



Radiofrekvente felt i våre omgivelser

Målinger i frekvensområdet 80 MHz – 3 GHz



Post- og teletilsynet



Statens strålevern
Norwegian Radiation Protection Authority

Referanse:

Sjømoen T-M¹, Lervik H², Heimdal P E², Klæboe L¹, Hannevik M¹. Radiofrekvente felt i våre omgivelser - Målinger i frekvensområdet 80 MHz - 3 GHz.

StrålevernRapport 2011:nr. Østerås: Statens strålevern, 2011.

¹Statens strålevern, ²Post- og teletilsynet

Emneord:

Radiofrekvente felt, eksponering, allmennheten, omgivelser, målinger, grenseverdier

Resymé:

Rapporten inneholder resultater fra målinger av radiofrekvente felt i våre omgivelser gjennomført våren 2010. Det er målt felt fra ulike telekommunikasjonssystemer i frekvensområdet 80 MHz–3 GHz. Alle måleverdiene lå godt under grenseverdiene.

Reference:

Sjømoen T-M¹, Lervik H², Heimdal P E², Klæboe L¹, Hannevik M¹. Electromagnetic Fields in Our Surroundings - Measurements in the Frequency Range of 80 MHz–3 GHz.

StrålevernRapport 2011:nr. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2011.

Language: Norwegian.

¹Norwegian Radiation Protection Authority, ²Norwegian Post and Telecommunications Authority

Key words:

Electromagnetic field, exposure, public, surroundings, measurement, exposure limits

Abstract:

The report presents results from measurements of electromagnetic fields performed in our surroundings during spring 2010. Fields from different telecommunication systems in the frequency range of 80 MHz - 3 GHz are included in the study. All measured exposure levels were well below the exposure limits.

Prosjektledere: Tone-Mette Sjømoen og Hallstein Lervik

Godkjent:



Gunnar Saxebøl, avdelingsdirektør, Avdeling strålevern og sikkerhet

44 sider.

Utgitt 2011-06-10.

Opplag 200 (11-06).

Form, omslag: LoboMedia AS.

Forsidefoto: Øystein Sølvberg, Post- og teletilsynet

Trykk: LoboMedia AS, Oslo.

Bestilles fra:

Statens strålevern, Postboks 55, No-1332 Østerås, Norge.

Telefon 67 16 25 00, faks 67 14 74 07.

E-post: nrpa@nrpa.no

www.nrpa.no

ISSN 0804-4910 (print)

ISSN 1891-5205 (online)

Radiofrekvente felt i våre omgivelser

Målinger i frekvensområdet 80 MHz – 3 GHz

Statens strålevern

Norwegian Radiation
Protection Authority
Østerås, 2011

Innhold

1	Sammendrag	6
2	Innledning	7
3	Radiofrekvente felt	8
4	Telekommunikasjon	9
4.1	Systemer som inngår i denne undersøkelsen	9
4.2	Senderetninger for ulike antenner	10
4.3	Sendereffekt for ulike telekommunikasjonssystemer	11
5	Grenseverdier	11
5.1	Grunnlag for grenseverdiene	12
6	Gjennomføring av målinger	13
6.1	Valg av målesteder	13
6.2	Valg av omgivelser og kartlagte systemer i de forskjellige omgivelsene	13
6.3	Valg av adresser og målepunkter	14
6.4	Valg av måletidspunkter	15
6.5	Målemetode	17
	6.5.1 Måleutstyr og målemaler	17
	6.5.2 Måleusikkerhet og faktorer som kan påvirke målingene	17
	6.5.3 Måleoppsett	18
7	Resultater	19
7.1	Total effekttetthet i målepunktene	19
7.2	Bidrag fra ulike telekommunikasjonssystemer	20
7.3	Eksposering fra andres mobiltelefon	23
7.4	Relativt til grenseverdier	24
8	Diskusjon	25
8.1	Konklusjon	27
8.2	Hva som skjer framover	27
9	Ordliste	28
10	Referanser	28
	Vedlegg A – Beskrivelse av ulike telekommunikasjons-systemer	30
A.1	FM radiokringkasting	30
A.2	DAB radiokringkasting	30

A.3	Nødnett (TETRA)	31
A.4	CDMA mobilt bredbånd	31
A.5	DVB-T TV-kringkasting	32
A.6	GSM-900 mobiltelefoni	32
A.7	GSM-1800 mobiltelefoni	32
A.8	DECT trådløse telefoner	33
A.9	UMTS mobiltelefoni	33
A.10	WLAN trådløst internett	34
A.11	4G mobilt bredbånd	34
Vedlegg B – Prosjektdeltakelse		36
B.1	Prosjektgruppen	36
B.2	Prosjektdeltagere	36
Vedlegg C – Måleutstyr, målemaler og databehandling		38
C.1	Måleutstyr brukt i Bergen	38
C.2	Måleutstyr brukt i Kristiansand	38
C.3	Måleutstyr brukt i Oslo, Lillestrøm og Ski	38
C.4	Måleutstyr brukt i Trondheim	39
C.5	Målemaler	39
C.6	Databehandling	40
Vedlegg D – Effekttetthet for de ulike systemene i de forskjellige omgivelsene		41

1 Sammendrag

Post- og teletilsynet og Statens strålevern har gjennomført et måleprosjekt for å kartlegge reell eksponering fra senderne vi normalt har i våre omgivelser. Det ble målt radiofrekvente felt fra ulike telekommunikasjonssystemer som radio- og TV-kringkasting, mobilt bredbånd, mobiltelefoni, trådløs telefon, trådløst nettverk og nødnett i frekvensområdet 80 MHz – 3 GHz.

Bakgrunnen for prosjektet var en bekymring i befolkningen om at eksponeringen var høyere enn det som var forsvarlig. Post- og teletilsynet og Statens strålevern har tidligere utført en del sporadiske målinger av radiofrekvente felt, men da mest på forespørsler enten fra privatpersoner eller fra bedrifter som har antenner i nærheten. Formålet med måleprosjektet var derfor å utføre mer systematiske målinger for å øke kunnskapen og dokumentere hvilke nivåer man utsettes for der befolkningen vanligvis ferdes og har opphold av lengre varighet.

Gjennomføring av målinger

I løpet av våren 2010 ble det utført målinger ved til sammen 91 målepunkter på 56 adresser i Bergen, Kristiansand, Lillestrøm, Oslo, Ski og Trondheim. Det ble utført målinger innendørs i boliger, innendørs og utendørs i barnehager og på skoler, innendørs i kontormiljøer, og utendørs på gateplan i bymiljøer og tettsteder. Målinger ble gjort på den tiden av døgnet det normalt er størst telekommunikasjonstrafikk. I privatboliger ble målingene foretatt på ettermiddag og kveldstid. I barnehager, på skoler, i kontorbygg og på gateplan ble målingene gjennomført på dagtid.

Forskrift og grenseverdier

Strålevernforskriften (1) har bestemmelser om at all eksponering skal holdes så lav som praktisk mulig. I tillegg skal ikke grenseverdiene som er basert på anbefalingene fra den internasjonale kommisjonen for beskyttelse mot ikke-ioniserende stråling (ICNIRP¹), overskrides (2). Grenseverdien varierer med frekvens og ligger mellom 2 – 10 W/m² avhengig av hvilke systemer som ble målt.

Resultater

Alle måleverdiene ligger godt under grenseverdiene. Middelerverdien for total effektetthet for alle målepunkter er 0,01 W/m² og medianverdien er 0,0003 W/m². Effektettheten ved 93 % av målepunktene er under 0,01 W/m². Tre av målepunktene skiller seg ut med verdier over 0,1 W/m². Disse tre målingene er gjort på gateplan i nærheten av mobilantennene plassert relativt lavt på husfasader. Høyeste målte verdi var 0,4 W/m², noe som tilsvarer litt over 4 % av grenseverdien siden hovedbidraget kom fra GSM-1800. Mobilsystemene GSM-900 og GSM-1800 er hovedbidragsyttere til eksponeringen. Trådløse nettverk representerer i hovedsak de laveste verdiene. Nivåene inne er jevnt over lavere enn nivåene man opplever utendørs.

Diskusjon

Måleresultatene som er presentert i denne rapporten, omfatter radiofrekvente felt hovedsakelig fra faste installasjoner for telekommunikasjon som vi har i våre daglige omgivelser. Antall målinger er begrenset, men de gir en god indikasjon for hvilke nivåer vi utsettes for fra de ulike telekommunikasjonssystemene og fra alle systemene summert.

Alle målingene som er presentert i rapporten, representerer maksimalverdien målt i det øyeblikket en antenne sender. Total effekt er gitt som summen av alle maksimalverdier, og tilsvarer en situasjon som om alle systemene sender samtidig og kontinuerlig. Nivåene utendørs er jevnt over høyere enn nivåene man opplever inne.

¹ ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection) er formelt anerkjent av WHO (Verdens helseorganisasjon) som en uavhengig strålevernorganisasjon for ikke-ioniserende stråling. Hjemmeside: www.icnirp.org

Konklusjon

Alle måleverdiene ligger godt under grenseverdiene. Trådløst nettverk er den kilden som bidrar minst til eksponering, mens basestasjoner for mobiltelefon i snitt er den kilden som bidrar mest selv om nivåene er lave.

2 Innledning

Radio- og TV-kringkasting, mobiltelefoni og trådløst internett er eksempler på telekommunikasjonssystemer som fører til eksponering for radiofrekvente felt i våre daglige omgivelser. Det debatteres om hvorvidt denne eksponeringen utgjør en helserisiko for mennesker. Den norske strålevernforskriften (1) krever at all eksponering skal holdes så lav som praktisk mulig, i tillegg til at anbefalinger og grenseverdier fra ICNIRP (2) gjøres gjeldende. Det hevdes at menneskers helse settes i fare også når nivåene er under gjeldende grenseverdier. Diskusjonen har dreid seg om hvorvidt grenseverdiene vi anvender i Norge er for høye. Hvilke nivåer folk flest faktisk utsettes for i hverdagen har i liten grad vært tema.

Post- og teletilsynet og Statens strålevern har tidligere utført en del sporadiske målinger av radiofrekvente felt, men da mest på forespørsler enten fra privatpersoner eller fra bedrifter som har antenner i nærheten. Strålevernet har tidligere gjort en mindre kartlegging av eksponering i nærheten av basestasjoner for mobiltelefoni (3). Nivåene har i de fleste tilfellene vært svært lave sammenlignet med grenseverdiene. Post- og teletilsynet har gjort beregninger for ved hvilken avstand fra ulike typer sendere feltet er redusert til et nivå som er lavere enn grenseverdiene. En oversikt over dette er gitt på deres nettsider. (4). Post- og teletilsynet har også etablert et nettsted, www.finnsenderen.no, der det gis en oversikt over plassering av basestasjoner i Norge med enkle beregninger av felt fra disse.

Strålevernet skal øke kunnskap om forekomst, risiko og effekt av eksponering for stråling. Forvaltningen er basert på eksisterende kunnskap, men også på forsvarlighetsprinsippet om å holde all eksponering så lavt som mulig. Kunnskap om eksponeringsforhold er nødvendig. Intensjonen med dette prosjektet var å gjennomføre en mer systematisk kartlegging av hvilken eksponering befolkningen kan utsettes for fra de forskjellige systemene, og å kunne si noe om typisk eksponering for radiofrekvente felt som vi utsettes for i dagliglivet. Prosjektet har ikke omfattet kartlegging av yrkeseksponerte, der eksponering er en påregnelig del av arbeidet utover det man kan oppleve i vanlige kontormiljøer.

Våren 2010 ble det utført målinger av radiofrekvente felt fra forskjellige telekommunikasjonssystemer i frekvensområdet 80 MHz – 3 GHz. Målingene ble utført av Post- og teletilsynet i samarbeid med Statens strålevern. Det ble utført målinger i Bergen, Kristiansand, Lillestrøm, Oslo, Ski og Trondheim. Målingene ble utført i følgende omgivelser:

- Innendørs i kontormiljøer
- Innendørs og utendørs i barnehager og på skoler
- Innendørs i eneboliger
- Innendørs i flerboliger
- Utendørs på gateplan i bymiljøer og tettsteder

Alle relevante telekommunikasjonssystemer ble kartlagt (radio- og TV-kringkasting, mobilt bredbånd, mobiltelefoni, trådløs telefon, trådløst nettverk og nødnett). Eksponering fra egen mobiltelefon og egen trådløs telefon inngår ikke i prosjektet. Det ble benyttet måleutstyr med spektrumsanalysator. Det oppnås da et mål for den totale eksponeringen i målepunktene, i tillegg til at bidragene fra de forskjellige systemene kan skilles fra hverandre. Denne rapporten beskriver hvordan disse målingene ble gjennomført og gir en oppsummering av resultatene fra målingene.

3 Radiofrekvente felt

Rundt alt elektrisk utstyr og alle strømførende ledninger finnes det elektriske og magnetiske felt. Elektrisk strøm gir opphav til magnetfelt, og elektrisk spenning skaper elektriske felt. Magnetfelt måles i ampere per meter (A/m), eller mikrotesla (μT) for lavfrekvente felt som for eksempel fra strømnettet (50 Hz). Elektriske felt måles i volt per meter (V/m). Når strøm og spenning varierer med tiden, endres også styrken på de magnetiske og elektriske feltene i samme takt. En fellesbetegnelse er elektromagnetiske felt.

Elektromagnetiske bølger forflytter seg med lysets hastighet (300 000 000 m/s). Frekvensen, dvs. antall svingninger per sekund, måles i hertz (Hz). Sammenhengen mellom bølgelengde (λ), frekvens (f) og lyshastigheten (c) er:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (3.1)$$

Bølgelengde måles i meter (m). Telekommunikasjon benytter frekvensområdet fra 9 kHz til 300 GHz, og kan omtales som den radiofrekvente delen av det elektromagnetiske spekteret. Det tilsvarer bølgelengder fra 33 300 m ned til 1 mm.

Dekadiske forstavelser

Frekvens måles i hertz (Hz). Denne måleenheten oppgis ofte sammen med dekadiske forstavelser, der de vanligste i denne sammenheng er:

k – kilo, 10^3	1 kHz (kilohertz) = 1 000 Hz
M – mega, 10^6	1 MHz (megahertz) = 1 000 000 Hz
G – giga, 10^9	1 GHz (gigahertz) = 1 000 000 000 Hz

Den delen av det elektromagnetiske spekteret som har frekvenser under 10^{16} Hz kalles ikke-ioniserende stråling med ultrafiolett stråling i grenseområdet mot ioniserende stråling, se figur 3.1. Ikke-ioniserende stråling har lavere energi enn ioniserende stråling (f.eks. røntgenstråling), og ved eksponering for ikke-ioniserende stråling slås ikke elektroner løs fra molekyler som ved ioniserende stråling.

Feltet nær kilden betegnes som nærfeltet og defineres ofte som området innenfor fra én til ti bølgelengder fra kilden, avhengig av antennens dimensjoner. I dette området er det et komplisert forhold mellom den elektriske og den magnetiske feltkomponenten. Der må de to feltkomponentene bestemmes hver for seg.

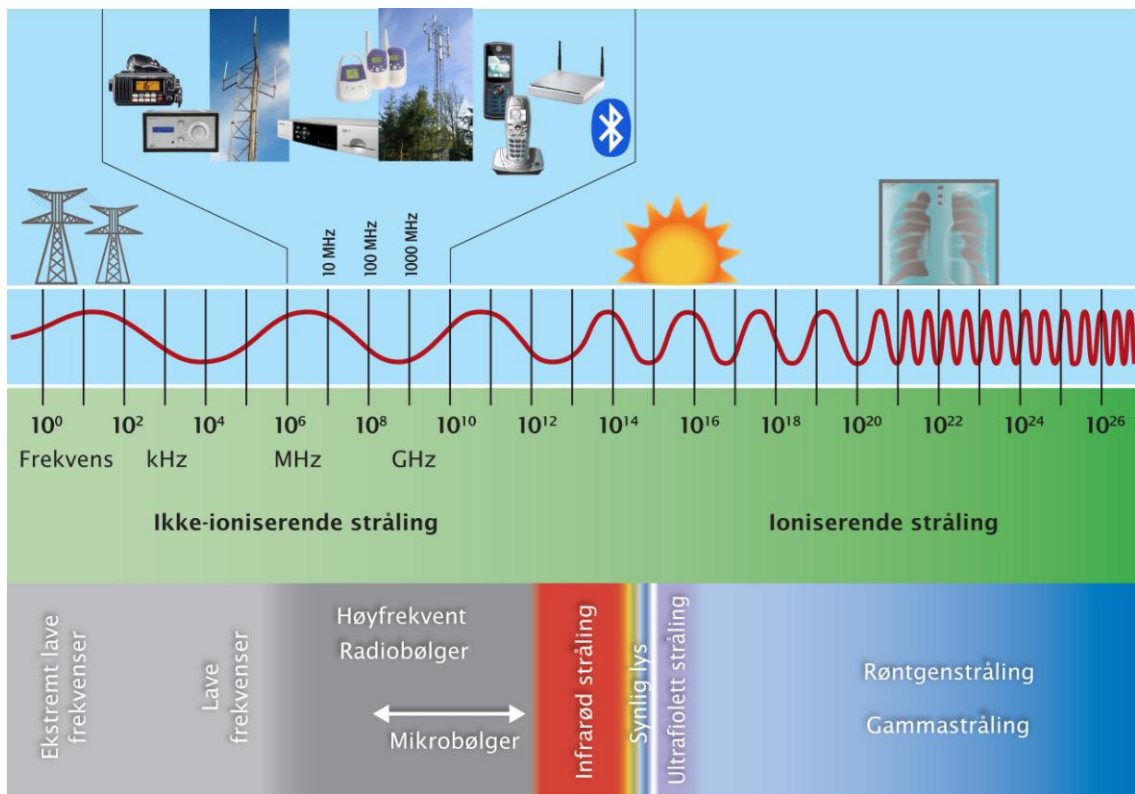
I fjernfeltet, utenfor nærfeltet, er det et konstant forhold mellom de to feltkomponentene både i retning og størrelse gitt ved tomromsimpedansen Z_0 som oppgis i ohm (Ω):

$$Z_0 = \frac{E}{H} = 120\pi \frac{V}{A} \approx 377 \Omega \quad (3.2)$$

der E og H er henholdsvis elektrisk og magnetisk feltstyrke.

Radiobølgenes styrke kan beskrives ved magnetisk eller elektrisk feltstyrke, eller ved effektetthet som har enheten watt per kvadratmeter (W/m^2). Forholdet mellom magnetisk feltstyrke (H), elektrisk feltstyrke (E) og effektetthet (S) for fjernfelt er:

$$S = E \cdot H = \frac{E^2}{Z_0} = H^2 \cdot Z_0 \quad (3.3)$$



Figur 3.1: Det elektromagnetiske spekteret.

Måleresultatene i denne rapporten angis som effektetthet i W/m^2 . Alle målinger i denne undersøkelsen er utført i fjernfeltet fra kildene. En mer inngående beskrivelse av elektromagnetiske felt kan finnes i kompendiet "Lavfrekvente elektromagnetiske felt" av Vistnes (5).

4 Telekommunikasjon

Telekommunikasjon er sending, overføring og mottaking av tegn, signaler, skrift, bilder og lyd ved kabel, radio, optiske eller ved andre elektromagnetisk systemer.

Enkeltdelene i et telekommunikasjonssystem består av en sender, et overføringsmedium (overføringslinje, radiokanal/luft) og en mottaker. Det er mulig å sende mange ulike signaler i parallell over et felles overføringssystem, enten ved frekvens-, kode- eller tidsdeling. Senderen er en innretning som omdanner/koder meldingen og tilpasser den til et fysisk overføringsmedium. Mottakeren har en dekodingsmekanisme som er i stand til å gjenskepe beskjeden.

Telekommunikasjon kan gå fra punkt-til-punkt (som telefon), punkt-til-flere-punkt (som WLAN) eller kringkasting (som TV/radio).

4.1 Systemer som inngår i denne undersøkelsen

I denne kartleggingen har vi valgt å undersøke de senderne vi normalt har i våre daglige omgivelser. Følgende systemer ble kartlagt i denne undersøkelsen:

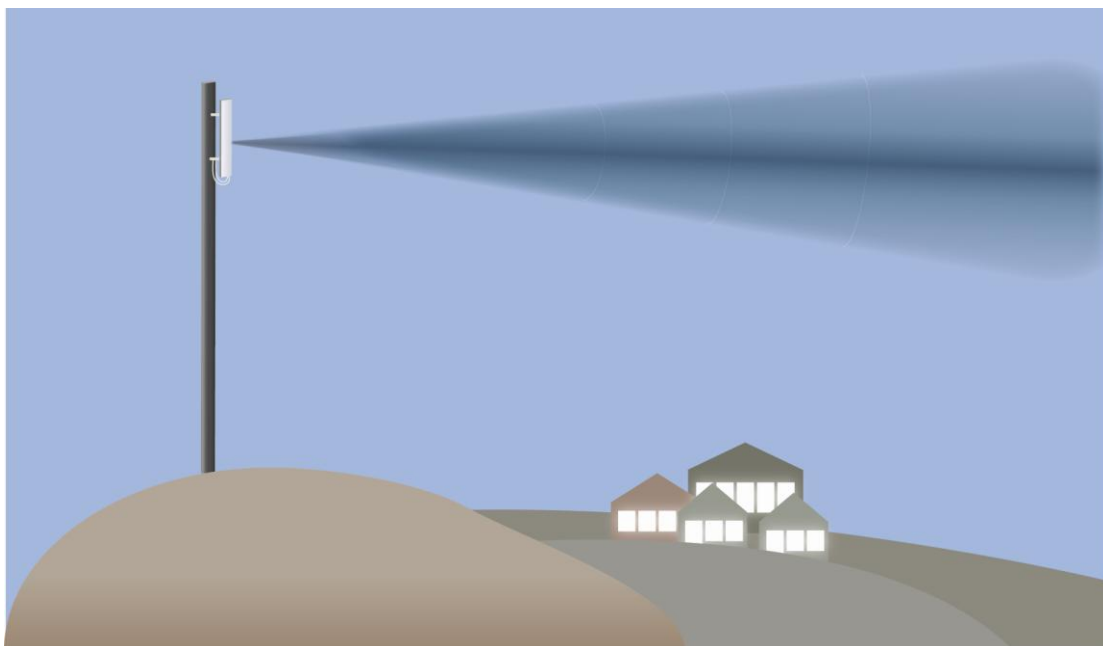
- FM radiokringkasting i frekvensområdet 87,5 – 108 MHz
- DAB radiokringkasting i frekvensområdet 223 – 237 MHz
- Nødnett (TETRA) i frekvensområdet 380 – 400 MHz (kun i Oslo, Lillestrøm og Ski)
- CDMA brukerenhet (mobilt bredbånd) i frekvensområdet 453 – 457,5 MHz

- CDMA basestasjon (mobilt bredbånd) i frekvensområdet 463 – 467,5 MHz
- DVB-T TV-kringkasting (digital-TV) i frekvensområdet 470 – 790 MHz
- GSM-900 mobiltelefon i frekvensområdet 876 – 915 MHz
- GSM-900 basestasjon i frekvensområdet 920 - 960 MHz
- GSM-1800 mobiltelefon i frekvensområdet 1710 - 1785 MHz
- GSM-1800 basestasjon i frekvensområdet 1820 - 1875 MHz
- DECT (trådløse telefoner) i frekvensområdet 1880 - 1900 MHz
- UMTS mobiltelefon i frekvensområdet rundt 1920 - 1980 MHz
- UMTS basestasjon i frekvensområdet rundt 2110 - 2170 MHz
- WLAN (trådløst internett) i frekvensområdet rundt 2400 – 2485 MHz
- 4G (mobilt bredbånd) i frekvensområdet rundt 2600 MHz (kun i Oslo, Lillestrøm og Ski)

I vedlegg A er det gitt en nærmere beskrivelse av de systemene det ble målt på i denne undersøkelsen. Undersøkelsen omfatter f.eks. ikke kilder som radarer, da dette er kraftige sendere som må vurderes lokalt der de finnes. Radarer finnes i et begrenset antall, og er ikke er en del av hverdagen til folk flest.

4.2 Senderetninger for ulike antenner

Senderetninger for antenner avhenger av hvilke type sendere det dreier seg om. Eksempelvis sender antennene på basestasjoner for mobiltelefoner signalene stort sett i horisontal retning innen en gitt sektor og kalles derfor sektorantenner, der sendesektoren angis med en åpningsvinkel (f.eks. $\pm 60^\circ$, som betyr 60° til hver side i forhold til en linje som står nær vinkelrett på antenneelementet). For mobilantenner er typisk åpningsvinkelen $\pm 60^\circ$ i horisontalplanet og $\pm 4^\circ$ i vertikalplanet. Se illustrasjon i figur 4.1. Derfor er det ofte flere antenner på en basestasjon for å dekke flere retninger. Antenner for kringkasting, nødnett, DECT og WLAN kan være såkalt rundstrålende som sender signaler i alle retninger i horisontalplanet.



Figur 4.1: Illustrasjon av hvordan en mobilantenne sender ut radiosignaler i én bestemt retning. Signalene sendes ut nesten horisontalt. Feltet under og i andre retninger enn framover fra antennen er betydelig lavere enn i hovedstråleretningen.

4.3 Sendereffekt for ulike telekommunikasjonssystemer

Effekten som sendes ut fra en antenne er nøye tilpasset den funksjonen systemet skal ha. Moderne telekommunikasjonssystemer planlegges og settes opp slik at effekten som sendes ut er så lav som mulig. Dette gjøres både for å kunne gjenbruke de tildelte frekvensene best mulig, og for å spare strøm.

Mens man tidligere planla mobiltelefonsystemer med kraftige sendere på høytliggende topper rundt omkring, planlegges nå tilsvarende mobilnett med flere svakere sendere der behovet for kommunikasjon er størst. I praksis medfører dette at mobilantennene kan sende med betydelig lavere effekt fordi de står nær det området de skal betjene. Minst like viktig er det at brukerterminalene (mobiltelefonene) kan sende med betydelig lavere effekt enn tidligere. I mobiltelefonens barndom kunne en bilmontert mobilenhet ha en sendereffekt på 25 W, mens dagens moderne mobiltelefoner justerer effekten for å tilpasse seg til den faktiske dekingen og kan bruke under 1 mW for å opprettholde kontakten med nettet.

WLAN og trådløse telefoner har en utgangseffekt på 0,1 W, basestasjoner for mobiltelefoner på rundt 30 W, mens FM-kringkastingendere kan sende med flere titalls kW. Sendereffekt for basestasjonene til noen telekommunikasjonssystemer er gitt i tabell 4.1.

System	Maksimal utgangseffekt (W)	Gjennomsnittlig utgangseffekt (W)
NMT-450	40	20
GSM-900	20/40	15
GSM-1800	20/40	15
UMTS	40	20
DECT	0,1	0,01
TETRA	25	5
4G	20 – 60	10 – 40
WLAN	0,1	0,0001 - 0,050*

Tabell 4.1: Sendereffekt for basestasjonene til noen telekommunikasjonssystemer. Det gjelder ikke håndsettene. NMT-450 var førstegenerasjons mobiltelefoni, og oppgitt sendereffekt er fra datidens basestasjoner.

* Avhengig av om et påslått nettverk er i bruk eller ikke.

5 Grenseverdier

Forskrift om strålevern og bruk av stråling (strålevernforskriften) (1) har følgende bestemmelse om eksponeringsnivåer for ikke-ioniserende stråling: ”All eksponering av mennesker for ikke-ioniserende stråling skal holdes så lav som praktisk mulig. Retningslinjer og grenseverdier innen optisk stråling og elektromagnetiske felt gitt i sist oppdaterte versjon av Guidelines on limited exposure to Non-Ionizing Radiation fra den Internasjonale kommisjonen for beskyttelse mot ikke-ioniserende stråling gjelder som forskrift.”

ICNIRP har utarbeidet retningslinjer for eksponeringsgrenser for blant annet radiofrekvente felt (2). Disse er basert på omfattende og kontinuerlig veldokumentert forskning på helseeffekter ved slik eksponering. Hensikten med retningslinjene er å unngå eksponering som kan føre til skadelige helseeffekter. Disse retningslinjene er gjort gjeldende som norske grenseverdier i strålevernforskriften, og omtales i det følgende som grenseverdier.

Det er gitt grenseverdier både for yrkeseksponerte og for befolkningen generelt. Disse er satt med sikkerhetsmarginer på henholdsvis 10 og 50 i forhold etablerte biologiske effekter og helseeffekter.

I tillegg anvender vi i Norge det generelle strålevernprinsippet om å holde all eksponering så lav som mulig, selv om nivåene i utgangspunktet er lave og ligger godt under grenseverdiene. Dette innebærer at man skal gjøre de tiltak som kan forsvares ut fra en helhetsvurdering.

5.1 Grunnlag for grenseverdiene

Ved opphold i et radiofrekvent felt dannes det elektriske og magnetiske felt inni kroppen. Molekyler, fortrinnsvis vann, settes i bevegelse. Dette kan føre til en oppvarming av kroppsvev, lokalt eller i hele kroppen (2, 6), og er den veldokumenterte mekanismen som danner grunnlag for grenseverdiene. Det er funnet terskelverdier for hva som kan gi skadelige effekter dersom de overskrides. Forskning har vist at disse effektene er sammenfallende med responser på en temperaturøkning på 1°C. Denne økningen er innenfor normalt område for human temperaturreguleringskapasitet. Dyreforsøk viser en terskel for adferdsendring ved samme eksponeringsnivåer. Begrepet som benyttes for energiabsorpsjon per tids- og masseenheter er SAR (Specific Absorption Rate) og angis i watt per kilogram (W/kg).

Det er i lang tid forsket på om eksponering for radiofrekvente felt også kan gi helseeffekter gjennom andre mekanismer enn temperaturøkning. Reorganisering av ladninger, effekter på cellemembraner og hørselsfenomener er noen effekter som ikke skyldes oppvarming, såkalte ikke-termiske effekter, men de opptrer først ved eksponering langt over grenseverdien satt på grunnlag av termiske effekter. Noen enkeltstudier har vist andre effekter ved eksponering for langt svakere felt, som endret ionetransport gjennom cellemembraner, skade på DNA og påvirkning på produksjon av stresshormoner, men hittil er studiene ikke reproduisert og derfor mindre vektlagt.

SAR-verdien, eller de indre elektriske og magnetiske feltene, kan ikke måles direkte i en levende kropp. Ved hjelp av teoretiske modeller og fantomer av en menneskekropp er det beregnet hvilke SAR-verdier man får ved eksponering for elektrisk og magnetisk felt ved forskjellig styrke og frekvens. Fordi kroppens absorpsjon av radiobølger varierer med frekvens, er grenseverdiene frekvensavhengige. Verdiene gjelder for gjennomsnittsverdier midlet over en tilfeldig 6 minutters periode, dvs. at de aldri skal overskrides uansett hvilken 6 minutters periode som velges. Det regnes å ta 6 minutter før det oppnås likevekt mellom varmetilførsel (absorbert energi fra radiofrekvente felt) og varmetap (som borttransportert varme via blodårer) i kroppsvev. Effekttettheten for felt målt i luft gis i W/m^2 , og grenseverdier for befolkningen er gitt i tabell 5.1 for de telekommunikasjonssystemene det er målt på i denne undersøkelsen.

Telekommunikasjonssystem	Frekvens (MHz)	Grenseverdi for effekttetthet (W/m^2)
FM, DAB, nødnett (TETRA)	87,5 – 400	2
CDMA (mobilt bredbånd), DVB-T (digital-TV), GSM-900, GSM-1800, DECT (trådløs telefon), UMTS mobiltelefon	400 – 2000	$f/200$ ($f = \text{frekvens i MHz}$)
UMTS basestasjon, WLAN (trådløst internett), 4G (mobilt bredbånd)	2000 - 2600	10

Tabell 5.1: Grenseverdier for effekttetthet i W/m^2 for de telekommunikasjonssystemene det er målt på i denne undersøkelsen. Grenseverdiene i denne tabellen gjelder for befolkningen.

Man har studert både akutte effekter og langtidseffekter av eksponering. Effektene man så langt har funnet er kun knyttet til effekter under selve eksponeringen (akutte effekter), og ikke til effekter av langtidseksponering (kumulative effekter). Det vitenskapelige grunnlag når det gjelder mulige langtidseffekter er fortsatt svakt, men det har så langt ikke gitt holdepunkter for å sette ytterligere

restriksjoner med tanke på mulige langtidseffekter av felt lavere enn grenseverdiene. En vitenskapelig komité gikk i 2009 igjennom ny forskning som har kommet de seneste ti årene (6). På det grunnlag kom ICNIRP frem til at det ikke er umiddelbart behov for å endre grenseverdiene (7) ved frekvenser over 100 kHz.

6 Gjennomføring av målinger

I denne undersøkelsen er det gjennomført målinger på seks forskjellige steder i Norge. Radiofrekvente felt er kartlagt i til sammen 91 målepunkter ved 56 adresser. Hver måling tok 30 – 40 minutter, avhengig av hvor mange telekommunikasjonssystemer som ble kartlagt i målepunktet. Prosjektdeltakerne fra Post- og teletilsynet og Statens strålevern er nevnt i vedlegg B til rapporten.

6.1 Valg av målesteder

Post- og teletilsynet har distriktskontorer plassert flere steder i Norge. Målinger ble gjennomført i nærheten av de distriktskontorene som har måleutstyr av den typen som skulle brukes i denne undersøkelsen. Det ble utført målinger på følgende steder:

- Bergen
- Kristiansand
- Lillestrøm
- Oslo
- Ski
- Trondheim

6.2 Valg av omgivelser og kartlagte systemer i de forskjellige omgivelsene

Formålet med disse målingene har vært å kartlegge typisk eksponering for radiofrekvente felt som vi utsettes for i dagliglivet. Siden vi tilbringer en stor del av døgnet hjemme eller på arbeid/skole/barnehage, ble hoveddelen av målingene utført i disse omgivelsene.

Kontorbygg av forskjellige slag ble valgt til å representere arbeidsstedsmålinger, siden man i kontormiljø ofte har tilgang til mange forskjellige telekommunikasjonssystemer. Målinger på skoler og i barnehager er samlet i én kategori. I privathjem er målinger i eneboliger skilt fra målinger i flerboliger (tomannsbolig, rekkehus eller leilighet). Målinger på offentlig sted er representert ved gateplan. I tabell 6.1 gis en oversikt over omgivelsene og hvilke telekommunikasjonssystemer som ble kartlagt i de forskjellige miljøene.

Selve brukerenheten (bredbåndsmodemet) til CDMA og mobiltelefonene for GSM-900, GSM-1800 og UMTS ble kun kartlagt i kontormiljø, se oversikt i tabell 6.1. For å bli eksponert fra andre personers mobilbruk, må man oppholde seg ganske nær de som snakker i mobiltelefon. Eksponering fra andre personers mobiltelefon kan være relevant i kontormiljø, og f.eks. i offentlige transportmidler som buss og tog. I private hjem, og til dels også på gateplan, kan man velge å unngå eksponering fra andre personers mobilbruk ved å holde litt avstand til de som aktivt bruker mobiltelefon. I barnehager og på skoler er vår vurdering at disse mobile senderne er i forholdsvis beskjeden bruk over lengre tid.

Omgivelse System	Innendørs i kontormiljø	Innen- og utendørs i barnehage/skole	Innendørs i enebolig	Innendørs i flerbolig	Utendørs på gateplan
FM radiokringkasting	√	√	√	√	√
DAB radiokringkasting	√	√	√	√	√
Nødnett (TETRA)*	√	√	√	√	√
CDMA brukerenhet (mobilt bredbånd)	√				
CDMA basestasjon (mobilt bredbånd)	√	√	√	√	√
DVB-T (digital-TV)	√	√	√	√	√
GSM-900 mobiltelefon	√				
GSM-900 basestasjon	√	√	√	√	√
GSM-1800 mobiltelefon	√				
GSM-1800 basestasjon	√	√	√	√	√
DECT (trådløs telefon)	√	√	√	√	√
UMTS mobiltelefon	√				
UMTS basestasjon	√	√	√	√	√
WLAN (trådløst internett)	√	√	√	√	√
4G (mobilt bredbånd)*	√	√	√	√	√

Tabell 6.1: Oversikt over omgivelser og kartlagte telekommunikasjonssystemer i de forskjellige omgivelsene.

* Nødnett og 4G er kun målt i Oslo-området (Oslo, Lillestrøm og Ski).

Denne undersøkelsen omfatter ikke eksponering fra egen mobilbruk. Der det er målt eksponering fra mobiltelefoner, representerer dette eksponering fra andre som snakker i mobiltelefon i nærheten av deg. Som et mål på eksponering fra andres mobiltelefoner har vi også utført noen ekstra målinger av eksponering fra mobiltelefoner i avstander som kan være relevante. Resultatene fra disse ekstra målingene er gjengitt i punkt 7.3, men de er ikke inkludert i de øvrige resultatene.

6.3 Valg av adresser og målepunkter

Privatadresser ble valgt ut tilfeldig fra telefonkatalogen. Det var et kriterium at boligene skulle ligge forholdsvis sentralt. Barnehager/skoler ble valgt ut med hjelp fra de aktuelle kommunene. Målingene i kontormiljø og på gateplan ble også gjennomført i sentrale strøk, fordi basestasjoner for mobiltelefoni normalt står tettere plassert der enn i utkantstrøk og en dermed kan vente de høyeste verdiene der. Både offentlige og private virksomheter var representert blant kontormiljøene.

I utgangspunktet skulle det utføres målinger på tre adresser innenfor de forskjellige omgivelsene på hvert av stedene Bergen, Kristiansand, Oslo og Trondheim. I Oslo-området ble det også gjort målinger i ett kontorbygg på Lillestrøm og én enkelt måling på gateplan på Ski. Målingene på et sted var planlagt utført i løpet av samme arbeidsuke. Dels på grunn av vanskeligheter med finne frivillige privatpersoner, og dels på grunn av kanselleringer underveis, ble det gjort noen færre målinger i privatboliger enn planlagt. I tabell 6.2 er det gitt en oversikt over antall adresser på hvert av målestedene i de forskjellige omgivelsene.

Målested	Bergen	Kristiansand	Lillestrøm	Oslo	Ski	Trondheim	Totalt
Omgivelse							
Kontormiljø	3	3	1	2	-	3	12
Barnehage/skole	3	4	-	3	-	4	14
Enebolig	1	3	-	2	-	1	7
Flerbolig	3	1	-	3	-	3	10
Gateplan	3	3	-	3	1	3	13
Totalt	13	14	1	13	1	14	56

Tabell 6.2: Antall adresser for målinger på hvert målested i de forskjellige omgivelsene. Totalt antall adresser på hvert målested, og i de forskjellige omgivelsene, er også tatt med i tabellen.

Ved valg av målepunkter på de enkelte adressene ble det lagt vekt på å velge steder hvor mennesker normalt ferdes og har opphold av lengre varighet. Enkelte målepunkt ble valgt slik at man kom så nær antenner som mulig, men fremdeles representerer de et sted med normal ferdsel. På gateplan ble målepunktet på den enkelte adresse valgt slik at det var mest mulig fri sikt til mobilantenner, men ikke nødvendigvis nærmest mulig en antenne.

I privatboliger ble det målt på ett eller to målepunkter ved hver adresse. I barnehager og på skoler ble det målt på ett, to eller tre målepunkter, der den ene målingen fortrinnsvis ble gjort utendørs. I kontormiljø ble det gjort to eller tre målinger, mens det på gateplan bare ble tatt én måling per adresse. I tabell 6.3 er det gitt en oversikt over antall adresser der det er gjort målinger i ett, to og tre målepunkter i de forskjellige omgivelsene.

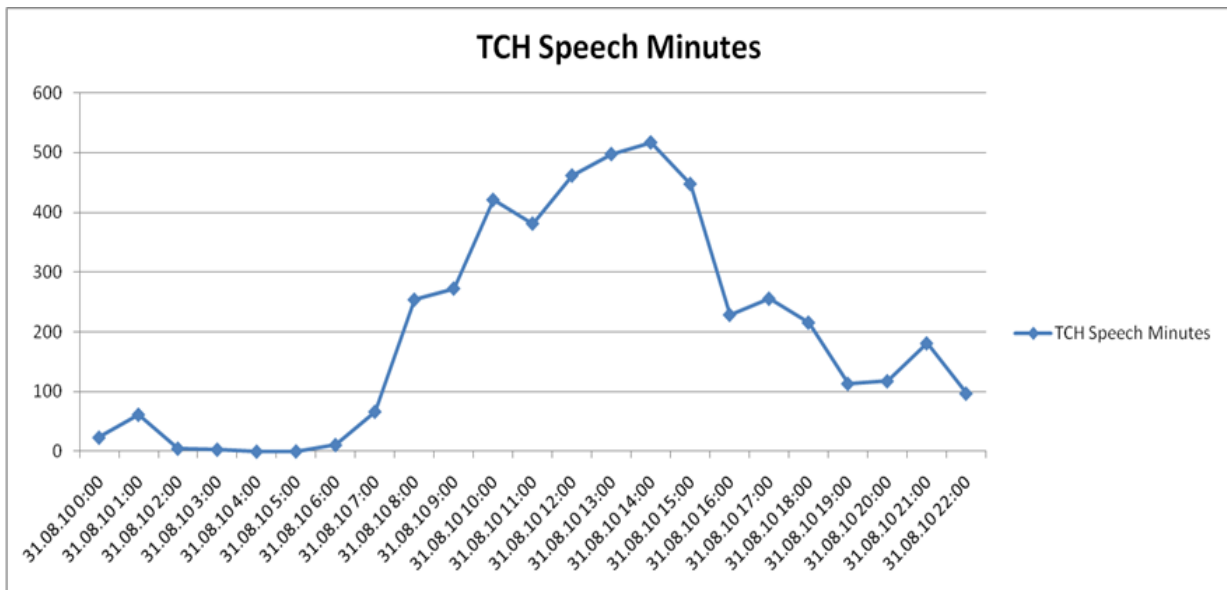
Adresser	m/ ett målepkt	m/ to målepkt	m/ tre målepkt	Totalt ant. målepunkt
Omgivelse				
Kontormiljø	-	11	1	25
Barnehage/skole	2	10 (8)	2 (1)	28 (9)
Enebolig	5	2	-	9
Flerbolig	4	6	-	16
Gateplan	13	-	-	13
Totalt ant. adresser	24	29	3	91

Tabell 6.3: Antall adresser med ett, to og tre målepunkter i de forskjellige omgivelsene og totalt. I tillegg er det gitt en oversikt over totalt antall målepunkter i de forskjellige omgivelsene. Tall i parentes for barnehage/skole er antall adresser der én av målingene er gjort utendørs.

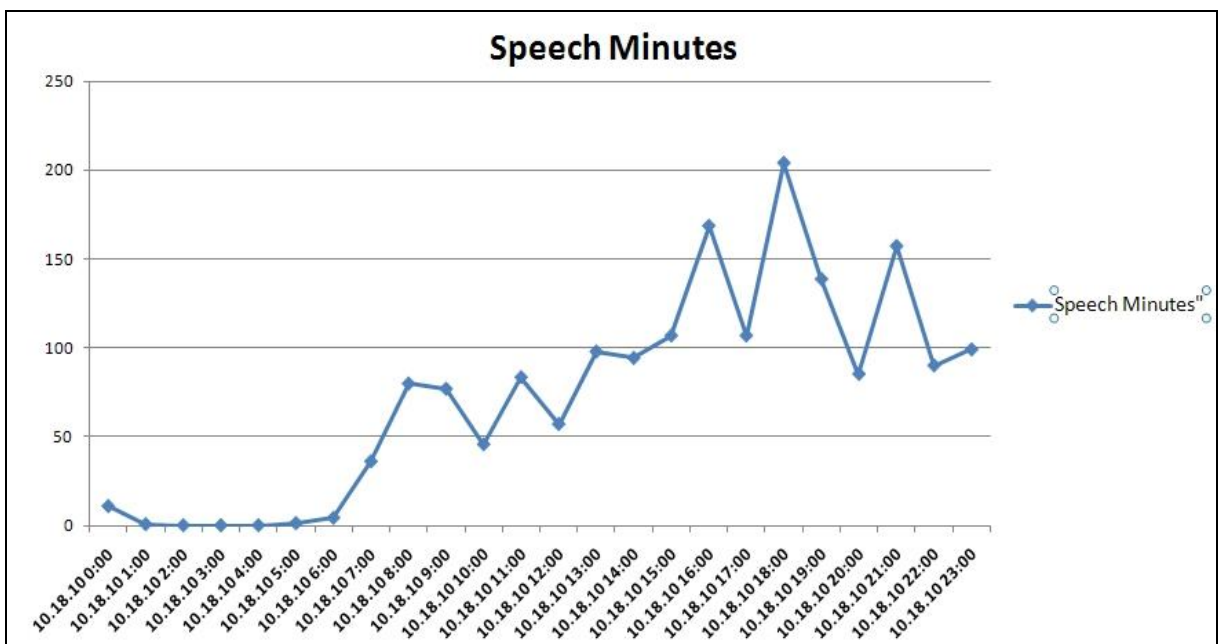
6.4 Valg av måletidspunkter

Målinger i privatboliger foregikk på ettermiddag/kveld, da det antas at det er den tiden av døgnet det er størst telekommunikasjonstrafikk i boområder, både med tanke på mobiltelefoner og trådløse nettverk. I barnehager, på skoler, i kontorbygg og på gateplan ble målingene gjennomført på dagtid, bortsett fra gatemålingen på Ski som ble gjort på kveldstid. I disse omgivelsene antas det at det er størst belastning på nettene på dagtid. Data fra Telenor for trafikkbelastning på noen av antennene vi

målte i nærheten av bekrefter dette sendemønsteret, se eksempler i figurene 6.1 og 6.2. For kringkastingssystemene og nødnett vil sendereffekten være tilnærmet konstant gjennom hele døgnet, og for disse systemene er det likegyldig når på døgnet målingene blir utført.



Figur 6.1: Figuren viser døgnvariasjoner i trafikkbelastningen på en av antennene som det ble målt i nærheten av på dagtid. Dataene er fra Telenor, men er fra en annen dag enn da målingene ble gjennomført.



Figur 6.2: Figuren viser døgnvariasjoner i trafikkbelastningen på en av antennene som det ble målt i nærheten av på ettermiddag/kveldstid. Dataene er fra Telenor, men er fra en annen dag enn da målingene ble gjennomført.

6.5 Målemetode

Målemetoden som benyttes av Post- og teletilsynet er basert på anbefalinger for måling av radiofrekvente felt (9 kHz – 300 GHz) gitt av den europeiske komiteen for elektronisk kommunikasjon (ECC) (8), som er en del av komiteen for europeiske post- og teleadministrasjoner (CEPT).

Måleverdien representerer en øyeblikksverdi for effektetthet i det tidspunktet målingene ble gjort, mens det er gjennomsnittsverdien midlet over en hvilken som helst 6 minutters periode som ikke skal overskride grenseverdiene fra ICNIRP (2). Måleresultatene skal derfor korrigeres for en eventuell pulsing eller variasjon i sendemønsteret før de sammenlignes med grenseverdiene. I denne rapporten presenteres maksimalverdiene uten at denne korrigeringen er gjort, fordi sendemønsteret varierer med bruk og belastning på de ulike systemene.

De systemene det er målt på har relativt konstant nivå så lenge systemene sender. Unntaket er nivåvariasjonene i de forskjellige mobilnettene. For GSM vil effekten variere alt etter hvor mye trafikk som går over de aktuelle basestasjonene. Måleverdien angis som om kanalen er full, dvs. maksimal belastning på hver enkelt kanal/frekvens som er aktiv. På tilsvarende måte vil det for WLAN oppgis en måleverdi som vil gjelde full belastning i kanalen. For UMTS vil det være den effekten som sendes ut i det tidsrommet målingen foretas som oppgis. Disse variasjonene er det vanskelig å fange opp med de måleprosedyrene som er brukt i denne undersøkelsen.

Valg av tidspunkt for målingene er gjort for å dekke de periodene av døgnet da mobilnettene er mest belastet.

6.5.1 Måleutstyr og målemaler

Målingene ble utført med måleantenner og spektrumsanalyser fra Rohde & Schwarz, styrt via måleprogrammet RFEX versjon 4.1. Måleantennene som ble brukt er av typen TS-EMF, og dekker frekvensområdet 30 MHz – 3 GHz. Denne antennen måler elektrisk feltstyrke (E) i tre ortogonale plan; x , y og z . Det ble brukt tre forskjellige typer spektrumsanalyser; FSH 3, FSH 6 og ESPI 7. Analyserne av typen FSH dekker frekvensområdet 9 kHz – 3/6 GHz, og ESPI dekker frekvensområdet 9 kHz – 7 GHz. Måleutstyret som ble brukt er nærmere beskrevet i vedlegg C.

Spektrumanalysatorene måler elektrisk feltstyrke (E) for ulike frekvenser, og når man vet hvilke frekvenser som brukes av forskjellige typer sendere kan måleprogrammet RFEX settes opp til automatisk å beregne bidraget fra forskjellige typer sendere. Det ble laget målemaler som dekket de utvalgte systemene (se punkt 4.1) i frekvensområdet 80 MHz – 3 GHz, der bidraget fra hver type sender og totalbidraget fra alle sendere automatisk ble beregnet i hvert målepunkt av måleprogrammet RFEX. Måleprogrammet RFEX ble også satt opp til å omregne måleresultatene til effektetthet (S). Måleresultatene i denne rapporten angis som effektetthet i W/m^2 . Detaljer for de forskjellige målemalene og databehandlingen er gitt i vedlegg C. Målinger ble gjort med utgangspunkt i anbefalingene fra ECC (8) og ICNIRP (2) som er nevnt over.

6.5.2 Måleusikkerhet og faktorer som kan påvirke målingene

I tillegg til instrumentets usikkerhet oppgitt til $\pm 1,5$ dB, vil målingene påvirkes av omgivelsene. Det innebærer at et måleoppsett ikke vil gi 100 % repeterbare måleverdier.

Videre kan sendereffekten fra en del basestasjoner variere på grunn av at trafikkbelastningen ikke er konstant, noe som også vil bidra til variasjon av feltet.

Nivået til et gitt radiosignal på et gitt sted vil påvirkes av omgivelsene og variere over tid på grunn av bevegelige gjenstander, eksempelvis biler, som er i nærheten av stedet der målingen blir utført. Variasjonene skyldes at det mottatte signalet i målepunktet er en sum av direktebidraget, og ett eller flere refleksjonsbidrag fra omgivelsene. Når refleksjonsflater endres eller flyttes vil det mottatte nivået derfor variere. Avhengig av faseforskyvning mellom bidragene kan signalet forsterkes eller svekkes. Om det er fri sikt til senderantennene eller ikke, er en viktig faktor for hvor mye omgivelsene påvirker målingene. I tilfeller der det ikke er fri sikt til senderantennen, vil nivået kunne variere mye over tid fordi flyttbare elementer i omgivelsene, for eksempel biler, kan påvirke refleksjonen av signalene. Med helt fri sikt til antennene vil ikke forandringer i omgivelsene påvirke målingene i like stor grad.

Totalt vil usikkerheten til denne typen målinger i verste fall være på opp til $\pm 5,5$ dB. I praksis betyr det at man i den ene enden av usikkerhetsskalaen kan måle 3 ganger det reelle nivået og i den andre enden av usikkerhetsskalaen $1/3$ av det reelle nivået i målepunktet.

6.5.3 Måleoppsett

Måleantennen ble montert i et stativ slik at antennen var 1,2 m over gulvet/bakken. Bildene i figurene 6.3 og 6.4 viser måleoppsettet. Ingen oppholdt seg i umiddelbar nærhet av måleantennen under måling.



Figur 6.3: Måleutstyret satt opp for måling i et kontormiljø. Foto: Øystein Sølvberg, Post- og teletilsynet.



Figur 6.4: Måleutstyret satt opp for utendørsmåling i en skolegård. Foto: Trond Ottar Watne, Post- og teletilsynet.

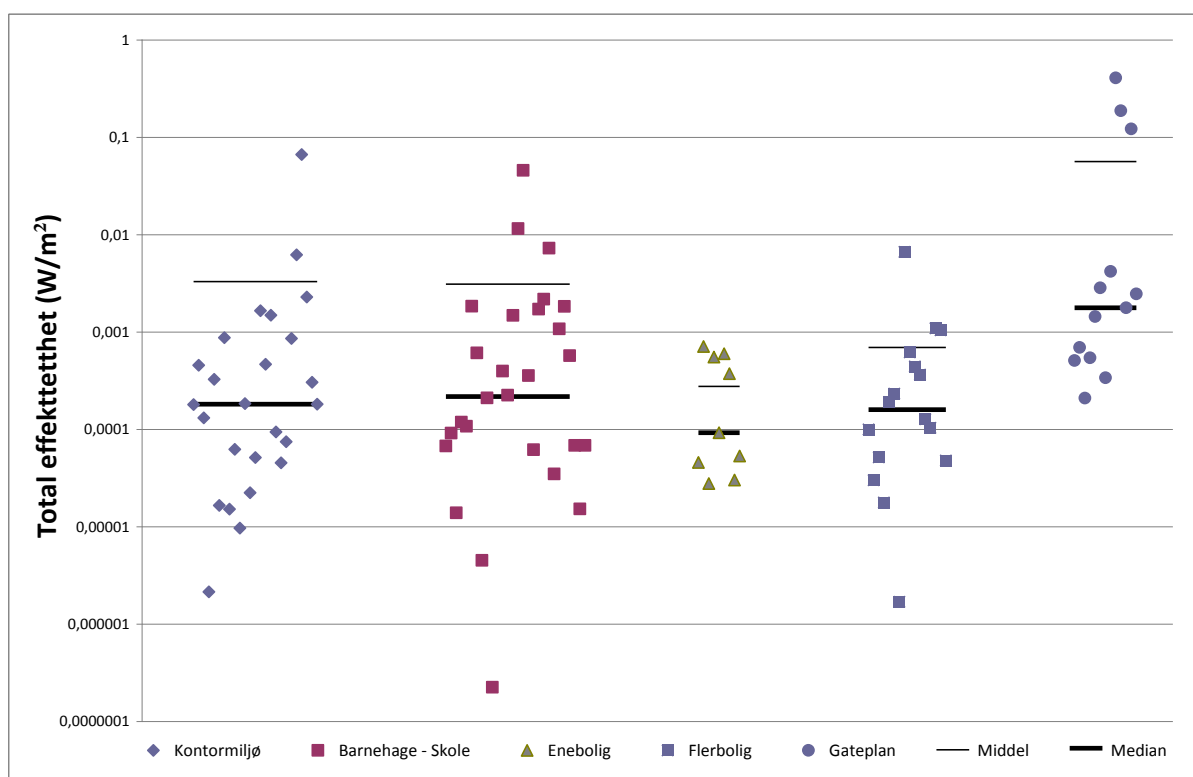
7 Resultater

Ved valg av målepunkter på de enkelte adressene ble det lagt vekt på å velge steder hvor mennesker normalt ferdes og har opphold av lengre varighet. Adresser for målinger ble fortrinnsvis valgt ut tilfeldig, slik at de skal være representative som grunnlag for å vurdere vår eksponering. Variasjonene skyldes fortrinnsvis avstand og sikt til de ulike antennene. Tidspunkt for målingene er valgt med tanke på å få representative verdier for de tidspunkt på døgnet da folk oppholder seg i de valgte omgivelsene. Dvs. målinger i boliger er utført på ettermiddag/kveld, mens resten av målingene er utført på dagtid da det er folk på kontorer, på skoler, i barnehager og i gatene som resulterer i at senderne i nærheten er i bruk. Én av gatemålingene ble utført på kveldstid.

I rapporten gis effektetthet i W/m^2 , både total effektetthet i målepunktet (S_{total}) og effektetthet for de enkelte telekommunikasjonssystemene (f.eks. S_{FM} , $S_{GSM-900\ mobil}$, $S_{GSM-900\ base}$, S_{DECT} eller S_{WLAN}). Under punkt 7.4 oppgis måleverdiene relativt til grenseverdiene.

7.1 Total effektetthet i målepunktene

Resultatene som vises for total effektetthet, er summen av eksponering fra hver sender og gis som om alle senderne sender kontinuerlig og samtidig. I figur 7.1 gis total effektetthet for alle målepunktene som inngikk i undersøkelsen. Målepunktene er sortert etter de forskjellige omgivelsene der målinger ble utført. Oversikt over hvilke telekommunikasjonssystemer som ble kartlagt i de forskjellige omgivelsene, er gitt i tabell 6.1. Total effektetthet var under $0,01 W/m^2$ for 93 % av målepunktene og 72 % lå under $0,001 W/m^2$. Høyeste målte verdi var $0,4 W/m^2$, mens laveste registrerte verdi var $0,0000002 W/m^2$. Laveste verdi lå under deteksjonsgrensen til måleutstyret og fremkommer ikke i figur 7.1.



Figur 7.1: Total effektetthet for 90 av de 91 målepunkter i undersøkelsen, sortert etter de forskjellige omgivelsene. Den ene måleverdien i kategorien barnehage/skole som lå under deteksjonsgrensen til måleutstyret fremkommer ikke i figuren. Merk at figuren har en logaritmisk skala for total effektetthet, så høyeste nivå på skalaen er 10 000 000 ganger høyere enn laveste.

Middelverdien for total effekttetthet for alle målepunkter er 0,01 W/m² og medianverdien er 0,0003 W/m². Middel- og medianverdier for total effekttetthet i de forskjellige omgivelsene er gitt tabell 7.1. Disse verdiene er også markert med henholdsvis tynne og tykke streker i figur 7.1.

Omgivelse	Middelverdi av total effekttetthet (W/m ²)	Median av total effekttetthet (W/m ²)
Kontormiljø	0,003	0,0002
Barnehage/skole	0,003	0,0002
Enebolig	0,0003	0,00009
Flerbolig	0,0007	0,0002
Gateplan	0,06	0,002

Tabell 7.1: Middel- og medianverdier for total effekttetthet i de forskjellige omgivelsene.

Til sammenligning varierer grenseverdiene for de ulike telekommunikasjonssystemene mellom 2 – 10 W/m², avhengig av hvilken frekvens de sender på (se tabell 5.1).

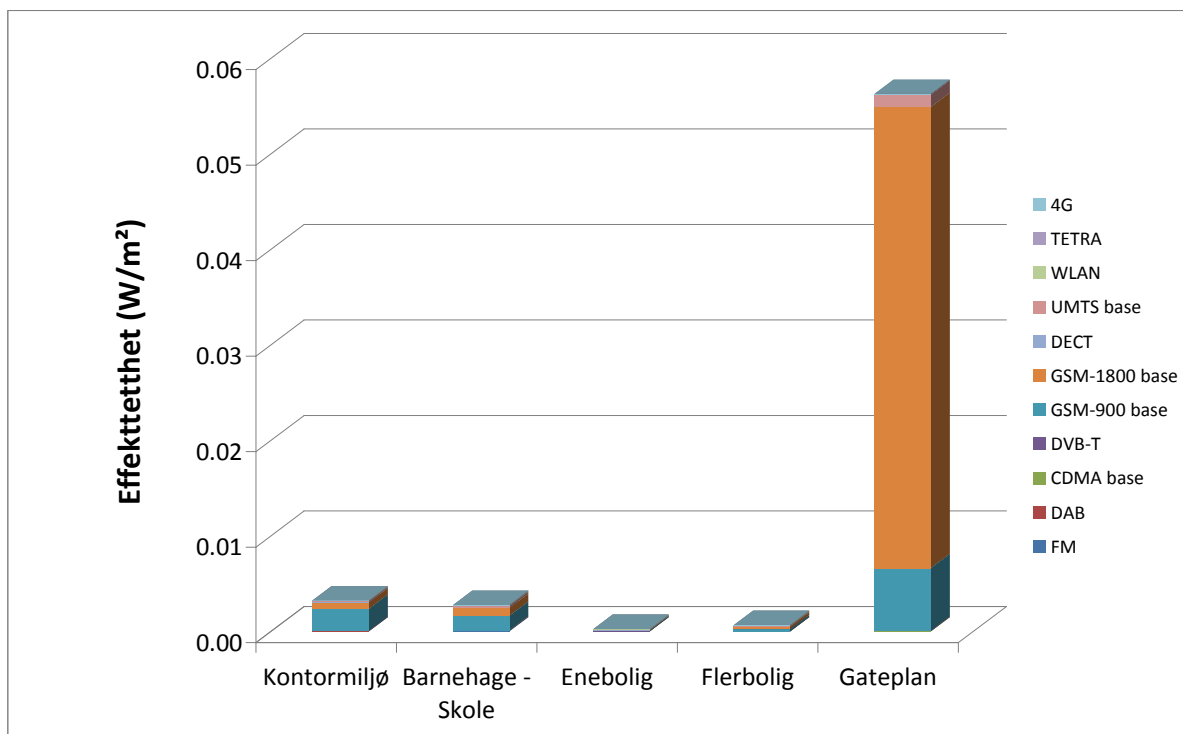
Det ble gjort 13 utendørsmålinger på gateplan, i tillegg til 9 utendørsmålinger i barnehage eller på skoler. De resterende målingene ble gjort innendørs. Ser man på utendørs- og innendørsmålingene hver for seg, er middelverdien inne 0,002 W/m², mens middelverdien utendørs er 0,04 W/m². På de 9 adressene i kategorien barnehage/skole der ble det gjort både utendørs- og innendørsmålinger, var verdien som ble målt ute høyere enn den som ble målt inne ved 7 av disse adressene. Ved den ene av de to adressene der inneverdien var høyere enn uteverdien, stammer hovedbidraget innendørs fra WLAN (både WLAN-router på veggen og WLAN-sender i PC var aktive under måling, der avstanden til måleantennen var henholdsvis 1,6 og 0,5 m). Ved den andre adressen var det flere forskjellige type sendere som ga vesentlig høyere bidrag inne enn ute (FM, DVB-T, DAB, GSM-900 og WLAN).

Tre av målepunktene skiller seg ut med verdier over 0,1 W/m². Disse tre målingene er gjort på gateplan i nærheten av mobilantenn plassert relativt lavt på husfasader, se bilde i figur 8.1. Avstand til antennene var 15 – 20 meter. I to av disse målepunktene kommer hovedbidraget fra GSM-1800 basestasjon, mens hovedbidraget i det tredje målepunktet kommer fra både GSM-900 basestasjon og GSM-1800 basestasjon.

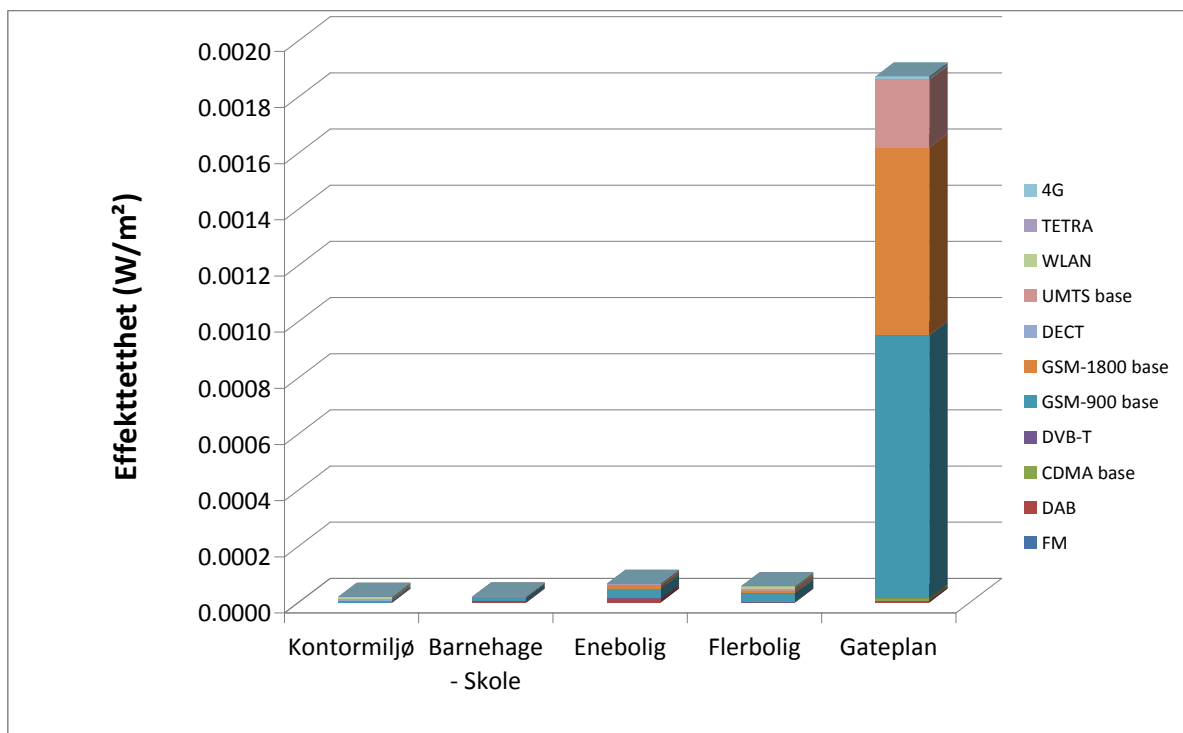
Tre andre målepunkter har verdier mellom 0,01 – 0,1 W/m². Her stammer hovedbidragene fra både GSM-900 basestasjon og GSM-1800 basestasjon. Resten av målepunktene har verdier under 0,01 W/m².

7.2 Bidrag fra ulike telekommunikasjonssystemer

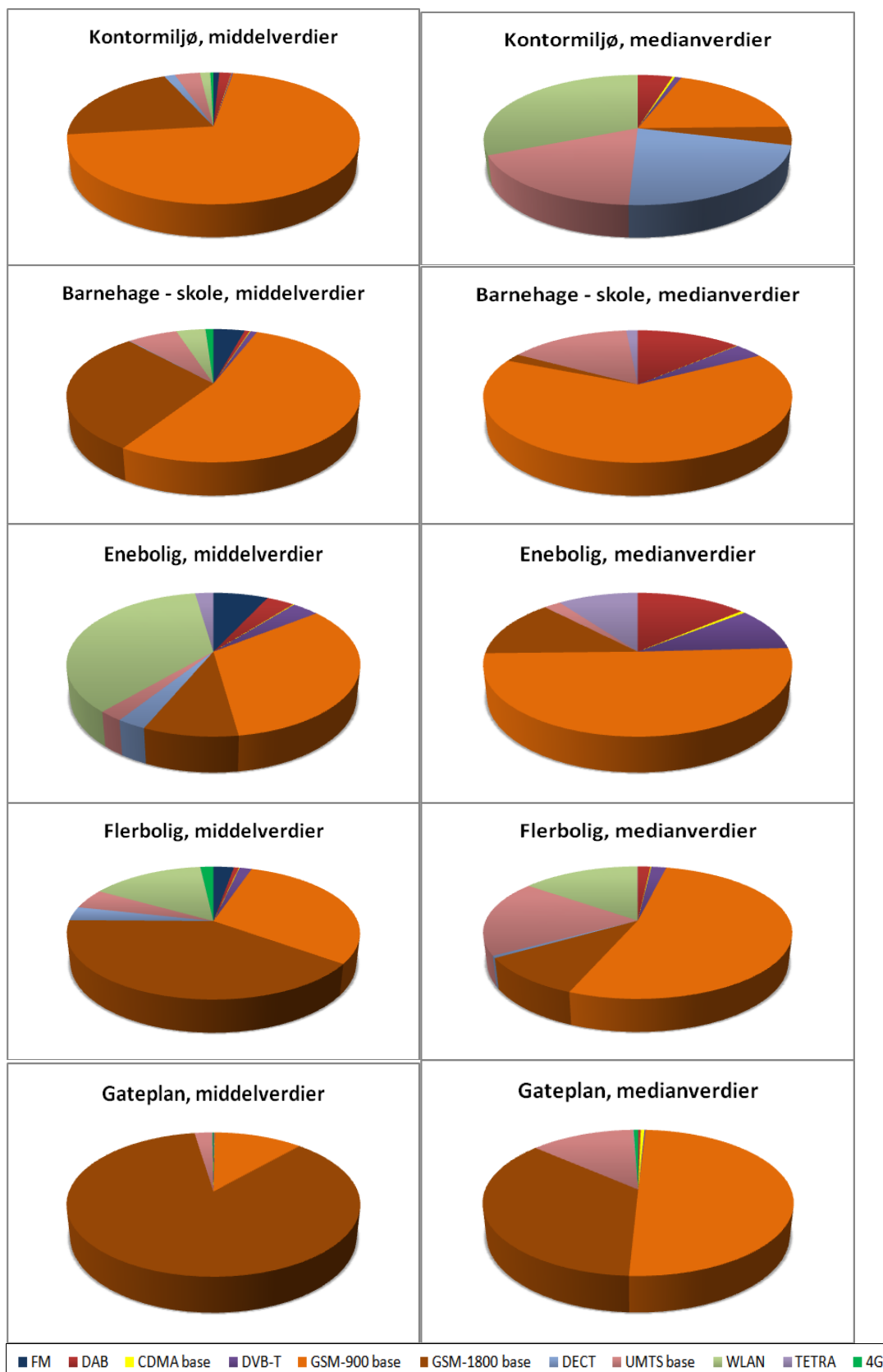
Fordeling av middel- og medianverdier for effekttetthet mellom de ulike telekommunikasjonssystemene i de forskjellige omgivelsene er vist nedenfor i henholdsvis figur 7.2 a) og b). Absoluttverdier for middel- og medianverdier for de ulike systemene i de forskjellige omgivelsene er gitt i vedlegg D.



Figur 7.2 a): Fordeling av middelveier for effektetthet mellom de ulike systemene i de forskjellige omgivelsene. Absoluttverdier for middel av total effektetthet i de forskjellige omgivelsene er gitt i tabell 7.1, og absoluttverdier for de ulike telekommunikasjonssystemene i de forskjellige omgivelsene er gitt i vedlegg D.



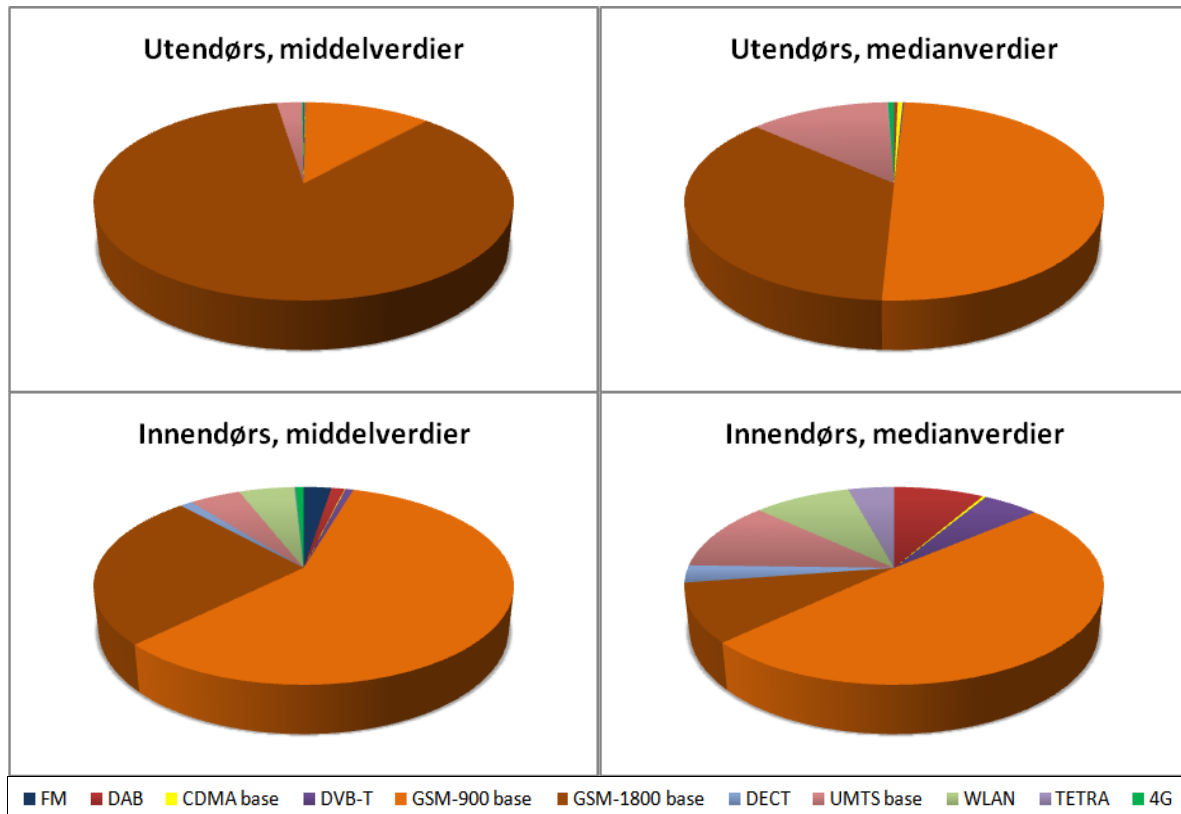
Figur 7.2b): Fordeling av medianverdier for effektetthet mellom de ulike systemene i de forskjellige omgivelsene. Absoluttverdier for median av total effektetthet i de forskjellige omgivelsene er gitt i tabell 7.1, og absoluttverdier for de ulike telekommunikasjonssystemene i de forskjellige omgivelsene er gitt i vedlegg D.



Figur 7.3: Relativ fordeling av effektetthet mellom de ulike systemene i de forskjellige omgivelsene. Absoluttverdiene for hver av omgivelsene er ulike, og refererer til total effektetthet for henholdsvis middel- og medianverdier gitt i tabell 7.1. Absoluttverdier for middel- og medianverdier for de ulike systemene i de forskjellige omgivelsene er gitt i vedlegg D.

Relativ fordeling av effekttetthet mellom de ulike systemene som gitt i hver av søylene i figurene 7.2 a) og b) er fremstilt som kakediagrammer i figur 7.3.

I figur 7.4 gis relativ fordeling av effekttetthet mellom de ulike systemene for utendørs- og innendørsmålinger.



Figur 7.4: Relativ fordeling av effekttetthet mellom de ulike systemene for utendørs- og innendørsmålinger. Absoluttverdiene for middel- og medianverdier for total effekttetthet for utendørs- og innendørsmålingene er ulike, og de er henholdsvis 0,04 og 0,001 W/m² for middel- og medianverdi utendørs, og henholdsvis 0,002 og 0,0002 W/m² for middel- og medianverdi innendørs.

Medianverdiene viser at utendørs er det basestasjoner for mobiltelefonssystemene som dominerer, mens man inne ser også mer bidrag fra de andre systemene. Generelt er det basestasjoner, fortrinnsvis GSM-900 og GSM-1800, som til sammen gir hovedbidragene. Resultatene for 4G er lite representative siden systemet ikke var tatt i full bruk da målingene ble utført.

7.3 Eksponering fra andres mobiltelefon

Det ble utført noen enkle målinger av eksponering fra en aktiv mobiltelefon i forskjellig avstand og med forskjellig dekning som et eksempel på hvilken effekttetthet man kan oppleve fra andres mobiltelefoner i omgivelsene. Det ble målt på GSM-900 og UMTS med god og dårlig dekning i avstander fra 0,3 til 3 meter fra telefonen. Resultatene er gitt i tabell 7.2.

Avstand [m]	God dekning GSM-900 [W/m ²]	God dekning UMTS [W/m ²]	Dårlig dekning GSM-900 [W/m ²]	Dårlig dekning UMTS [W/m ²]
0,3	0,0005	0,00005	0,02	0,008
0,5	0,0003	0,00003	0,01	0,001
1	0,0001	0,000003*	0,008	0,0001
2	0,00002	0,000003*	0,001	0,0002
3	0,00007*	0,000004*	0,001	0,00005

Tabell 7.2: Effekttetthet som kan oppleves fra andres mobiltelefoner i aktiv bruk i nærheten. Det er utført målinger på GSM-900 og UMTS i forskjellige avstander med god og dårlig dekning. Resultatene fra disse målingene er ikke inkludert i de øvrige resultatene.

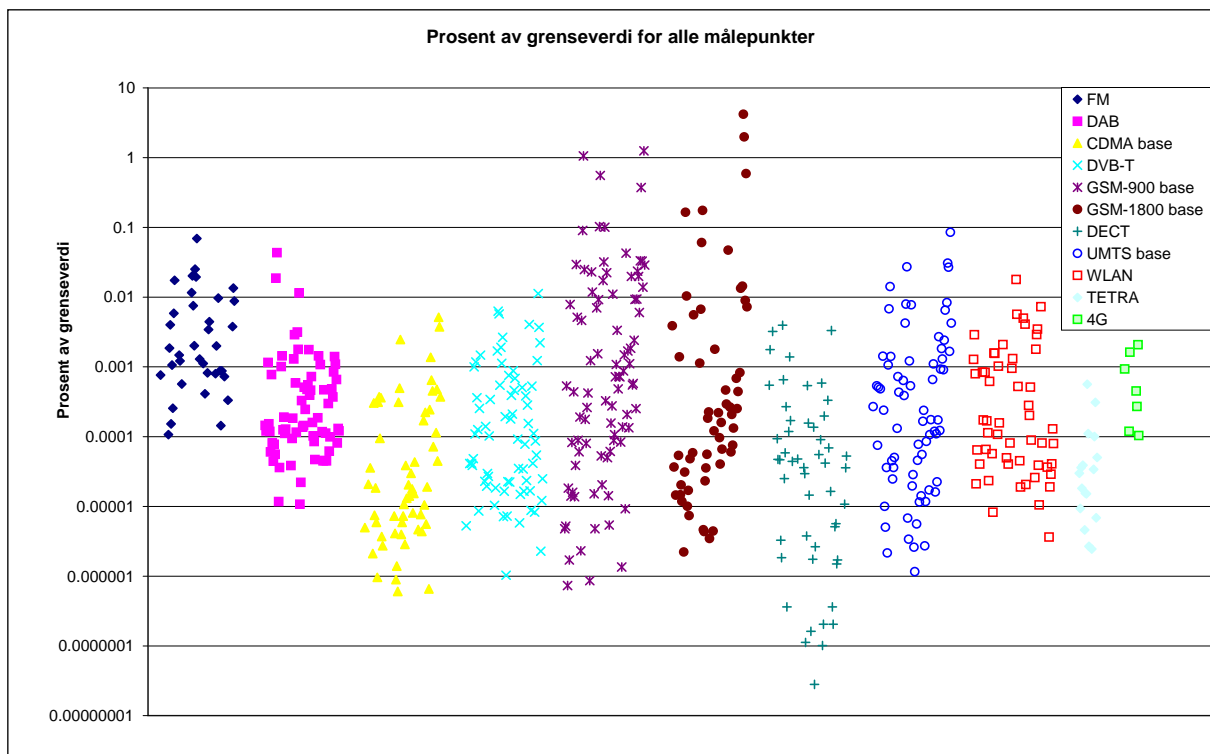
*Ved endring av avstand mellom måleantennen og mobiltelefonen, var det ble telefonen som ble flyttet og den kan derfor ha skiftet fra en basestasjon til en annen.

Målingene er utført i ”kontoromgivelser” og med en standard mobiltelefon knyttet opp mot enten GSM-900 eller UMTS mobilnett. Resultatene vil kunne avvike noe fra matematisk beregnede verdier på grunn av at GSM-nettene bruker frekvenshopping, trafikkbelastningen kan endre seg i måleperioden og omgivelsen lokalt rundt telefonen endrer seg når mobiltelefonen flyttes. De oppgitte verdiene gir derfor bare en indikasjon på hvordan nivået er i forskjellig avstand fra mobiltelefonen, samtidig som det kommer klart fram at mobiltelefonen må øke sendereffekten når dekningen er dårlig.

Som nevnt tidligere i rapporten omfatter denne undersøkelsen ikke eksponering fra egen mobilbruk. Eksponering fra egen mobilbruk kan enkelt reduseres ved å bruke håndfriutstyr, holde mobilen vekk fra kroppen under samtale, sørge for å ha god dekning og bruke SMS.

7.4 Relativt til grenseverdier

Grenseverdiene er frekvensavhengige og varierer mellom 2 og 10 W/m² i det aktuelle frekvensområdet. Alle måleverdiene ligger godt under grenseverdiene. Det er stor nivåforskjell mellom høyeste og laveste målte verdi for alle systemene, og særlig for basestasjoner for mobiltelefoner der målingene sprer seg over en nivåforskjell på 10⁶. I figur 7.5 vises resultatet av alle målepunktene fordelt på system relativt til grenseverdien for de ulike frekvensene. 98,7 % av målingene ligger under 1/1000 av grenseverdiene og 99,5 % ligger under 1/100 av grenseverdiene.



Figur 7.5: Figuren viser alle enkeltmålingene for hvert av telekommunikasjonssystemene relativt til grenseverdien for de ulike frekvensene. Høyeste verdi i figuren er altså under 10 % av gjeldende grenseverdi.

8 Diskusjon

Måleresultatene som er presentert i denne rapporten, omfatter radiofrekvente felt hovedsakelig fra faste installasjoner for telekommunikasjon som vi utsettes for i våre daglige omgivelser. Det er også vist noen målinger av felt fra en mobiltelefon på avstand for å anslå hvilken eksponering man kan oppleve fra andres mobiltelefoner i bruk i nærheten. Antall målinger er begrenset, men de gir en god indikasjon på hvilke nivåer vi utsettes for fra de ulike telekommunikasjonssystemene og fra alle systemene summert.

Den total effektettheten i de fleste målepunktene var under $0,001 \text{ W/m}^2$, og under $1/1000$ av grenseverdiene. En faktor på over en million skiller høyeste målte verdi på $0,4 \text{ W/m}^2$ fra laveste målbare verdi på $0,0000002 \text{ W/m}^2$. Middelerdien for totaleksponering er $0,01 \text{ W/m}^2$, medianverdien er $0,0003 \text{ W/m}^2$. Dette er under henholdsvis ca. $1/200$ og $1,5/10\ 000$ av grenseverdien. Ser man på utendørs- og innendørsmålingene hver for seg, er medianverdien inne $0,0002 \text{ W/m}^2$, mens den utendørs er $0,001 \text{ W/m}^2$, altså 5 ganger høyere nivå ute enn inne. Fordi det er begrenset antall målinger vil medianverdien best beskrive eksponeringen folk flest utsettes for.

De tre høyeste verdiene ble målt på gateplan og skyldes ugunstig plasserte antenner på basestasjoner for mobiltelefon. Bildet i figur 8.1 viser én av måleadressene der mobilantennen var plassert relativt lavt på husfasader. Bildet i figur 8.2 viser en barnehage plassert innimellom fjellknauser der måleverdien lå under deteksjonsgrensen til måleutstyret. Dette illustrerer hvilken betydning lokal topografi kan ha for eksponeringsnivået i et punkt.



Figur 8.1: Eksempel på fasademonterte mobilantenner der de høyeste måleverdiene ble funnet, men som ikke nødvendigvis er representative for det aktuelle området eller tilsvarende områder. Også her lå måleverdiene godt under grenseverdiene. Antenner for GSM/UMTS er markert med røde ringer på fasaden. Foto: Nils Tapio, Post- og teletilsynet.



Figur 8.2: Barnehagen med fjellknauser rundt der måleverdien var under deteksjonsgrensen til måleutstyret. Foto: Trond Ottar Watne, Post- og teletilsynet.

Alle målingene som er presentert i rapporten, representerer peakverdier, dvs. maksimale verdier målt i det øyeblikket en antenne sender. Total effekt er gitt som summen av alle peakverdier, og tilsvarer en situasjon som om alle systemene sender samtidig og kontinuerlig. I realiteten sender en del av systemene bare i korte pulser. Grenseverdiene for eksponering gjelder imidlertid for en gjennomsnittsverdi midlet over 6 minutter, dvs. de skal aldri overskrides uansett hvilken 6 minutters periode som velges.

For kringkasting er måleresultatene ganske representative for tidsmessige gjennomsnittsverdier, siden disse antennene sender kontinuerlig. For basestasjon for mobiltelefon tilsvarer verdiene nivåer ved høy belastning. For disse systemene kan resultatene sammenlignes direkte med grenseverdien.

Trådløst nettverk, WLAN, som er på, men ikke aktivt i bruk, sender bare i 1/1000 av tiden. Ved aktiv bruk sender den i snitt maksimalt i 50 % av tiden. Effekten er konstant når den sender og verdiene som gis er derfor fra 2 til 1000 ganger høyere enn tidsgjennomsnittet.

Reell eksponering i de punktene der målingene er utført vil også være lavere, fordi antennene til de ulike systemene sjelden vil sende helt samtidig.

Det er stor spredning på måleresultatene. Hver måleverdi på de respektive stedene viser en øyeblikksverdi. Resultatene varierer fortrinnsvis på grunn av avstand og sikt til de ulike senderne. De varierer også til dels fordi belastningen på sendesystemene varierer i tid. Det er derfor søkt å utføre målinger på tidspunkt da man antar høyest mulig belastning.

Alle målingene er gjort i tettbygde strøk. Også boligene er valgt i sentrale strøk da det forventes at nivåene er høyere der, fordi tettheten av sendere er høyere enn i utkantstrøk. Tilsvarende målinger gjort i Sverige (9) viste at nivåene var høyere i byer enn i utkantstrøk. Det innebærer at resultatene i denne rapporten representerer maksimalverdier, også med tanke på geografisk plassering.

Nivået de aller fleste steder var godt under 1/1000 av grenseverdiene. Unntaket vil være der mobilantennene står lavt plassert i forhold til oppholdssted, og man kan komme inn i hovedstråleretningen foran antennen. Slike plasseringer er det ikke så mange av, og man søker å unngå dem da de kan stride mot forskriftens krav om å holde all eksponering så lavt som praktisk mulig.

Bygningsmaterialer har ulik skjermingsegenskap. Glass kan dempe feltet til ca halvparten, mens stein og betong kan dempe til ca en tiendedel. Hovedkildene er utendørs, og peker fortrinnsvis bort fra nærliggende bygninger. Dette sammen med dempning i byggematerialer kan forklare at verdiene er vesentlig lavere innendørs enn utendørs.

8.1 Konklusjon

Nivået vi normalt utsettes for vil de aller fleste steder være godt under 1/1000 av grenseverdiene. Tilsvarende målinger utført i andre land som Sverige, Finland, Nederland og Belgia viser at eksponeringsnivået vi opplever i Norge er sammenlignbart med det man har i andre land med samme teknologi (9, 10, 11). Trådløst nettverk er den kilden som bidrar minst til eksponering, mens basestasjoner for mobiltelefon i snitt er den kilden som bidrar mest selv om nivåene er lave. Nivåene utendørs er jevnt over høyere enn nivåene man opplever inne.

8.2 Hva som skjer framover

Frekvensbruken i Norge endrer seg kontinuerlig og målingene som er beskrevet i denne rapporten har bare en viss holdbarhet. Det kan derfor bli nødvendig å supplere med flere målinger etter hvert som tettheten av sendere endres og nye telekommunikasjonssystemer blir innført. I første omgang gjelder dette spesielt for 4G/LTE og nødnett (TETRA). Utbyggingen av disse telekommunikasjonsnettene er helt i startfasen og de få resultatene som blir presentert i denne rapporten, vil ikke nødvendigvis være representative om noen år.

Rapporten viser øyeblikksbilder av eksponeringen på det tidspunktet målingene ble utført. Post- og teletilsynet forbereder et måleoppsett for gjennomføring av langtidsmålinger på noen utvalgte steder i

Norge. Disse målingene vil fange opp variasjoner i eksponeringen over tid, det vil si variasjoner over døgnet og over uker/måneder/år. Ved gjennomgang av resultatene fra langtidsmålinger, vil det være de relative endringene av eksponeringen i det aktuelle området som presenteres.

Andre aktiviteter kan også være aktuelle, for eksempel slike som genereres med bakgrunn i tilbakemeldinger vi får på det arbeidet som er gjort i forbindelse med denne rapporten. Eksponeringen fra håndholdte terminaler er i liten grad berørt i denne rapporten.

9 Ordliste

Eksponering:	Den påvirkning en utsettes for i en sammenheng, her ved opphold i et elektromagnetisk felt
Radiofrekvente felt:	Elektromagnetiske bølger i frekvensområdet 9kHz til 300 GHz
Basestasjon:	Et system bestående av en eller flere radiosendere med tilhørende antenner
Antenne:	Innretning for å omforme strøm og spenning i en kabel til elektromagnetiske bølger i luft. Kan være mottager og/eller senderantenne
Sender:	Den delen av basestasjonen som omdanner et informasjonssignal til et høyfrekvent signal som tilføres en antenne
Senderetning:	Den retningen hoveddelen av energien fra en antenne sendes i
FDMA:	Frekvensdelt multipel aksess / frekvensdeling
TDMA:	Tidsdelt multipel aksess / tidsdeling
CDMA:	Kodedelt multipel aksess / kodedeling
Peakverdier:	Maksimale øyeblikksverdier
Elektrisk feltstyrke:	Gis ved volt per meter, V/m
Magnetisk feltstyrke:	Gis ved ampere per meter, A/m
Effektetthet:	Energien en elektromagnetisk bølge transporterer, gis i W/m ²
Grenseverdi:	Referanseverdi som skiller akseptable verdi fra ikke akseptabel verdi
Målested:	De seks stedene der det ble utført målinger (Bergen, Kristiansand, Lillestrøm, Oslo, Ski og Trondheim)
Måleadresse:	Adressen der det ble utført målinger på hvert av målestedene
Målepunkt:	Fysisk sted for plassering av måleantenne på måleadressen

10 Referanser

1. Forskrift 29. oktober 2010 nr. 1380 om Strålevern og bruk av stråling (strålevernforskriften). Oslo: Helse- og omsorgsdepartementet 2010. <http://www.lovddata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20101029-1380.html> (5.1.2011)
2. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 1998; 74 (4): 494-522. <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf> (31.03.2011)

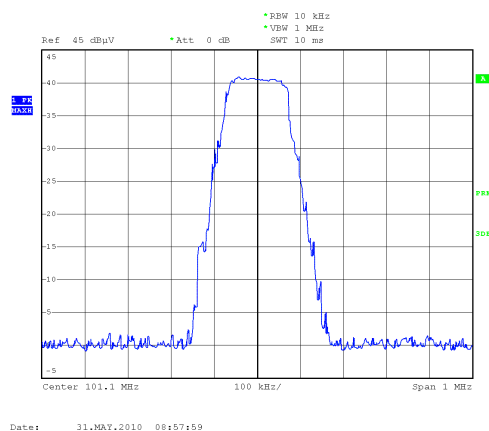
3. Hannevik M. Elektromagnetiske felt fra basestasjoner for mobiltelefoni: målinger ved basestasjoner i Oslo-området. StrålevernRapport 2000:5. Østerås: Statens strålevern, 2000.
<http://www.nrpa.no/dav/225076362d.pdf> (31.01.2011)
4. Post- og teletilsynet. Teknisk informasjon og avstandsberegninger.
http://www.npt.no/portal/page/portal/PG_NPT_NO_NO/PAG_NPT_NO_HOME/PAG_SIKKER_HET_TEKST?p_d_i=-121&p_d_c=&p_d_v=112580 (5.1.2011)
5. Vistnes AI. Lavfrekvente elektromagnetiske felt. Oslo: Universitetet i Oslo, Fysisk institutt, 2006.
<http://folk.uio.no/arnvtvi/komp06c.pdf> (5.1.2011)
6. ICNIRP. Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz - 300 GHz). ICNIRP 16/2009. Oberschleissheim: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, 2009.
7. ICNIRP. ICNIRP statement on the “Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)”. Health Physics 2009; 97(3): 257-258
<http://www.icnirp.org/documents/StatementEMF.pdf> (31.03.2011)
8. ECC. Measuring non-ionising electromagnetic radiation (9 kHz – 300 GHz). ECC Recommendation (02)04 (revised Bratislava 2003, Helsinki 2007). Copenhagen: Electronic Communication Committee (ECC), 2002.
http://www.erodocdb.dk/doks/implement_doc_adm.aspx?docid=1908 (31.03.2011).
9. Anger G, Trulsson J. Spektrala mätningar av radiofrekvente elektromagnetiska fält mellan 60 MHz och 3.4 GHz, åren 2001 til 2007 i Sverige. SSI Rapport 2008:13. Stockholm: Statens strålskyddsinstitut, 2008.
<http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Global/Publikationer/Rapport/Stralskydd/2008/ssi-rapp-2008-13.pdf> (31.03.2011).
10. Exposure of the general public to Radiofrequent electromagnetic fields. A joint statement from the Nordic Radiation Safety Authorities, 11. november 2009.
<http://www.nrpa.no/dav/18e69b6f32.pdf> (31.03.2011)
11. Joseph W et al. Comparison of personal radio frequency electromagnetic field exposure in different urban areas across Europe. Environmental research 2010; 110 (7): 658-663.

Vedlegg A – Beskrivelse av ulike telekommunikasjons-systemer

I dette vedlegget beskrives de telekommunikasjonssystemer som ble kartlagt i denne undersøkelsen.

A.1 FM radiokringkasting

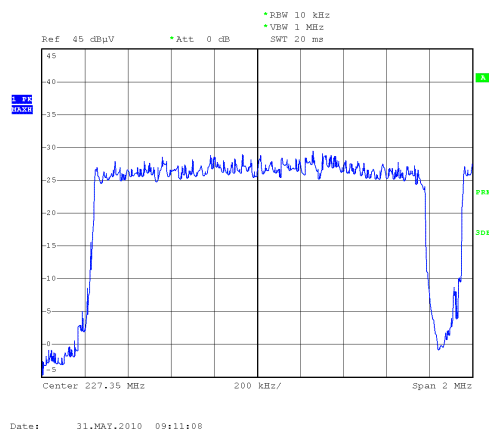
Lydkringkasting, analog modulasjon med båndbredde på ca 150 – 200 kHz. FM radiokringkasting bruker frekvensområdet 87,5 – 108 MHz. Sendereffekten til denne typen sendere kan variere fra noen få watt for nærradiostasjoner til mange tusen watt for hovedsendere som står plassert høyt til fjells for å dekke store områder. Signalnivået ut fra senderen er forholdsvis konstant og uavhengig av tid på døgnet. Den smale båndbredden gjør at nivået et stykke unna senderen kan variere en del på grunn av lokale forhold rundt mottakerstedet/målepunktet.



Figur A.1: Et typisk FM signal.

A.2 DAB radiokringkasting

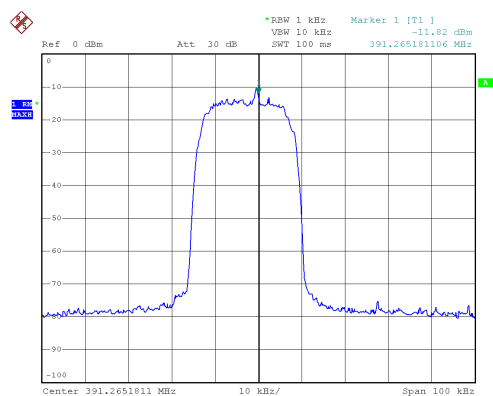
Lydkringkasting, digital modulasjon med en båndbredde på ca 1,5 MHz. DAB radiokringkasting ligger i frekvensområdet 223 – 237 MHz. Sendereffekten kan variere fra noen hundre watt til 1 – 2 kW for hovedsendere som står plassert høyt til fjells. Signalnivået ut fra senderen er konstant og uavhengig av tid på døgnet. På grunn av at signalet har relativt stor båndbredde vil ikke det mottatte signalnivået bli så mye påvirket av lokale forhold rundt mottakerstedet/målepunktet. Valg av målepunkt vil dermed ikke i vesentlig grad være avgjørende for nivået som blir målt.



Figur A.2: Et typisk DAB signal, flat og fin på toppen av kurven som skulle tilsi at det ikke er refleksjoner fra nærområdet.

A.3 Nødnett (TETRA)

Celleoppbygd kommunikasjonssystem for toveis tale og data, digital modulasjon med en båndbredde på ca 15 kHz. Nødnettet (TETRA) ligger i frekvensområdet 380 – 400 MHz. Sendereffekten til TETRA basestasjon er normalt ca. 20 – 25 W, mens et håndsett kan sende med 1 – 5 W. På grunn av systemets virkemåte vil det gjennomsnittlige nivået ut fra senderen variere med trafikken som den enkelte basestasjon i nettet har. Det mottatte signalnivået vil, dersom man ikke har fri sikt til basestasjonen, variere betydelig fra målepunkt til målepunkt på grunn av lokale forhold i mottakerstedet/målepunktet..

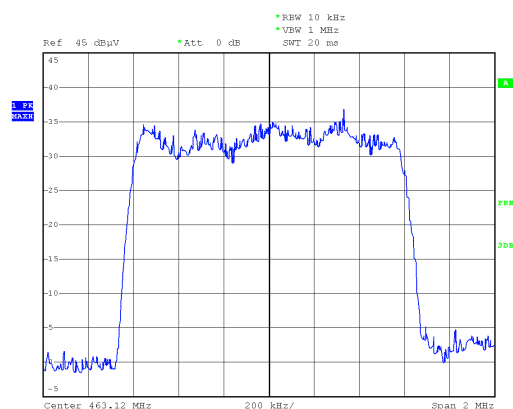


Date: 1.JUN.2010 10:47:49

Figur A.3: Et typisk TETRA-signal. I og med at det gjennomsnittlige nivået varierer med antall brukere i en radiokanal vil målingene i de aller fleste tilfellene gi for høye verdier, dvs. målt verdi tilsvarer full trafikk i hver aktive radiokanal.

A.4 CDMA mobilt bredbånd

Celleoppbygd kommunikasjonssystem for toveis data, digital modulasjon med en båndbredde på ca 1,25 MHz. CDMA brukerenhet (mobilt bredbånd) ligger i frekvensområdet 453 – 457,5 MHz, mens basestasjonen ligger i frekvensområdet 463 – 467,5 MHz. Sendereffekten til brukerterminalen vil normalt ligge på 1 W, mens basestasjonen kan ha en utstrålt effekt på opp mot 450 W for de stasjonene som ligger høyt og som skal ha stor dekning. På grunn av systemets virkemåte vil det gjennomsnittlige nivået ut fra senderen variere med trafikken som den enkelte basestasjon i nettet har. På grunn av at signalet har relativt stor båndbredde vil ikke det mottatte signalnivået bli så mye påvirket av lokale forhold rundt mottakerstedet/målepunktet. Valg av målepunkt vil dermed ikke i vesentlig grad være avgjørende for nivået som blir målt.

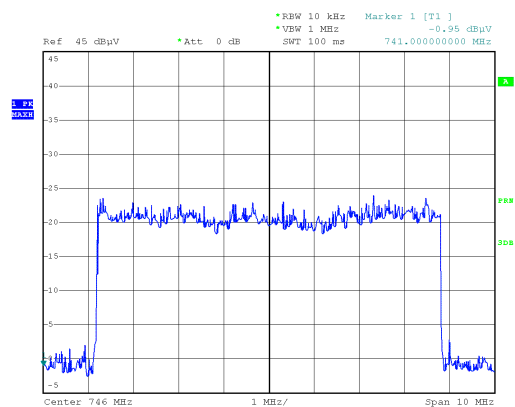


Date: 31.MAY.2010 09:49:11

Figur A.4: Et typisk CDMA signal. Signalet er ujevnt på toppen av kurven. Det betyr at det er en del lokale refleksjoner mellom basestasjonen og målepunktet.

A.5 DVB-T TV-kringkasting

Bildekringkasting, digital modulasjon med en båndbredde på ca 8 MHz. DVB-T TV-kringkasting (digital-TV) ligger i frekvensområdet 470 – 790 MHz. Sendereffekten varierer fra noen titalls watt for omformere til mange kW for hovedsendere som er plassert høyt til fjells. Signalnivået ut fra senderen er konstant og uavhengig av tid på døgnet. På grunn av at signalet har relativt stor båndbredde vil ikke det mottatte signalnivået bli så mye påvirket av lokale forhold rundt mottakerstedet/målepunktet. Valg av målepunkt vil dermed ikke i vesentlig grad være avgjørende for nivået som blir målt.



Date: 31.MAY.2010 10:01:22

Figur A.5: Et typisk DVB-T signal (digitalt bakkenett for TV-kringkasting).

A.6 GSM-900 mobiltelefoni

Celleoppbygd kommunikasjonssystem for toveis tale og data, digital modulasjon med en båndbredde på ca. 200 kHz. GSM-900 mobiltelefon ligger i frekvensområdet 876 – 915 MHz, mens GSM-900 basestasjon ligger i frekvensområdet 920 - 960 MHz. På grunn av systemets virkemåte vil det gjennomsnittlige nivået ut fra senderen variere med trafikken som den enkelte basestasjon i nettet har. Det mottatte signalnivået vil, dersom man ikke har fri sikt til basestasjonen, variere betydelig fra målepunkt til målepunkt på grunn av lokale forhold i mottakerstedet/målepunktet..



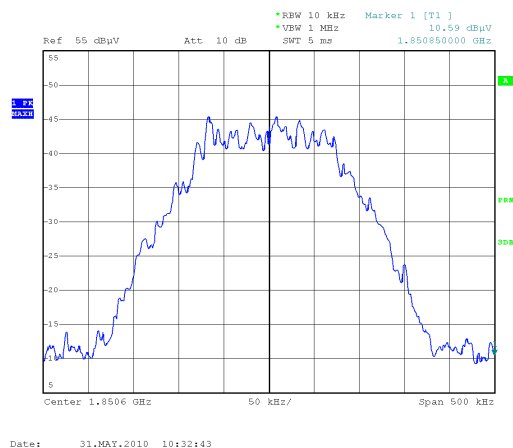
Date: 31.MAY.2010 10:28:00

Figur A.6: Et typisk GSM-900 signal. Vanskelig ut fra nivået og krueformen å si om det er refleksjoner og om nivået er påvirket av lokale refleksjoner.

A.7 GSM-1800 mobiltelefoni

Celleoppbygd kommunikasjonssystem for toveis tale og data, digital modulasjon med en båndbredde på ca 200 kHz. GSM-1800 mobiltelefon ligger i frekvensområdet 1710 - 1785 MHz, mens GSM-1800 basestasjon ligger i frekvensområdet 1820 - 1875 MHz. På grunn av systemets virkemåte vil det gjennomsnittlige nivået ut fra senderen variere med trafikken som den enkelte basestasjon i nettet har.

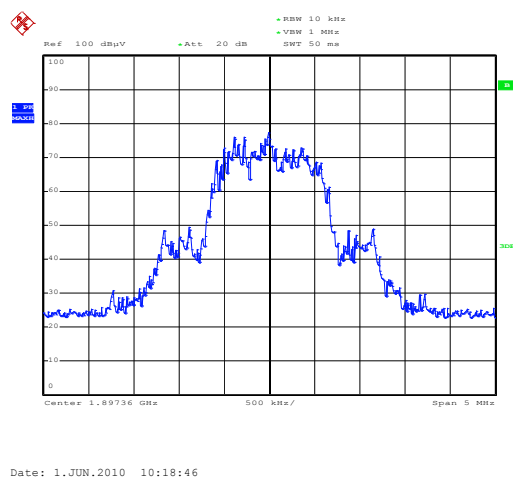
Det mottatte signalnivået vil, dersom man ikke har fri sikt til basestasjonen, variere betydelig fra målepunkt til målepunkt på grunn av lokale forhold i mottakerstedet/målepunktet.



Figur A.7: Et typisk GSM-1800 signal. Vanskelig ut fra nivået og kurveformen å si om det er refleksjoner og om nivået er påvirket av lokale refleksjoner.

A.8 DECT trådløse telefoner

Digitalt system for formidling av tale og data. Systemet er til en viss grad selvplanleggende og sender i ledig "tidsluke" i en ledig frekvens i 1880 - 1900 MHz båndet. I et vanlig oppsett for bruk privat, vil baseenheten og håndsettet bruke én av 12 tidsluker og én av 10 radiokanaler. Når DECT brukes i kontorsammenheng vil flere av tidslukene fylles opp etter hvert som flere av radiokanalene tas i bruk. Dermed vil eksponeringen fra DECT kunne variere en god del over tid på grunn av varierende trafikkbelastning. Hver radiokanal er ca. 1 MHz bred. På grunn av at signalet har relativt stor båndbredde vil ikke det mottatte signalnivået bli så mye påvirket av lokale forhold rundt mottakerstedet/målepunktet. Valg av målepunkt vil dermed ikke i vesentlig grad være avgjørende for nivået som blir målt.

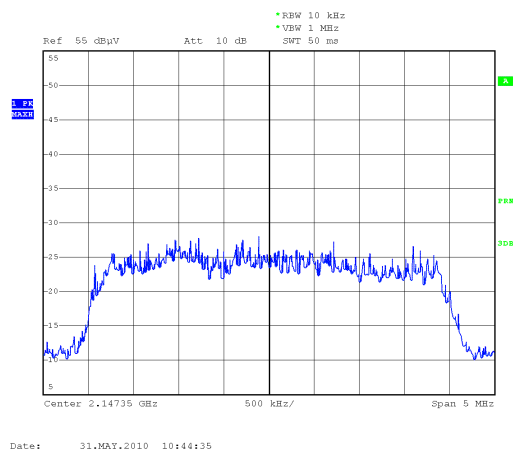


Figur A.8: Figuren over viser én radiokanal. På grunn av måletekniske årsaker blir eksponeringen angitt som om radiokanalen er fullt utnyttet, dvs. alle tidslukene er i bruk. I privat bruk vil dermed oppgitt tallverdi være for høy (det sende ut signal bare 1/12 av tiden), mens det i andre tilfeller kan gjengi riktig verdi i og med at alle 12 tidsluker kan være i bruk

A.9 UMTS mobiltelefoni

Celleoppbygd kommunikasjonssystem for toveis data, digital modulasjon med en båndbredde på ca 3,8 MHz. UMTS mobiltelefon ligger i frekvensområdet 1920 - 1980 MHz, mens UMTS basestasjon ligger i frekvensområdet 2110 - 2170 MHz. På grunn av systemets virkemåte vil det gjennomsnittlige

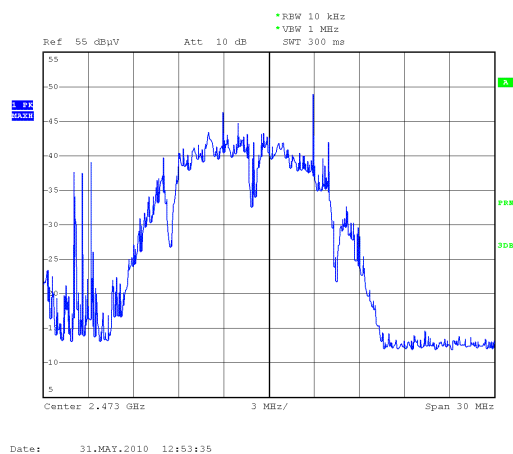
nivået ut fra senderen variere med trafikken som den enkelte basestasjon i nettet har. På grunn av at signalet har relativt stor båndbredde vil ikke det mottatte signalnivået bli så mye påvirket av lokale forhold rundt mottakerstedet/målepunktet. Valg av målepunkt vil dermed ikke i vesentlig grad være avgjørende for nivået som blir målt.



Figur A.9: Figuren viser et typisk spekter for UMTS. Nivået ut fra en UMTS-basestasjon vil endres i takt med trafikkbelastningen i nettet, men vil aldri bli redusert helt til 0 selv om det ikke er trafikk i nettet.

A.10 WLAN trådløst internett

Trådløs dataoverføring mellom nettverksnode og datamaskin. Digital modulasjon med en båndbredde på ca 22 MHz. WLAN (trådløst internett) ligger i frekvensområdet 2400 – 2485 MHz. Det gjennomsnittlige signalnivået vil variere med trafikkaktiviteten som rutes via enheten. På grunn av at signalet har relativt stor båndbredde vil ikke det mottatte signalnivået bli så mye påvirket av lokale forhold rundt mottakerstedet/målepunktet. Valg av målepunkt vil dermed ikke i vesentlig grad være avgjørende for nivået som blir målt.

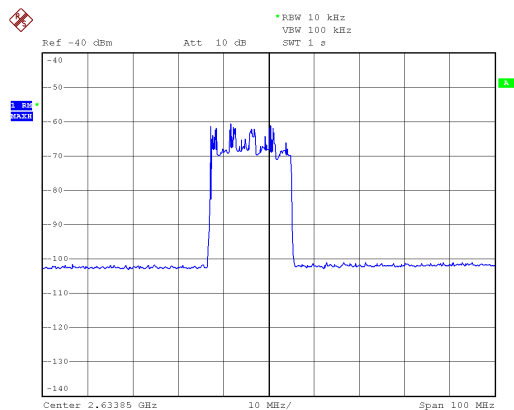


Figur A.10: Et typisk spekter for WLAN. På grunn av måletekniske årsaker vil spekteret se likt ut om det er mye eller liten trafikk i kanalen. På grunn av dette vil angitte verdi alltid være for høy på grunn av at variasjonen i trafikken i kanalen i liten grad påvirker spekteret ut fra senderen.

A.11 4G mobilt bredbånd

Celleoppbygd kommunikasjonssystem for toveis data, digital modulasjon med en båndbredde på ca 1-20 MHz. 4G/LTE (mobilt bredbånd) ligger i frekvensområdet rundt 2600 MHz, men er fleksibelt og kan tilpasses andre frekvensbånd etter tilgjengelighet og behov. På grunn av systemets virkemåte vil det gjennomsnittlige nivået ut fra senderen variere med trafikken som den enkelte basestasjon i nettet har. På grunn av at signalet har relativt stor båndbredde vil ikke det mottatte signalnivået bli så mye

påvirket av lokale forhold rundt mottakerstedet/målepunktet. Valg av målepunkt vil dermed ikke i vesentlig grad være avgjørende for nivået som blir målt.



Date: 1.JUN.2010 11:45:51

Figur A.11: Et typisk 4G spekter med båndbredde på ca 20 MHz. Båndbredden vil kunne variere fra operatør til operatør og fra sted til sted avhengig av hvilken datahastighet og kapasitet som blir gjort tilgjengelig.

Vedlegg B – Prosjektdeltakelse

Denne undersøkelsen ble gjennomført som et felles prosjekt mellom Post- og teletilsynet (PT) og Statens strålevern (Strålevernet), der begge etater har bidratt i utforming og gjennomføring av prosjektet. Utformingen av prosjektet ble i hovedsak gjort av en prosjektgruppe, mens mange flere personer har bidratt ved gjennomføring av målingene i Bergen, Kristiansand, Lillestrøm, Oslo, Ski og Trondheim.

Strålevernet skal øke kunnskap om forekomst, risiko og effekt av eksponering for stråling. Forvaltningen er basert på eksisterende kunnskap, men også på forsvarlighetsprinsippet om å holde all eksponering så lavt som mulig. Kunnskap om eksponeringsforhold er nødvendig.

Strålevernet og PT får hvert år en mengde spørsmål fra publikum, brukere og operatører i markedet for elektronisk kommunikasjon. PT har ansvar for å føre tilsyn med frekvensbruk i Norge, og for å håndtere forstyrrelser ved radiokommunikasjon og kringkastingsmottaking. For å kunne løse problemer med forstyrrelser og støy over hele landet er distriktskontorer plassert i Lødingen, Trondheim, Bergen, Lillesand, Ski og Lillehammer. De fleste kontrolloppdragene gjennomføres normalt som følge av eksterne henvendelser. For å begrense reisevirksomheten ble målingene gjennomført i nærheten av de distriktskontorene som har måleutstyr av den typen som skulle brukes i denne undersøkelsen.

B.1 Prosjektgruppen

Prosjektgruppen som hovedsakelig stod for utformingen av prosjektet besto av følgende personer:

- Merete Hannevik (seksjonssjef), Seksjon for ikke-ioniserende stråling, Strålevernet
- Per Eirik Heimdal (seksjonssjef), Seksjon for frekvenskontroll, PT
- Tone-Mette Sjømoen (prosjektkoordinator), Seksjon for ikke-ioniserende stråling, Strålevernet
- Hallstein Lervik (prosjektkoordinator), Seksjon for frekvenskontroll, PT
- Lars Klæboe, Seksjon for ikke-ioniserende stråling, Strålevernet

B.2 Prosjektdeltagere

Målingene ble utført av én eller flere personer fra de forskjellige distriktskontorene til Seksjon for frekvenskontroll i PT, i tillegg til at minst én fra prosjektgruppen alltid var til stede under målingene for å sikre at målingene ble gjennomført mest mulig likt i alle målepunkter. Følgende personer har bidratt til gjennomføring av målinger:

- Hallstein Lervik (prosjektgruppen), Frekvenskontrollen i Trondheim, PT
- Øystein Bakke, Frekvenskontrollen i Bergen, PT
- Anders Lyngstad, Frekvenskontrollen i Bergen, PT
- Trond Ottar Watne, Frekvenskontrollen i Lillesand, PT
- Hilde Undem, Frekvenskontrollen i Lillesand, PT
- Øystein Sølvberg, Frekvenskontrollen i Ski, PT
- Jon Ivar Øren, Frekvenskontrollen i Ski, PT
- Nils Tapio, Frekvenskontrollen i Trondheim, PT
- Øystein Børøsund, Frekvenskontrollen i Trondheim, PT

- Tone-Mette Sjømoen (prosjektgruppen), Seksjon for ikke-ioniserende stråling, Strålevernet
- Merete Hannevik (prosjektgruppen), Seksjon for ikke-ioniserende stråling, Strålevernet
- Lars Klæboe (prosjektgruppen), Seksjon for ikke-ioniserende stråling, Strålevernet

Under alle målingene i kontormiljø, barnehager, skoler og boliger kunne måleobjektene selv velge hvem som skulle være til stede under målingene. Noen steder var det personer fra måleobjektet til stede under hele målingen, mens andre steder ble vi bare vist til rette. Målingene på gateplan ble utført kun med personer fra PT og Strålevernet til stede.

Utforming av grafer/diagrammer er gjort av:

- Tommy Nakken Aalerud, Seksjon for ikke-ioniserende stråling, Strålevernet

Vedlegg C – Måleutstyr, målemaler og databehandling

Målingene i denne undersøkelsen ble utført med måleantenner og spektrumsanalyser fra Rohde & Schwarz, styrt via måleprogrammet RFEX versjon 4.1. Dette vedlegget angir detaljene til måleantennene og spektrumsanalyserne som ble brukt på de forskjellige målestedene. Vedlegget gir også en oversikt over innstillingene for spektrumsanalyserne ved måling på de forskjellige systemene (målemaler) og hvordan beregninger er utført.

C.1 Måleutstyr brukt i Bergen

Antenne:	
Produsent: Rohde & Schwarz	Antennefaktor inkludert i software
Type: TS-EMF	Serie nr. 100032
Frekvensområde: 30 MHz – 3 GHz	Kalibrert: 4.11.2004

Spektrumsanalyzer:	
Produsent: Rohde & Schwarz	
Type: ESPI 7	Serie nr. 300873
Frekvensområde: 9 kHz – 7 GHz	Kalibrert 27.11.2008

C.2 Måleutstyr brukt i Kristiansand

Antenne:	
Produsent: Rohde & Schwarz	Antennefaktor inkludert i software
Type: TS-EMF	Serie nr. 100194
Frekvensområde: 30 MHz – 3 GHz	Kalibrert: 21.6.2007

Spektrumsanalyzer:	
Produsent: Rohde & Schwarz	
Type: FSH 3	Serie nr. 100080
Frekvensområde: 9 kHz – 3 GHz	Kalibrert: 6.6.2009

C.3 Måleutstyr brukt i Oslo, Lillestrøm og Ski

Antenne:	
Produsent: Rohde & Schwarz	Antennefaktor inkludert i software
Type: TS-EMF	Serie nr. 100030
Frekvensområde: 30 MHz – 3 GHz	Kalibrert: 24.1.2005

Spektrumsanalyzer:	
Produsent: Rohde & Schwarz	
Type: FSH 6	Serie nr. 103863
Frekvensområde: 9 kHz – 6 GHz	Kalibrert: 14.8.2008

C.4 Måleutstyr brukt i Trondheim

Antenne:	
Produsent: Rohde & Schwarz	Antennefaktor inkludert i software
Type: TS-EMF	Serie nr. 100195
Frekvensområde: 30 MHz – 3 GHz	Kalibrert: 21.6.2007

Spektrumsanalysator:	
Produsent: Rohde & Schwarz	
Type: ESPI 7	Serie nr. 100087
Frekvensområde: 9 kHz – 7 GHz	Kalibrert: 22.10.2009

C.5 Målemaler

System	RBW (kHz)	Detektor	Samplingsmetode	Måletid (s)	Målemetode	Korrigeringsfaktor
FM	100	RMS	maxhold	1	kanalraster	
DAB	30	RMS	maxhold	5	kanaleffekt måling / kanalraster	
Cdma450 mobil	30	RMS	maxhold	1	kanaleffekt måling / kanalraster	
Cdma 450 base	30	RMS	maxhold	1	kanaleffekt måling / kanalraster	
DVB-T	30	RMS	maxhold	5	kanaleffekt måling / kanalraster	
GSM900 mobil	100	RMS	maxhold	1	kanalraster	-9
GSM900 base	100	RMS	maxhold	1	kanalraster	
GSM1800 mobil	100	RMS	maxhold	1	kanalraster	-9
GSM1800 base	100	RMS	maxhold	1	kanalraster	
DECT	1000	RMS	maxhold	10	kanalraster	-14
UMTS mobil	30	RMS	maxhold	1	kanaleffekt måling / kanalraster	
UMTS base	30	RMS	maxhold	1	kanaleffekt måling / kanalraster	
WLAN	100	RMS	maxhold	5	kanaleffekt måling / kanalraster	
LTE/4G	30	RMS	maxhold	1	kanaleffekt måling / kanalraster	

Tabell C.1: Oversikt over innstillingene for spektrumanalysatorene ved måling på de forskjellige systemene.

C.6 Databehandling

Måleutstyret som ble brukt i frekvensområdet 80 MHz – 3 GHz gir størrelsen elektrisk feltstyrke (E). Måleenheten for elektrisk feltstyrke er volt pr meter (V/m). De tre ortogonale feltkomponentene E_x , E_y og E_z i et punkt summeres slik:

$$E_i = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2} \quad (\text{C.1})$$

der E_i er målt feltstyrke til frekvens i .

Effektetthet (S_i) for frekvens i kan beregnes ut fra elektrisk feltstyrke (E_i) for samme frekvens ved likning 3.3. Total effektetthet (S_{total}) i et målepunkt oppnås ved å summere bidragene fra de ulike frekvensene slik:

$$S_{total} = \sum_i S_i = \sum_i \frac{E_i^2}{Z_0} \quad (\text{C.2})$$

der Z_0 er tomromsimpedansen ($\approx 377 \Omega$).

Effektetthet måles i watt pr kvadratmeter (W/m^2). Måleprogrammet RFEX ble satt opp til automatisk å gjøre disse beregningene, og det er effektetthet i W/m^2 som oppgis i denne rapporten.

Vedlegg D – Effekttetthet for de ulike systemene i de forskjellige omgivelsene

I dette vedlegget gis absoluttverdier for middel- og medianverdier for effekttetthet for de ulike telekommunikasjonssystemene i de forskjellige omgivelsene. Middelerverdier er gitt i tabell D.1 og medianverdier i tabell D.2.

Omgivelse System	Innendørs i kontormiljø (W/m ²)	Innen- og utendørs i barnehage/skole (W/m ²)	Innendørs i enebolig (W/m ²)	Innendørs i flerbolig (W/m ²)	Utendørs på gateplan (W/m ²)
FM radiokringkasting	0,00003	0,0001	0,00002	0,00002	0,00004
DAB radiokringkasting	0,00005	0,00002	0,00001	0,000005	0,000009
Nødnett (TETRA)*	0,0000002	0,0000003	0,000007	0,0000001	0,000002
CDMA brukerenhet (mobilt bredbånd)	***	**	**	**	**
CDMA basestasjon (mobilt bredbånd)	0,000001	0,000003	0,0000004	0,0000007	0,00002
DVB-T (digital-TV)	0,000006	0,00002	0,00001	0,00001	0,00005
GSM-900 mobiltelefon	0,00004	**	**	**	**
GSM-900 basestasjon	0,002	0,001	0,00009	0,0002	0,007
GSM-1800 mobiltelefon	0,0000002	**	**	**	**
GSM-1800 basestasjon	0,0007	0,0008	0,00002	0,0003	0,05
DECT (trådløs telefon)	0,00005	0,000003	0,000008	0,00002	0,0000007
UMTS mobiltelefon	0,00000001	**	**	**	**
UMTS basestasjon	0,0001	0,0002	0,0000006	0,00003	0,001
WLAN (trådløst internett)	0,00004	0,0001	0,0001	0,0001	0,000003
4G (mobilt bredbånd)*	0,00001	0,00003	***	0,00001	0,00007
Totalt	0,003	0,003	0,0003	0,0007	0,06

Tabell D.1: Middelerverdier for effekttetthet for de ulike telekommunikasjonssystemer i de forskjellige omgivelsene og totalt for hver av omgivelsene.

* Nødnett og 4G er kun målt i Oslo-området (Oslo, Lillestrøm og Ski).

** Dette systemet ble ikke målt i denne omgivelsen.

*** Alle målepunktene for systemet i den aktuelle omgivelsen lå under deteksjonsgrensen til måleutstyret.

Omgivelse System	Innendørs i kontormiljø (W/m ²)	Innen- og utendørs i barnehage/skole (W/m ²)	Innendørs i enebolig (W/m ²)	Innendørs i flerbolig (W/m ²)	Utendørs på gateplan (W/m ²)
FM radiokringkasting	***	***	***	***	***
DAB radiokringkasting	0,0000009	0,000003	0,000009	0,0000009	0,000006
Nødnett (TETRA)*	***	0,0000003	0,000007	0,0000002	0,000002
CDMA brukerenhet (mobilt bredbånd)	***	**	**	**	**
CDMA basestasjon (mobilt bredbånd)	0,0000006	0,0000002	0,0000004	0,0000006	0,000009
DVB-T (digital-TV)	0,0000002	0,0000008	0,000007	0,000001	0,000003
GSM-900 mobiltelefon	0,0000001	**	**	**	**
GSM-900 basestasjon	0,000004	0,00001	0,00003	0,00003	0,0009
GSM-1800 mobiltelefon	***	**	**	**	**
GSM-1800 basestasjon	0,0000009	0,0000004	0,000009	0,000006	0,0007
DECT (trådløs telefon)	0,000004	***	0,0000001	0,0000003	***
UMTS mobiltelefon	***	**	**	**	**
UMTS basestasjon	0,000004	0,000003	0,000001	0,00001	0,0002
WLAN (trådløst internett)	0,000006	***	***	0,000009	0,0000004
4G (mobilt bredbånd)*	***	***	***	***	0,00001
Totalt	0,0002	0,0002	0,00009	0,0002	0,002

Tabell D.2: Medianverdier for effekttetthet for de ulike telekommunikasjonssystemer i de forskjellige omgivelsene og totalt for hver av omgivelsene.

* Nødnett og 4G er kun målt i Oslo-området (Oslo, Lillestrøm og Ski).

** Dette systemet ble ikke målt i denne omgivelsen.

*** Alle eller flere av målepunktene for systemet i den aktuelle omgivelsen lå under deteksjonsgrensen til måleutstyret, slik at medianverdien også ligger under deteksjonsgrensen til utstyret.



Statens strålevern
Norwegian Radiation Protection Authority

StrålevernRapport 2011:1

Virksomhetsplan 2011

StrålevernRapport 2011:2

Måling av naturlig ultrafiolett stråling i Norge

StrålevernRapport 2011:3

Radioecological consequences after a hypothetical accident with release into the marine environment involving a Russian nuclear submarine in the Barents Sea

StrålevernRapport 2011:4

Radioactivity in the Marine Environment 2008 and 2009

StrålevernRapport 2011:5

Threat Assessment Report – Regulatory Aspects of the Remediation and Rehabilitation of Nuclear Legacy in Kazakhstan, Kyrgyzstan and Tajikistan

StrålevernRapport 2011:6

Radiofrekvente felt i våre omgivelser