

Rapport:

Måling av elektromagnetisk feltnivå

J.H.Nævdal Bygg AS
Ibsens gate 104, 5052 Bergen
"Kronstad sentral"

Målingen utført av: Anders Lyngstad, overing. FK, Post- og teletilsynet
Øystein Bakke, overing. FK, Post- og teletilsynet

Rapport skrevet av: Øystein Bakke, overing. FK, Post- og teletilsynet

Oppdragsgiver: J.H.Nævdal Bygg AS v/Harald Nævdal
Leirvikåsen 41A, 5179 Godvik

Dato for målingene: Onsdag 10. juni 2009



1. Innledning.

På bakgrunn av henvendelse fra Telenor mobil og J.H.Nævdal Bygg AS v/Harald Nævdal, har Post- og teletilsynet (PT) ved Frekvenskontrollen i Bergen foretatt målinger av feltstyrke i Ibsens gate 104, tidligere Kronstad telesentral. Bakgrunnen for å foreta målinger er usikkerhet rundt stråling i kontorlokaler i 3. etasje, hvor det er plassert antenner for mobile basestasjoner på utsiden av veggen.

2. Målinger.

Målingene ble utført onsdag 10. juni 2009. Målingene ble utført som stikkprøver i lokalene. Punktene er valgt ut i forhold til antenneplasseringer for basestasjonene, slik at det ble målt på de stedene som blir mest eksponert, og som personell oppholder seg. Det er bare målt innendørs.

Frekvenser.

Basestasjoner har følgende sendefrekvenser for disse tjenestene:

- GSM 900 - 904 MHz til 960 MHz
- GSM 1800 - 1820 MHz til 1876 MHz
- UMTS - 2100 MHz til 2170 MHz



Kronstad sentral. Ibsens gate 104, 5152 Bergen - Pos N 60° 22' 25' E 005° 21' 03'

3. Måleutstyr.

Målingene er utført med spektrumsanalysator og måleprogrammet RFEX ver. 4.1 levert av Rohde & Schwarz. I denne målepakken inngår en kalibrert antenne TS-EMF som måler i tre plan. Det er benyttet målemaler for UMTS og GSM 900 / 1800. Måleprogrammet foretar målinger etter anbefalinger fra ICNIRP.

Antenne:	
Produsent: Rohde & Schwarz	Antennefaktor inkludert i software
Type: TS-EMF	Serie nr. 100032
Frekvensområde: 30 MHz – 3 GHz	Kalibrert ved innkjøp i 2004

Spektrumsanalysator	
Produsent: Rohde & Schwarz	
Type: FSH 6	Serie nr. 103864
Frekvensområde: 9 kHz – 6 GHz	Kalibrert: 15.8.2008

4. Måleusikkerhet

På grunn av at måleinstrumenter og annet utstyr lar seg påvirke av omgivelsene vil aldri et måleoppsett som brukt her gjengi 100 % repeterbare måleverdier.

Måleutstyrets usikkerhet er typisk $\pm 1,5$ dB, men om man legger 95 % konfidens-intervall til grunn får man i verste fall mellom $\pm 2,5$ og $\pm 3,3$ dB av målt verdi, avhengig av frekvensområde.

Se vedlegg for detaljer.

Nivåvariasjoner som følge av påvirkning fra omgivelsene vil, hvis vi ikke tar hensyn til dem, utgjøre mange ganger den usikkerheten som instrument, kabler og måleantenne utgjør. De maksimale nivåene kan forholdsvis lett fanges ved å kombinere "MaxHold" med midling over flere målepunkter i samme område, eller små forflytninger av måleantennen. Man kan da komme ned i en usikkerhet fra omgivelsene på ± 2 dB.

Total måleusikkerhet summerer seg til mellom $\pm 4,5$ dB og $\pm 5,3$ dB. Den reelle verdi, avhengig av frekvens, kan således være 4,5 – 5,3 dB (ca. 2,8 – 3,4 ganger) høyere eller lavere enn den avleste verdien.

Generelt

Når det måles feltstyrke så skal det måles i 3 forskjellige plan, x , y og z . De 3 feltkomponentene (Volt/meter) skal summeres slik:

$$E_f = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}$$

Dersom det gjøres målinger på flere forskjellige frekvenser/kanaler/systemer/operatører i samme punkt blir bidragene summert på tilsvarende måte:

$$E_{total} = \sqrt{\sum_i E_i^2}$$

Måleenheten for feltstyrke er [V/m]

For å relatere feltstyrkenivået i et gitt punkt til grenseverdien for den frekvensen som måles må dette gjøres slik: $ER = \sum_i \frac{E_i^2}{E_{Li}^2}$, der ER er eksponeringsfaktoren, E_i er målt feltstyrkeverdi i punktet og E_{Li} er grenseverdien som er gitt av ICNIRP for det aktuelle frekvensbåndet. I prosent blir eksponeringsfaktoren: $ER\% = ER * 100\%$.

Eksponeringsfaktoren kan også uttrykkes på en mer direkte måte ved å bruke effektettheten (Watt/meter²) i stedet for feltstyrkenivået.

Eksponeringsfaktoren blir da: $\sum_i \frac{S_i}{S_{Li}}$, der S_i er effektettheten i målepunktet og S_{Li} er grenseverdien for den aktuelle frekvensen som det blir målt på i punktet oppgitt i effektetthet.

Måleenheten for effektetthet er [W/m²] som tilsvarer 1000 mW/ m²

Eksponeringsfaktoren er basert på den oppvarmingen som skjer i kroppen når den utsettes for elektromagnetiske felter.

Forholdet mellom feltstyrke og effektetthet er gitt som: $S = \frac{E^2}{120\pi} \approx \frac{E^2}{377}$ der S er effektettheten og E er feltstyrken. Dette forholdet er konstant og gjelder så lenge målingene er gjort i en viss avstand fra senderen (fjernfelt). Stort sett kan man si at fjernfeltet starter 3-10 bølgelengder fra senderen, alt etter hvor stor senderantennen er i forhold til bølgelengden.

Det måleoppsettet som blir brukt for målinger i frekvensområdet 80 – 3000 MHz genererer de ovennevnte verdiene automatisk, samtidig som det måler gjennomsnittet over en 6 minutters periode slik det er anbefalt å gjøre i følge ICNIRP.

Dersom man måler på et GSM-signal (eller tilsvarende TDMA system) vil middeleffekten variere alt etter som hvor mye trafikk som er på den aktuelle kanalen. Vi måler og angir feltstyrke som om kanalen er full dvs, max belastning på hver enkelt kanal/frekvens som er aktiv. På tilsvarende måte vil vi for WLAN oppgi en måleverdi som vil gjelde full belastning i kanalen. For UMTS og lignende systemer vil vi av måletekniske årsaker måle den feltstyrken som sendes ut i det tidsrommet målingen foretas.

Felles for alle systemer for mobilkommunikasjon er at feltstyrken i et aktuelt punkt vil kunne variere en del alt etter som hvor mye trafikk som går over de aktuelle basestasjonene som gir dekning i punktet. Slike variasjoner er det vanskelig å fange opp med de måleprosedyrene som blir brukt.

5. Måleresultater.

I alle målepunktene har vi målt mobiltjenestene UMTS og GSM 900 / 1800, som er tilgjengelige fra basestasjoner / antenner på huset. Bildet under viser plassering av antennene i byggets 3. etasje.

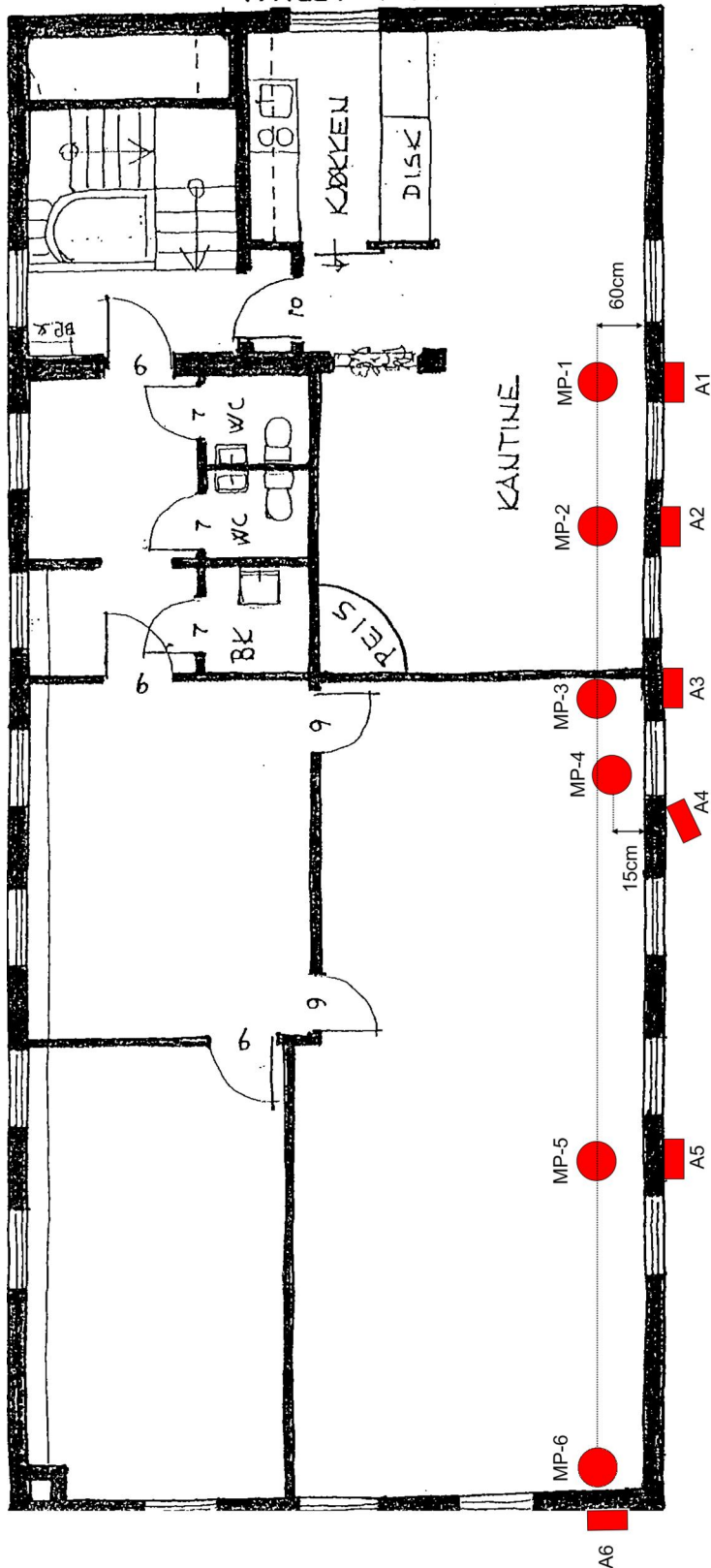


3.etasje, målepunkt 1, 2, 3, 4, 5 og 6.

Antennene er plassert på veggen på utsiden av byggets 3. etasje. I denne etasjen er det kontorer og kantine på innsiden av ytterveggen hvor antennene er plassert. Foto på forrige side samt planskisse viser antenneplassering og målepunkter.

PLAN 3. ETG.

TRACET 10.12.98 G. BERG



Kode:	Beskrivelse:
A1	Antenne: <i>Netcom GSM 900 / 1800</i>
A2	Antenne: <i>Kathrein 739632</i>
A3	Antenne: <i>Cellwave APX 206515-0T2</i>
A4	Antenne: <i>Kathrein 742215</i>
A5	Antenne: <i>Kathrein 739496</i>
A6	Antenne: <i>Kathrein 742215</i>
MP-1	Målepunkt 1
MP-2	Målepunkt 2
MP-3	Målepunkt 3
MP-4	Målepunkt 4
MP-5	Målepunkt 5
MP-6	Målepunkt 6

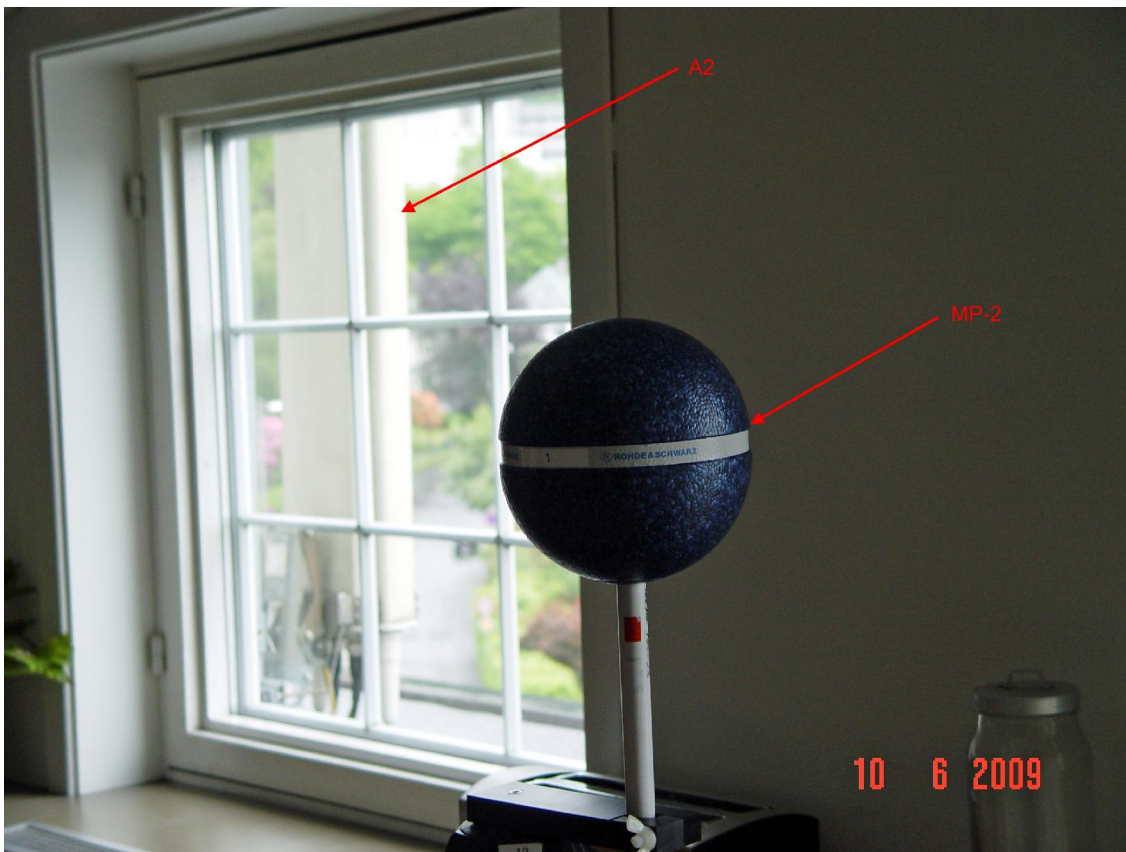
Måle punkt	Tjeneste / Frekvens [MHz]	Feltstyrke E [V/m]	Effekttetthet S [mW/m ²]	Grenseverdi L [V/m] ([mW/m ²])	Eksponerings-faktor $ER = \frac{E}{L}$	Relativ verdi av grense $ER * 1000 \text{ } ^0/_{100}$
1	GSM 900 / 945	3,20	27,52	42 (4725)	0,0057	5,7 ⁰ / ₁₀₀
1	GSM 1800 / 1860	1,67	7,50	59 (9300)	0,00079	0,8 ⁰ / ₁₀₀
1	UMTS / 2100	0,71	1,35	61 (10000)	0,00014	0,1 ⁰ / ₁₀₀
Sum 1	-	-	-	-	0,0066	6,6 ⁰ / ₁₀₀
2	GSM 900 / 945	4,71	59,62	42 (4725)	0,012	12,4 ⁰ / ₁₀₀
2	GSM 1800 / 1860	1,81	8,80	59 (9300)	0,00093	0,9 ⁰ / ₁₀₀
2	UMTS / 2100	1,43	5,50	61 (10000)	0,00055	0,5 ⁰ / ₁₀₀
Sum 2	-	-	-	-	0,013	13,8 ⁰ / ₁₀₀
3	GSM 900 / 945	1,92	9,91	42 (4725)	0,0021	2,1 ⁰ / ₁₀₀
3	GSM 1800 / 1860	0,94	2,37	59 (9300)	0,00025	0,3 ⁰ / ₁₀₀
3	UMTS / 2100	4,13	45,84	61 (10000)	0,0046	4,6 ⁰ / ₁₀₀
Sum 3	-	-	-	-	0,0070	7,0 ⁰ / ₁₀₀
4	GSM 900 / 945	1,97	10,43	42 (4725)	0,0022	2,2 ⁰ / ₁₀₀
4	GSM 1800 / 1860	0,75	1,51	59 (9300)	0,00016	0,2 ⁰ / ₁₀₀
4	UMTS / 2100	5,36	77,21	61 (10000)	0,0077	7,7 ⁰ / ₁₀₀
Sum 4	-	-	-	-	0,010	10,1 ⁰ / ₁₀₀
5	GSM 900 / 945	0,82	1,81	42 (4725)	0,00038	0,4 ⁰ / ₁₀₀
5	GSM 1800 / 1860	2,98	23,87	59 (9300)	0,0025	2,5 ⁰ / ₁₀₀
5	UMTS / 2100	0,60	0,97	61 (10000)	0,000097	0,1 ⁰ / ₁₀₀
Sum 5	-	-	-	-	0,0030	3,0 ⁰ / ₁₀₀
6	GSM 900 / 945	0,36	0,35	42 (4725)	0,000073	0,07 ⁰ / ₁₀₀
6	GSM 1800 / 1860	0,74	1,47	59 (9300)	0,00016	0,2 ⁰ / ₁₀₀
6	UMTS / 2100	0,50	0,67	61 (10000)	0,000067	0,07 ⁰ / ₁₀₀
Sum 6	-	-	-	-	0,0003	0,34 ⁰ / ₁₀₀



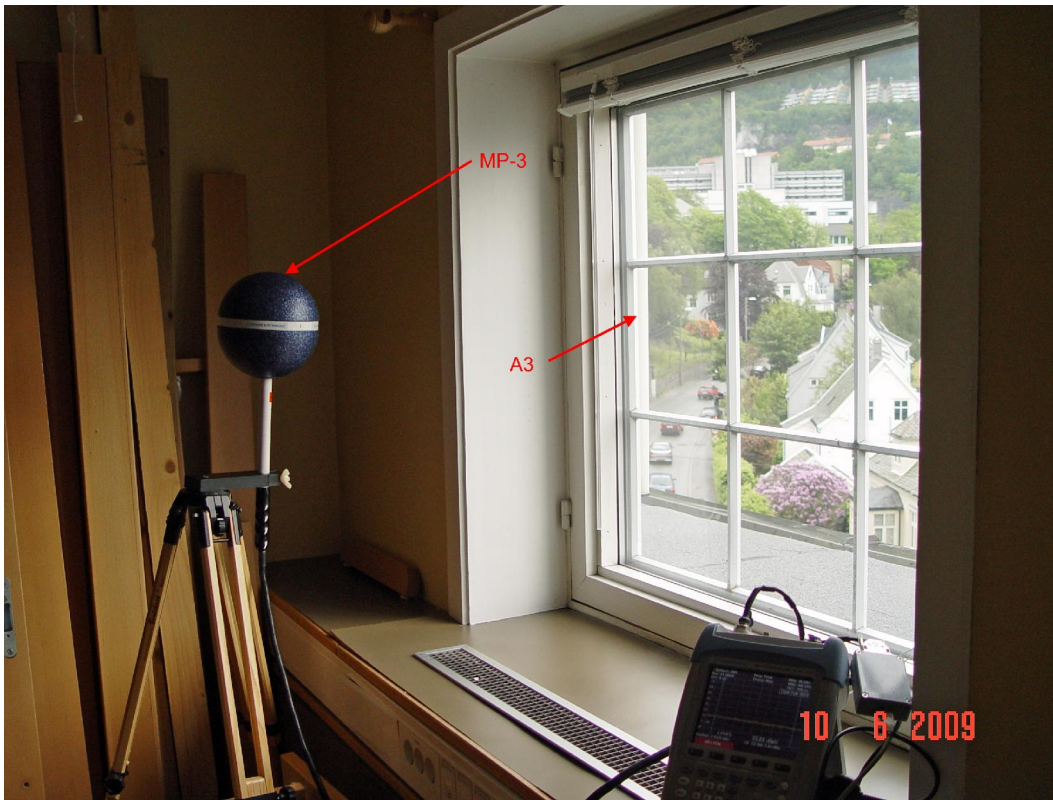
Målepunkt 1 og antenne 1.



Målepunkt 2 og antenne 3.



Målepunkt 2 og antenne 2.



Målepunkt 3 og antenne 3.



Målepunkt 3 og antenne 4.



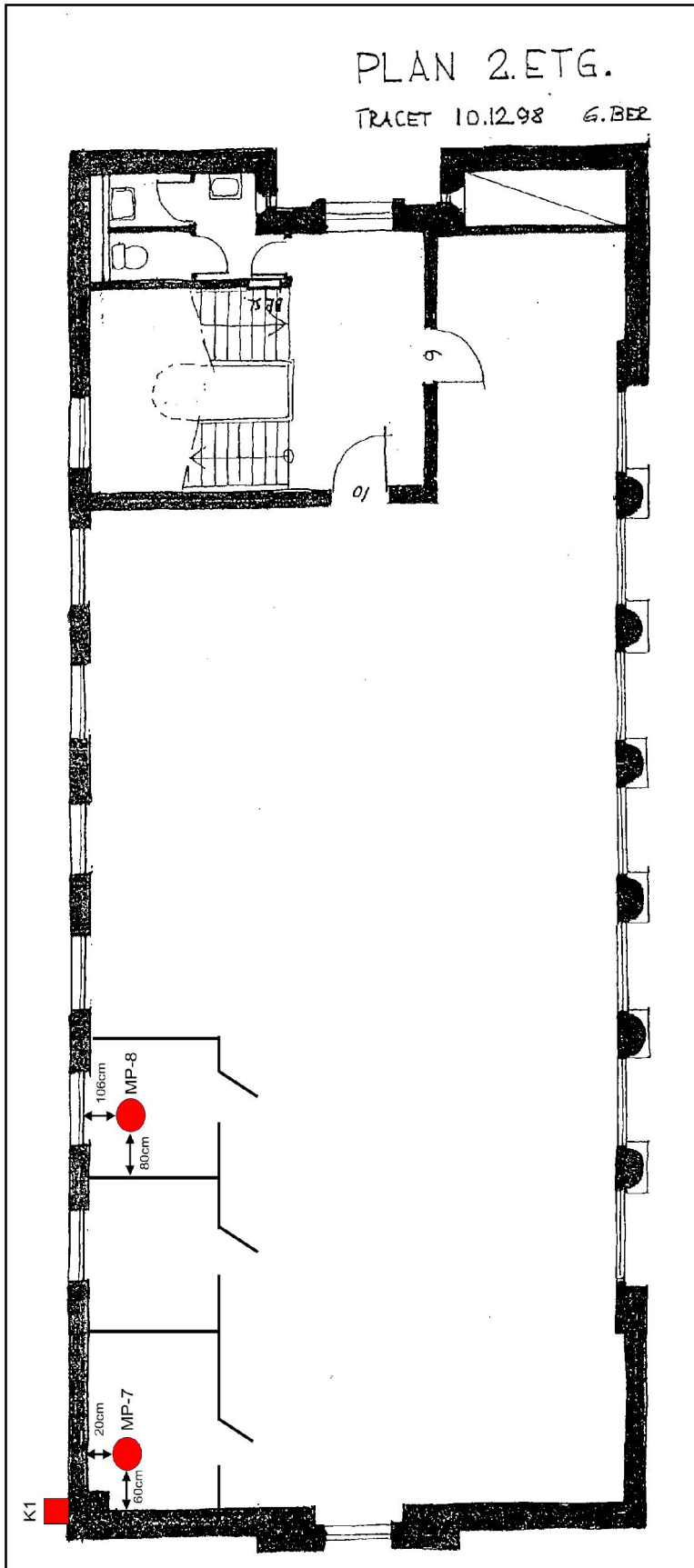
Målepunkt 4 og antenne 4.



Målepunkt 5.

2.etasje, målepunkt 7 og 8.

Antennene er plassert i 3.etasje og på motsatt side av målepunkt 7 og 8. I 2. etasje er det kontorer. Planskisse viser målepunkter samt plassering av kabling fra antenner i 3.etasje til basestasjoner i 1.etasje.



Kode:	Beskrivelse:
K1	Kabel fra antenner til basestasjoner.
MP-7	Målepunkt 7
MP-8	Målepunkt 8

Måle punkt	Tjeneste / Frekvens [MHz]	Feltstyrke E [V/m]	Effektitetthet S [mW/m ²]	Grenseverdi L [V/m] ([mW/m ²])	Eksponeerings-faktor $ER = \frac{E^2}{L^2}$	Relativ verdi av grense $ER * 1000 \text{ } ^0/_{00}$
7	GSM 900 / 945	0,088	0,021	42 (4725)	0,0000043	0,004 ⁰ / ₀₀
7	GSM 1800 / 1860	0,080	0,017	59 (9300)	0,0000018	0,002 ⁰ / ₀₀
7	UMTS / 2100	0,15	0,060	61 (10000)	0,0000060	0,006 ⁰ / ₀₀
Sum 7	-	-	-	-	0,000012	0,012 ⁰ / ₀₀
8	GSM 900 / 945	0,14	0,053	42 (4725)	0,000011	0,01 ⁰ / ₀₀
8	GSM 1800 / 1860	0,10	0,027	59 (9300)	0,0000028	0,003 ⁰ / ₀₀
8	UMTS / 2100	0,12	0,039	61 (10000)	0,0000039	0,004 ⁰ / ₀₀
Sum 8	-	-	-	-	0,000018	0,017 ⁰ / ₀₀



Målepunkt 7.



Målepunkt 8.

Kommentarer.

Anbefalinger om grenseverdier for elektromagnetisk felteksponering av mennesker er utarbeidet av International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). I Norge støtter Statens strålevern seg til anbefalingene fra ICNIRP ved vurdering av menneskelig eksponering for elektromagnetiske felt.

Feltstyrkeverdiene i disse målingene ligger betydelig under gjeldende grenseverdier (ICNIRP). Dersom det likevel skulle være spørsmål om helseeffekter og slike felt, kan statens strålevern kontaktes. På hjemmesiden til Statens strålevern www.nrpa.no er det mange opplysninger om emnet, samt kontaktinformasjon.

For mer informasjon om Post- og teletilsynets rolle når det gjelder måling av feltstyrke se www.npt.no

6. Metoder og grenseverdier.

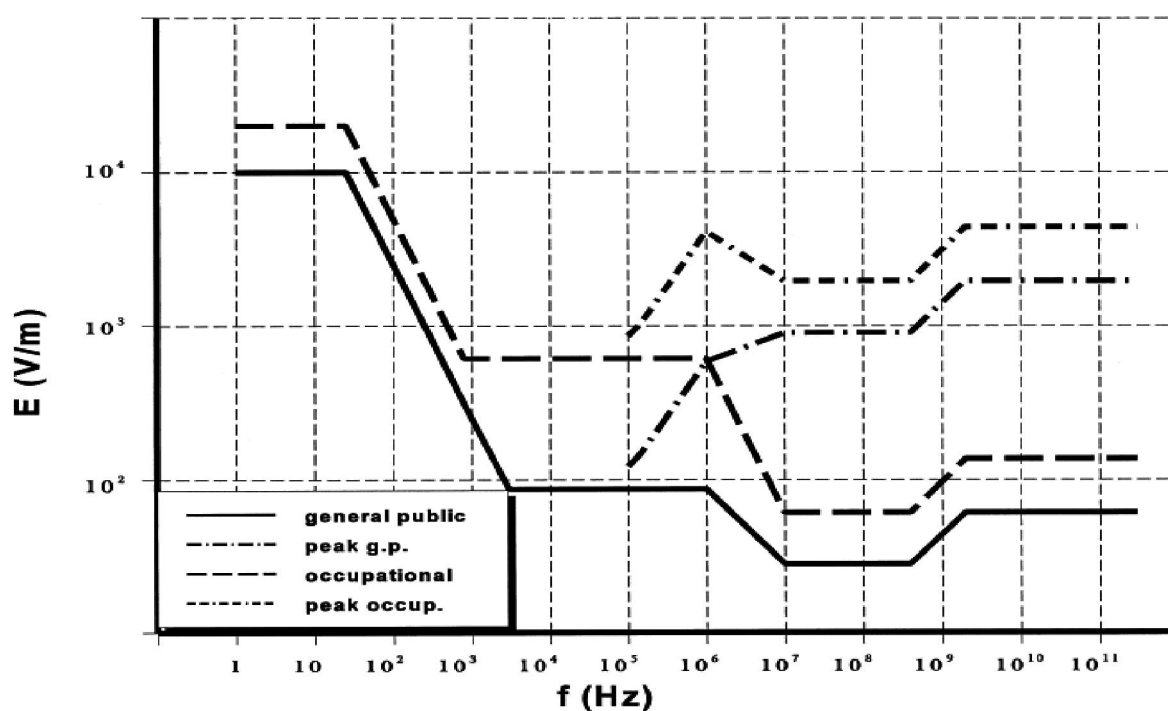
PT har basert sine målinger på *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields April 1998, Volume 74, Number 4* utgitt av *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*.

Table 7. Reference levels for general public exposure to time-varying electric and magnetic fields (unperturbed rms values).^a

Frequency range	E-field strength (V m ⁻¹)	H-field strength (A m ⁻¹)	B-field (μT)	Equivalent plane wave power density S_{eq} (W m ⁻²)
up to 1 Hz	—	3.2×10^4	4×10^4	—
1–8 Hz	10,000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8–25 Hz	10,000	$4,000/f$	$5,000/f$	—
0.025–0.8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	—
0.8–3 kHz	$250/f$	5	6.25	—
3–150 kHz	87	5	6.25	—
0.15–1 MHz	87	$0.73/f$	$0.92/f$	—
1–10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	—
10–400 MHz	28	0.073	0.092	2
400–2,000 MHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	$f/200$
2–300 GHz	61	0.16	0.20	10

Health Physics

April 1998, Volume 74, Number 4



Målemetoder og rapport oppsett er basert på rekommendasjonen ECC/REC/(02)04 Edition 060207.

7. Konklusjon.

En kort oppsummering av måleresultatene viser at det største nivået som ble målt er GSM 900 på 1,2 prosent ($59,62 \text{ mW/m}^2$) i forhold til ICNIRP grenseverdi på 4725 mW/m^2 . Dette er nivået som ble målt i punkt 2 i 3. etasje. Dette skyldes antagelig at man i dette punktet har påvirkning fra 3 antenner.

Måleusikkerhet: Dersom vi tar hensyn til usikkerheten i målingene (se pkt 4), vil det høyeste nivået kunne ligge i intervallet mellom $17,60 \text{ mW/m}^2$ og $202,04 \text{ mW/m}^2$. Til sammenligning er ICNIRP grenseverdi for GSM 900 4725 mW/m^2 .

Post og teletilsynet, FK
16. juni 2009

Uncertainty Calculation TS-EMF with Spectrum Analyzer FSH

Input Quantity	Probability Distribution	Uncertainty / dB	Remark
Antenna Factor Tri-Axis-Probe	Normal (k=2)	± 1.0	1)
Antenna factor Interpolation	Normal (k=2)	± 0.5	
Isotropy	Rectangular	± 1.0 (@ 900 MHz) ± 1.7 (@ 1.8 GHz) ± 2.1 (> 2.4 GHz)	2)
Spectrum Analyzer (Spec. FSH)	Rectangular	± 1.5	
VSWR (Reflection Coefficient) Spectrum Analyzer: $\Gamma_e = 0.2$ Uncertainty Limit: $20\log(1 \pm \Gamma_e \Gamma_a)$	U-Distribution	$\Gamma_a = 0.33$ (VSWR=2) + 0.55 / - 0.59	3)
Extension Cable (Option)	Normal (k=2)	0.05	
Combined Uncertainty			
f = 0.9 GHz	Normal	1.253	4)
f = 1.8 GHz	Normal	1.483	4)
f > 2.4 GHz	Normal	1.645	4)

Remarks:

- 1) Tri-axis probe with individual calibration. Uncertainty 1.0 dB acc. to calibration protocol.
- 2) According to data sheet.
- 3) Data sheet: Tri-axis probe with integrated solid state switch features a VSWR of max. 2.0 for f > 800 MHz. For other frequencies the input attenuation of FSH has to be at least 10 dB.
- 4) Values with extension cable

Calculation of the combined uncertainty for measurement of the electric field strength:

TS-EMF with FSH, f @ 1.8 GHz (without Extension Cable):

$$\sqrt{\left(\frac{1.0}{2}\right)^2 + \left(\frac{0.5}{2}\right)^2 + \frac{1.7^2 + 1.5^2}{3} + \frac{0.59^2}{2} + \frac{0.05^2}{2}} = \sqrt{0.25 + 0.0625 + 1.713 + 0.174 + 0.001} = \sqrt{2.20} = 1.483$$

Result:

Measurement uncertainty for electric field strength :

(Confidence Level 95%)

Expanded measurement uncertainty: ± 2.51 dB @ 0.9 GHz (Isotropy 1.0 dB)

Expanded measurement uncertainty: ± 2.97 dB @ 1.8 GHz (Isotropy 1.7 dB)

Expanded measurement uncertainty: ± 3.29 dB > 2.4 GHz (Isotropy 2.1 dB)

Reference: "Meßunsicherheit in der EMV", Autor H. Stecher, Rohde & Schwarz