elektrisk og en magnetisk feltkomponent. Feltet nær kilden betegnes som nærfeltet og defineres ofte som området innenfor fra en til ti bølgelengder fra kilden, avhengig av antennens dimensjoner. I dette området er det et komplisert forhold mellom den elektriske og magnetiske feltkomponenten. Der må de to feltkomponentene bestemmes hver for seg.

I fjernfeltet, utenfor nærfeltet, er det et konstant forhold mellom de to feltkomponentene både i retning og størrelse gitt ved tomromsimpedansen  $Z_0$

$$E/H = Z_0 = 120\pi = 377 \text{ Ohm}$$

der E og H er henholdsvis elektrisk feltstyrke gitt i Volt/meter (V/m) og magnetfeltstyrke gitt i Ampere/meter (A/m).

Bølgelengder benyttet for mobiltelefoni tilsvarer fra ca. 15 cm til 70 cm som innebærer at ved basestasjoner vil man hovedsakelig befinne seg i fjernfeltet.

### 3 Internasjonale retningslinjer

Det foreligger ingen nasjonale forskrifter med grenseverdier for eksponering for radiofrekvente felt i Norge. Internasjonalt er det gitt anbefalte retningslinjer for elektromagnetiske felt både fra International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP, 1998) og European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC, 1995). Retningslinjene skiller mellom yrkeseksponerte og befolkningen generelt og er strengere for befolkningen. Maksimal eksponering for befolkningen skal være en femtedel av den anbefalte grensen for yrkeseksponerte. Hensikten med retningslinjene er å begrense eksponering for elektromagnetiske felt som kan føre til kjente akutte skadelige helseeffekter forårsaket av oppvarming av kroppsvev lokalt eller i hele kroppen. Studier så langt har vist at man må ha en temperaturøkning på mer enn 1 grad C i kroppsvevet før skadelig effekt kan påvises og dette danner grunnlaget for retningslinjene. De er veiledende slik at de forskjellige land kan bruke dem som grunnlag hvis man beslutter å utforme egne nasjonale forskrifter med grenseverdier.

Når det gjelder eventuelle langtids-effekter er forskningsresultatene foreløpig for ufullstendige til å danne basis for å sette eksponeringsrestriksjoner. Forskningsresultatene gir så langt ingen eller svak støtte for en sammenheng mellom økt kreftrisiko og eksponering for radiofrekvente felt.

Grenseverdiene er frekvensavhengige. I tabell 1 nedenfor gis verdiene for de aktuelle frekvensene for mobiltelefoni. Verdiene gjelder for gjennomsnittsverdier midlet over en tilfeldig 6 minutters periode.

*Tabell 1: Referanseverdier for elektrisk og magnetisk feltstyrke i følge internasjonale standarder og retningslinjer. Disse verdiene gjelder for befolkningen generelt. For yrkeseksponerte er nivåene omtrent dobbelt så høye.*

Frekvens, MHz	Referanse grenseverdi for elektrisk feltstyrke, V/m	Referanse grenseverdi for magnetisk feltstyrke, A/m
400-2 000	$1,375 * f^{1/2}$	$0,0037 * f^{1/2}$
450	29	0,08
900	41	0,11
950	42	0,11
1800	58	0,16

f er frekvensen i MHz.

## 4 Resultater av målingene

Målingene er utført med instrumenter fra Statens strålevern, type Holaday Industries, og fra Telenor Mobil og Telenor Forskning type Wandel og Goltermann.

*Spesifikasjoner:*

### **Holaday industries HI-4460**

modell HI 4433 HSE, E-feltprobe  
frekvensområde: 0,5 MHz - 1,5 GHz  
spesifisert måleområde: 1 - 30 V/m full scale  
oppgitt målenøyaktighet +2/-3 dB.

### **Wandel og Goltermann EM Radiation Meter**

modell EMR-300  
H-felt probe nr 10.1  
frekvensområde 27-1000 MHz  
spesifisert måleområde 0,03 - 16 A/m  
E-felt probe nr 8.2  
frekvensområde 0.1 - 3000 MHz  
spesifisert måleområde 1 - 800 V/m.

Målingene ble foretatt på den tiden av døgnet da trafikkbelastningen på nettene er høyest, registrert belastning var på 75-90 %. Effekt-reguleringsmekanismene var slått av slik at alle tidsluker som er i bruk sender med maksimal effekt. Målingene er således utført mens antennene har nær maksimal tilført effekt.

Resultatene av målingene er slått sammen til tre hovedtyper installasjoner: Takmonterte, fasademonterte og mastemonterte antenner. I tabellene nedenfor presenteres feltstyrkeintervallene som ble registrert ved de forskjellige målingene. Det ble også foretatt målinger rett foran noen av antennene selv om man normalt ikke ferdes der. Disse resultatene er aktuelle som grunnlag for vurdering av situasjoner der opphold tett ved antennene kan forekomme enten det dreier seg om bygningsvedlikehold, service på antennesystemet eller annet tilfeldig opphold.

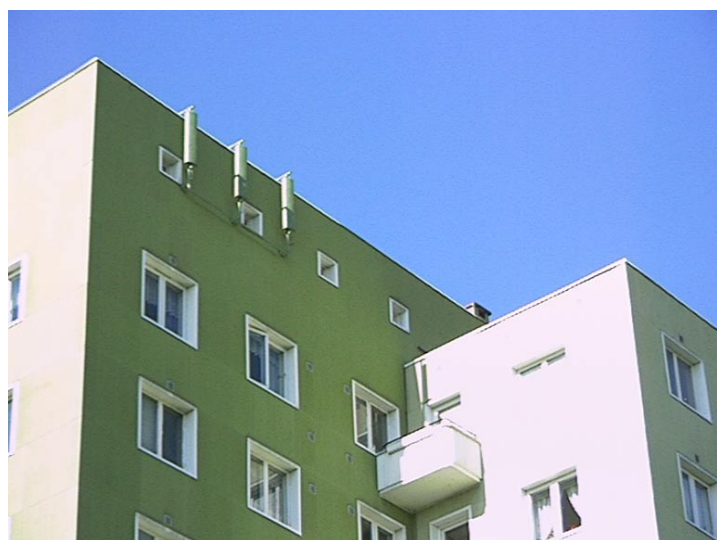
Det er målt på antenner for NMT 450, GSM 900 og GSM 1800. I resultatene nedenfor skiller det ikke mellom de ulike sendefrekvensene og systemene da nivåene ved de forskjellige antennesystemene viste seg å være nær sammenfallende.

Det ble foretatt noen enkeltmålinger der både elektrisk og magnetisk feltstyrke ble registrert ved samme posisjoner. De bekrefter at i de avstander der målingene ble utført gjelder fjernfeltforhold slik at måling av kun en av feltparametrene er nok for å beskrive feltene. Deretter ble kun elektrisk feltstyrke registrert. De to instrumenttypene ble sammenlignet og variasjonen var innenfor oppgitt målenøyaktighet.

Det var ingen andre kilder til radiofrekvente felt i nærheten av der målinger ble foretatt.

#### 4.1 Fasademonterte antenner

Resultatene nedenfor gjelder for alle antenner montert på fasade både på boligblokker og på kontorbygg. Det ble foretatt målinger i leiligheter og kontorer rett bak der antenneelementer var montert utenpå veggen. Det ble målt i etasjen under og ute på verandaer under antennene slik som på bildet under. Enkelte steder er antennene slik montert at de sender mot en naboblokk. Det ble også foretatt målinger i øverste etasje på naboblokk der toppetasjen var i høyde med antennene. I alt ble det målt ved 9 fasademonterte anlegg. Resultatene vises i tabell 2.



*Eksempel på fasademonterte antenner*

*Tabell 2. Elektrisk feltstyrke ved fasademonterte antenner. Verdiene viser intervallet for laveste og høyeste registrerte feltstyrke for alle anleggene.*

Måleposisjon	Elektrisk feltstyrke, V/m
Rett bak antenne, uten vegg	0,8-3
Innenfor betongvegg rett bak antenne	0,2-1,7
I rommet bak antenne	0,1-1
På veranda i etasjen under antenner	0,4-1
I toppetasje på naboblokk 40-50 m. fra, halv sendereffekt	1-2
" " , full sendereffekt	0,6-3,5

Feltstyrken bak antennene er kraftig dempet i forhold til foran. Antennene er som regel plassert utenpå betongvegg som gir en viss demping. Nivåene der personeksponering kan forekomme er overalt lavere enn nivåene gitt i de internasjonale retningslinjene. I rom bak

antennene er elektrisk feltstyrke på nivå med det en opplever utendørs i byer. Antenner plassert slik at de sender rett mot en nærliggende naboblokk vil i enkelte tilfeller kunne gi høyere nivåer i en leilighet i høyde med antennen enn om man hadde antennene på eget tak eller fasade. Imidlertid vil avstanden alltid være så stor at nivåene ligger langt under internasjonale retningslinjer.

#### 4.2 Takmonterte antenner

Ved antenner montert på tak ble det foretatt målinger ute på tak foran og bak antennene der det var tilgang. Det ble også foretatt målinger i lokaler rett under antennene og på veranda i etasjen under der det var fri sikt til antennene. I alt ble det målt ved 9 slike anlegg. Målingene under antennene er foretatt i 2 meters høyde over gulvet. Resultatene er vist i tabell 3.



*Eksempel på takmonterte antenner.*

*Tabell 3. Elektrisk feltstyrke ved takmonterte antenner. Verdiene viser intervallet for laveste og høyeste registrerte feltstyrke for alle anleggene.*

Måleposisjon	Elektrisk feltstyrke, V/m
I rom rett under antenne	0,2-0,5
På veranda i leilighet rett under antenne	0,5-1

Det ble videre foretatt en del målinger foran og bak de antenne man kunne komme til selv om det ikke representerer noen posisjon der personer eksponeres. Disse målingene ble gjort for å få bedre kjennskap til feltstyrkenivåene nær antennene der feltberegninger kan være usikre. Disse resultatene har interesse for spesielle situasjoner der det for eksempel forekommer

service på bygning eller antenneinstallasjoner som innebærer opphold så nær antennene at man må vurdere å redusere effekten eller stenge av sendere mens arbeid pågår. Noen få steder er også disse områdene tilgjengelige som "pauserom" for de ansatte. Utover dette er resultatene i tabell 4 nedenfor ikke aktuelle å vurdere i relasjon til personeksponering.

*Tabell 4. Elektrisk feltstyrke ved takmonterte antenner. Verdiene viser intervallet for laveste og høyeste registrerte feltstyrke for alle anleggene. Verdiene er ikke representative for personeksponering under normale forhold.*

Måleposisjon	Elektrisk feltstyrke, V/m
Bak antennen, helt inntil	3-11
" , 2 meter fra	1-2
" , 6-7 meter fra	0,4-1
Foran antenne, inntil	55-110
" , 2 meter fra	20-40
Retten til siden for antenne, 2 meter fra	7

Som resultatene i tabell 4 over viser kan man rett foran antennene oppnå relativt høye verdier som overskrider anbefalinger i de internasjonale retningslinjene. Dette er områder der opphold ikke bør forekomme.

#### **4.3 Mastemonterte antenner**

Det ble foretatt målinger under antenner montert høyt i master. I alt ble det målt ved 3 slike anlegg, se tabell 5. Målingene ble foretatt på bakken rett under og i området rundt mastene og er de høyeste nivåene som kunne registreres.



*Eksempel på mastemontert antenner*

*Tabell 5. Elektrisk feltstyrke ved mastemonterte antenner. Verdiene viser intervallet for laveste og høyeste registrerte feltstyrke for alle anleggene.*

Måleposisjon	Elektrisk feltstyrke, V/m
Antenner montert 25-30 meter over bakken	0,2-0,8
" 15-20 "	0,5-1
" 5 "	1-1,4

Disse antennene er stort sett montert så høyt at feltstyrkenivået på bakken i området rundt antennene er neglisjerbart.

En av mastene det ble målt ved var spesielt lav, antenne-elementene er der montert 5 meter over bakken og vei med fortau passerer ca. 5 meter til siden for og i høyde med mastefundament. Nivået var der ca. 1 V/m på nærmeste passerings-sted langs veien. På en høyde rett foran et antennesett var nivået oppe i 1,4 V/m. Dette er relativt lave verdier målt så nær antennen.

Antenner plassert så lavt sender som regel med redusert effekt fordi de er beregnet for dekke et mindre område. Feltstyrken foran antennene blir derfor lave.

#### 4.4 Senderrom

Det ble gjort målinger inni selve senderrommene og inntil kabler fra sender til antenner. Rundt i senderrommet var nivået mindre enn 0.1 V/m, inntil senderskap 0,1-0,2 V/m og langs kabler mindre enn 0,5 V/m. Maksimale registrerte verdi 1,5 V/m helt inntil kabeloverganger.

#### 4.5 Innendørsantenne



*Innendørsantenne montert i tak.*

I enkelte kontorlokaler er det montert små antenner innvendig i taket som sender med effekt typisk i mW-området for å gi en bedre mobiltelefondekning inne i bygget. I hodehøyde rett under antennen var feltstyrkenivået 1-2 V/m mens det i lokalet ellers var 0,2-0,4 V/m.

### 5 Oppsummering

Resultatene av disse målingene viser at de elektriske feltene rundt basestasjoner for mobiltelefoner er lave sammenlignet med internasjonalt anbefalte retningslinjer, med unntak av installasjoner der tilgang rett foran antennene kan forekomme. Det er ikke grunnlag for spesielle sikkerhetstiltak utover å begrense opphold i antennesens umiddelbare nærhet i høyde med antenne-elementene og i antennesens hovedstråleretning.

Antenner som er eller blir plassert slik at ferdsel i antennens høyde i hovedstråleretning kan forekomme, krever tiltak for å begrense opphold enten ved sperring eller merking. Dette kan særlig være aktuelt ved montering på tak med fri adkomst, og gjelder både for tilfeldig ferdsel og yrkesmessig eksponering. Rett foran antennene vil internasjonale retningslinjer overskrides. Ved eventuelt arbeid som medfører opphold i umiddelbar nærhet av antennene bør senderen stenges eller sende med redusert effekt mens arbeid pågår. Personer som skal utføre slikt arbeid må informeres om situasjonen. Annet opphold nær antennene bør hindres.

Antenner plassert slik at de sender rett mot en nabo-blokk i nærheten kan medføre felt høye nok til å forårsake elektronisk støy på radio/TV eller telefon. Det er da grunn til å anta at en

del slike eldre apparater ikke tilfredsstillende kravene til EUs EMC direktiv. Problemer har vært løst ved at sendereffekten halveres.

Dette er den type installasjoner som ga høyeste registrerte feltstyrker i nærliggende lokaler. På tross av at nivåene ligger langt under anbefalte grenseverdier, bør en søke å unngå slike monteringer i fremtiden.

Alle målingene ble utført i byområde der basestasjonene er tett utbygget og høyt belastet. I utkantstrøk er de langt fleste antenner plassert i egne master høyt over bakken. Resultatene presentert her for mastemonterte antenner er derfor representative som maksimalnivåer også i utkantstrøk.

Selve senderen representerer ingen risiko.

## 6 Referanser

ENV 50166-2 Human exposure to electromagnetic fields. High frequency (10 kHz to 300 GHz). CENELEC. (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) Brussels, 1995. (Fås ved henv. til Norsk Elektroteknisk Komité).

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 74 (4); 494-522. 1998.

World Health Organization. Electromagnetic Fields (300Hz to 300GHz). Environmental Health Criteria 137. Geneva, 1993.

Faktaark fra WHO. (<http://www.who.ch/emf> ) og (<http://www.who.int/inf-fs/en/fact205.html>), 1999.

## **7 Deltagere under målingene**

Statens strålevern : Merete Hannevik  
Gunnar Saxebøl

Telenor Mobil: Arne-Egil Moen  
Helge Dommarsnes

NetCom GSM: Truls Larsen

Telenor FoU: Rolf Nilsen

## **8 Vedlegg**

Antennediagrammer