

Statens strålevern  
Norwegian Radiation Protection Authority



Nasjonal  
kommunikasjons-  
myndighet



STRÅLEVERN RAPPORT 2016:11



Langtidsmålinger av radiofrekvente felt –  
utvikling over tid



---

**Referanse:**

Klæboe L<sup>1</sup>, Coward Markussen A<sup>2</sup>, Heimdal P E<sup>2</sup>, Sjømoen T-M<sup>1</sup>, Unander E H<sup>2</sup>, Hannevik M<sup>1</sup>.  
Langtidsmålinger av radiofrekvente felt – utvikling over tid.  
StrålevernRapport 2016:11 Østerås: Statens strålevern, 2016.  
<sup>1</sup>Statens strålevern, <sup>2</sup>Nasjonal kommunikasjonsmyndighet

**Emneord:**

Langtidsmålinger. Radiofrekvente felt. Kristiansand. Mobiltelefoner.

**Resymé:**

Måleprosjektet indikerer at eksponeringen i samfunnet relatert til grenseverdien ikke nødvendigvis øker når nye mobiltelefonsystemer tas i bruk.

---

**Reference:**

Klæboe L<sup>1</sup>, Coward Markussen A<sup>2</sup>, Heimdal P E<sup>2</sup>, Sjømoen T-M<sup>1</sup>, Unander E H<sup>2</sup>, Hannevik M<sup>1</sup>.  
Long-term measurements of radiofrequency fields - development over time.  
StrålevernRapport 2016:11. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2016.  
Language: Norwegian.  
<sup>1</sup>Norwegian Radiation Protection Authority, <sup>2</sup>Norwegian Communications Authority

**Key words:**

Long-term measurements. Radiofrequency fields. Kristiansand. Mobile telephony.

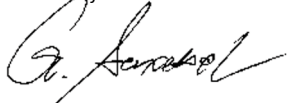
**Abstract:**

The results from this project indicates that introduction of new mobile systems not necessarily increases the total exposure to the population when the limits are taken into consideration.

---

Prosjektleder: Lars Klæboe og Atle Coward Markussen

Godkjent:



Gunnar Saxebøl, fagdirektør, Avdeling strålebruk

---

23 sider.

Utgitt 2016-08-26.

Form, omslag: 07 Media.

Forsidebilde: Atle Coward Markussen, Nasjonal kommunikasjonsmyndighet

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 (trykksak)

ISSN 1891-5205 (elektronisk)

---

# Langtidsmålinger av radiofrekvente felt – utvikling over tid

Lars Klæboe, Atle Coward Markussen,  
Per Eirik Heimdal, Tone-Mette Sjømoen,  
Edith Helene Unander, Merete Hannevik

Nasjonal kommunikasjonsmyndighet  
Norwegian Communications  
Authority  
Lillesand, 2016

Statens strålevern  
Norwegian Radiation  
Protection Authority  
Østerås, 2016



# Innhold

---

<b>Sammendrag</b>	<b>7</b>
<b>1 Innledning</b>	<b>8</b>
<b>2 Målinger</b>	<b>9</b>
2.1 Målemetode	9
2.2 Måleutstyr og målemaler	9
2.3 Systemer som inngår i langtidsmålingene	10
2.4 Valg av målepunkter	11
2.5 Gjennomføring av målingene	11
2.6 utfordringer	12
<b>3 Resultater</b>	<b>13</b>
<b>4 Diskusjon</b>	<b>15</b>
4.1 Usikkerhet og faktorer som kan påvirke målingene	15
4.2 Konklusjon	15
4.3 Videre planer	15
<b>5 Referanser</b>	<b>17</b>
<b>Vedlegg - Målepunktene med beskrivelser</b>	<b>18</b>



## Sammendrag

Den teknologiske utviklingen av trådløs kommunikasjon er en kontinuerlig prosess, og bruken av radiobølger er i stadig endring. Nye frekvenser og systemer introduseres jevnlig og det er en viss bekymring for at introduksjon av nye systemer for trådløs kommunikasjon gir økt eksponering av befolkningen. Formålet med dette prosjektet er å få oversikt over eksponeringen etter hvert som nye systemer introduseres.

Målingene utføres på 16 målepunkter i og omkring Kristiansand. Denne rapporten omhandler målinger utført hver måned i perioden juni 2013 til juni 2015. Målingene gjennomføres på frekvensbåndene 390, 450, 800, 900, 1800, 2100, 2400 og 2600 MHz.

Resultatene i denne rapporten gis i promille (‰) av grenseverdiene for effektetthet for de aktuelle frekvensene. Det er grenseverdiene for befolkningen som måleverdiene relateres til. Når måleverdiene for alle frekvensene i et målepunkt summeres, vises samlede utendørsverdier opp til 3 ‰ av grenseverdiene for befolkningen. I 60 % av målepunktene er totalverdiene lavere enn 0,5 ‰ av grenseverdiene. Ett år etter at målingene startet ble LTE 800 introdusert. Målingene viser at eksponeringen fra de eksisterende mobilsystemene ble redusert etter introduksjonen, noe som indikerer at en del av eksisterende datatrafikk ble overtatt av LTE 800.

De foreløpige resultatene fra dette måleprosjektet viser at eksponeringen i samfunnet relatert til grenseverdiene ikke nødvendigvis øker når nye systemer for trådløs kommunikasjon tas i bruk.

# 1 Innledning

Befolkningen i Norge eksponeres for radiobølger av varierende frekvens og styrke. Myndighetenes mål er å ha oversikt over alle aspekter ved eksponering for radiofrekvente felt, også utvikling over tid. Trendene i eksponeringssituasjonen i Norge følges best ved å gjøre sammenlignbare målinger over tid. Ved å følge trendene vil vi kunne se konsekvensene av at enkelte systemer fases ut eller benyttes i mindre omfang, samtidig som nye systemer tas i bruk. Denne rapporten er en del av et samarbeidsprosjekt mellom Nasjonal kommunikasjonsmyndighet (Nkom) og Statens strålevern (Strålevernet), og presenterer resultater fra de to første årene vi har utført regelmessige målinger. Tiden er for kort til å si noe sikkert om trender, men kan likevel gi indikasjoner om utvikling da innføringen av et nytt system, LTE 800, kom i denne perioden.

Utbygging og utvikling av trådløs kommunikasjon i Norge foregår kontinuerlig. Det viktigste med disse langtidsmålingene er å se på utvikling over tid. Resultatene som presenteres i denne rapporten omfatter radiofrekvente felt på gateplan i ulike deler av Kristiansand, som vi regner som representativ for den teknologiske utviklingen innen telekommunikasjon i alle byer i Norge. Ved valg av målepunkter blir det lagt stor vekt på å kunne gjennomføre sammenlignbare målinger over lang tid. Målepunktene representerer ikke punkter med høyest mulig eksponering, men er representative for områder der folk ferdes. Målingene vil gi et bilde av hvordan eksponeringen endres over tid.

De menneskeskapt radiobølgene vi eksponeres for kommer hovedsakelig fra kringkasting og mobiltelefoni. Den teknologiske utviklingen gjør at anvendelsen av radiobølger er i konstant endring. Endring fra analoge fjernsynssignaler og analogt mobilnett til digitale systemer er eksempler på dette. Nye frekvenser og systemer tas i bruk, noe som innføringen av Nødnett og 4G er eksempler på.

I 2010 gjennomførte daværende Post- og teletilsynet og Statens strålevern et kartleggingsprosjekt hvor radiofrekvente felt ble målt ved 91 målepunkter ulike steder i Norge. Resultatene fra dette prosjektet ble publisert i 2011 (StrålevernRapport 2011:6). Målingene i det prosjektet fokuserte på øyeblikkverdier, mens det i denne rapporten fokuseres på utvikling over tid.

Denne rapporten beskriver hvordan målingene blir gjennomført og viser resultatene for ulike systemer og målepunkter fra start av målingene i juni 2013 fram til juni 2015. Målingene vil fortsette i lang tid fremover for å kunne følge utviklingen videre.

<p><b>Nasjonal kommunikasjonsmyndighet</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- fører kontroll med ekomlovgivningen</li> <li>- måler radiofrekvente felt i omgivelsene</li> <li>- gir råd og veiledning</li> </ul> <p><b>Statens strålevern</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- fører kontroll med strålevernlovgivningen</li> <li>- vurderer helseeffekter ved eksponering for elektromagnetiske felt</li> <li>- gir råd og veiledning</li> </ul>
---

Figur 1. Nasjonal kommunikasjonsmyndighet og Statens stråleverns ansvarsområder vedrørende elektromagnetiske felt.



## 2 Målinger

### 2.1 Målemetode

Målemetoden som benyttes av Nkom er basert på anbefalinger for måling av radiofrekvente felt (9 kHz – 300 GHz) gitt av den europeiske komiteen for elektronisk kommunikasjon, ECC (ECC 2002), som er en del av komiteen for europeiske post- og teleadministrasjoner.

Måleverdien representerer en øyeblikksverdi for effektetthet (gitt i  $W/m^2$ ) i det tidspunktet målingene blir gjennomført, mens det er gjennomsnittsverdien midlet over en hvilken som helst seks minutters periode som ikke skal overskride gjeldende grenseverdier for eksponering fra sendere (ICNIRP 1998).

Måleresultatene skal derfor normalt korrigeres for en eventuell pulsing eller variasjon i sendemønsteret før de sammenlignes med grenseverdiene. I denne rapporten presenteres maksimalverdiene uten korleksjon fordi vi er ute etter utviklingen over tid, og ikke de eksakte verdiene.

Systemene det måles på har relativt konstant nivå så lenge systemene sender. Unntaket er nivåvariasjonene i de forskjellige mobilnettene. For Nødnett, GSM og 4G 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 dette prosjektet.

### 2.2 Måleutstyr og målemaler

Målingene blir utført med måleantenne og spektrumanalysator fra Rohde & Schwarz, styrt via måleprogrammet RFEX versjon 6.1.38. Måleantennen som brukes er av typen TS-EMF, og dekker frekvensområdet 30 MHz – 3 GHz.



Figur 2. Måleutstyr ved havna i Kristiansand. Foto: Atle Coward Markussen, Nkom.

### 2.3 Systemer som inngår i langtidsmålingene

Tabell 1 viser hvilke systemer som inngår i denne rapporten.

Frekvensbånd, MHz	Tjeneste	Teknologi
390	Nødnett tale/datatrafikk	TETRA
450	Datatrafikk	CDMA/LTE
800	Datatrafikk	LTE
900	Mobiltelefoni/ datatrafikk	GSM/UMTS
1800	Mobiltelefoni/ datatrafikk	GSM/LTE
2100	Mobiltelefoni/ datatrafikk	UMTS
2400	Trådløst nettverk/blåtann/fribruksutstyr	WCDMA/diverse
2600	Datatrafikk	LTE

Tabell 1. Systemer som inngår i langtidsmålingene.

## 2.4 Valg av målepunkter

Da målinger av radiofrekvente felt er svært tidkrevende, ble det under planleggingen regnet som hensiktsmessig å gjennomføre prosjektet i en by i nærheten av Nkom sitt hovedkontor i Lillesand. Kristiansand er en middels stor by etter norsk målestokk, og eksponeringssituasjonen her er representativ for andre byer i Norge.

For å finne målepunkter som kunne brukes om igjen hver gang over flere år, ble ulike punkter testet ut i løpet av mai 2013.

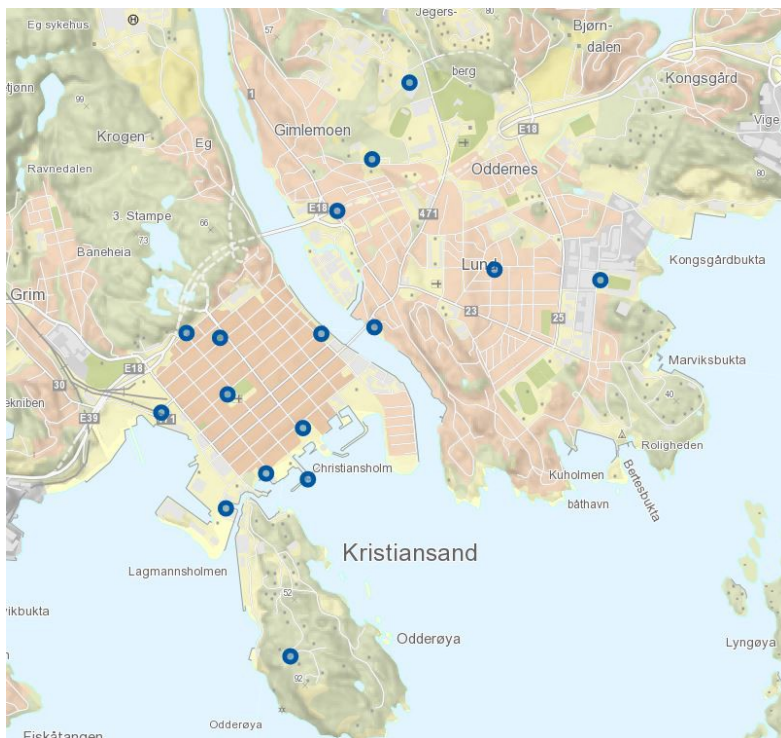
Følgende aspekter var relevante i utvelgelsen:

- Målingene skal foretas på flere punkter i byen hvor folk flest ferdes. Typiske målesteder er i parker/grøntarealer/lekeplasser, skole, parkeringsplasser og i boligstrøk. Figur 3 viser geografisk spredning av målepunktene og vedlegget beskriver målepunktene mer detaljert.
- Tilstrekkelig plass til måleantenne og bil, med mulighet for å stå parkert så lenge som nødvendig.
- Adskilt fra trafikken og mulig parkering for andre biler.

## 2.5 Gjennomføring av målingene

Fra juni 2013 til juni 2015 ble målinger utført hver måned på 16 målepunkter i Kristiansand med omegn (figur 3) i samme rekkefølge, på samme ukedag og til samme tidspunkt på dagen. Dette for få mest mulig lik trafikkbelastning fra måling til måling, og å få et best mulig sammenligningsgrunnlag.

Målebil og måleantenne har fast posisjon på hvert målepunkt (punktene der måleutstyret skal plasseres er markert på bakken).



Figur 3. 16 målepunkter i Kristiansand. ©Kartverket.

Under utførelsen er kun utstyr som blir brukt til målingene påslått i bilen. Når målingene er utført etter 30-40 minutter, blir logg skrevet og resultatene lagret for senere analyse.

## 2.6 Utfordringer

Når målinger skal utføres over flere år på samme sted og til samme tidspunkt på dagen, er det flere forhold som det ikke er enkelt å ta høyde for. I en by er det lite som er statisk.

Til tross for at det ble lagt vekt på å finne målepunkter som i minst mulig grad var påvirket av omgivelsene, er det likevel ved enkelte anledninger parkerte biler og anleggsarbeid på målepunktene. Enkelte målinger lar seg av ulike grunner ikke gjennomføre. I slike tilfeller blir gjennomsnittsverdien av måneden før og måneden etter brukt.



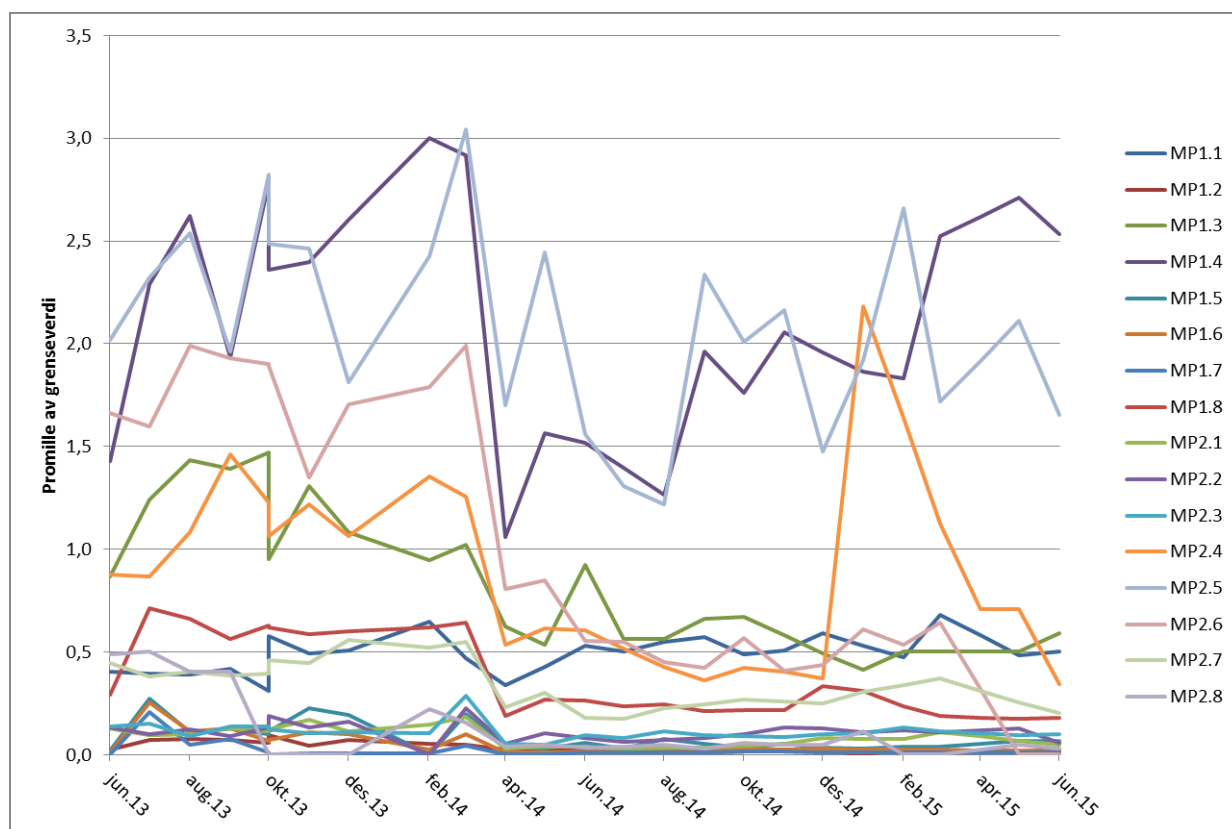
Figur 4. Anleggsarbeid ved et målepunkt. Foto: Atle Coward Markussen, Nkom.

### 3 Resultater

Resultatene i denne rapporten omfatter målinger fra juni 2013 til juni 2015. Måleresultatene er angitt i promille (‰) av grenseverdiene for befolkningen. Grenseverdiene er frekvensavhengig, og for effektetthet varierer den mellom 2 og 10 W/m<sup>2</sup>. Bidraget fra hver frekvens må angis i forhold til grenseverdien for denne frekvensen, og deretter kan alle bidragene summeres og gi en totalverdi for eksponering i ‰ av grenseverdiene.

Figur 5 viser totalverdier av eksponering relativt til grenseverdiene for de ulike målepunktene. Totalverdiene fra alle frekvensene per målepunkt viser utendørsverdier opp til 3 ‰ av grenseverdiene for befolkningen. Null brukes her om nivåer under deteksjonsgrensen til instrumentet. Dette betyr ikke at det ikke finnes stråling på målepunktet, men det er så lite at instrumentet ikke kan registrere det.

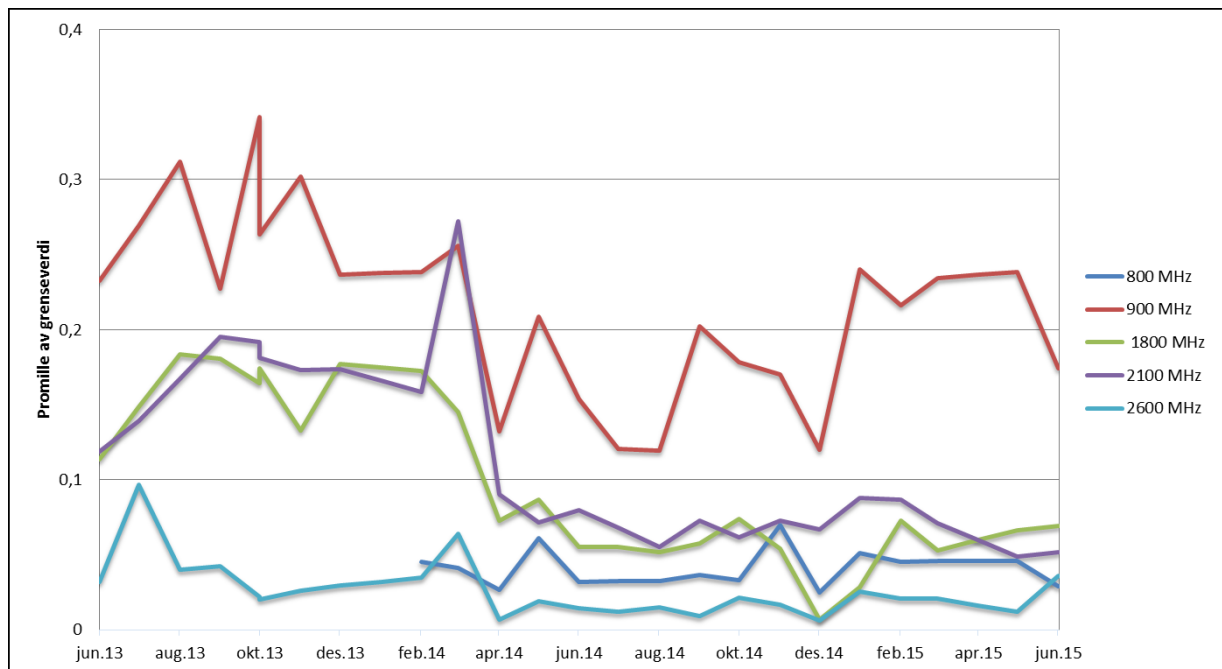
Rundt 60 % av verdiene ligger under 0,5 ‰ av grenseverdiene. Hensikten med figuren er å vise hvordan verdiene kan variere i en by, ikke å vise konkrete verdier for bestemte målepunkter. Totalverdiene ble redusert ved de fleste målepunktene etter at LTE 800 (4 G) ble introdusert i februar 2014.



Figur 5. Totalverdier relativt til grenseverdiene for effektetthet ulike datoer for hvert målepunkt (MP) og alle målte systemer. Hensikten med figuren er å vise hvordan verdiene kan variere i en by.



Figur 6 viser gjennomsnittlig effektetthet for de ulike frekvensene for alle målepunkter, relativt til grenseverdiene. Målingene indikerer en nedadgående trend for alle andre mobilsystemer etter at LTE 800 ble introdusert i februar 2014.



Figur 6. Gjennomsnittlig effektetthet for de ulike frekvensene for alle målepunkter relativt til grenseverdiene for hver dato. Målingene indikerer en nedadgående trend for alle andre mobilsystemer etter at LTE 800 ble introdusert i februar 2014.



## 4 Diskusjon

Intensjonen med disse målingene er å se utvikling over tid, og to år er for kort tid til å si noe om trender. Målingene utført så langt kan likevel gi noe informasjon om endringer. Målingene viser også variasjon mellom ulike steder i et byområde, og hvilke nivå vi eksponeres for relativt til grenseverdiene på steder vi mener er representative for utendørsopphold.

Målingene beskrevet i denne rapporten viser at totalverdiene ligger under 3<sup>0</sup>/<sub>100</sub> av grenseverdiene. Samtidig viser rapporten at innføring av nye systemer ikke nødvendigvis fører til økt eksponering av befolkningen.

Den nedadgående trenden en ser etter innføringen av LTE 800 indikerer at dette systemet tar over datatrafikk fra andre allerede eksisterende mobilsystemer. Ny teknologi ser ut til å være mer energieffektiv, slik at den totale eksponeringen minker. Bruk av lave frekvenser kan også spille inn, da det trengs færre sendere for å dekke større områder.

Lignende målinger som tidligere er gjennomført i Sverige, viste også at den totale eksponeringen ikke økte i årene 2001 til 2007 (SSI Rapport 2008:13).

### 4.1 Usikkerhet og faktorer som kan påvirke målingene

Elektromagnetiske felt varierer med tid og sted. Derfor er det viktig at målingene blir utført på samme punkt hver gang. Det elektromagnetiske feltet varierer over tid, både pga. variasjoner i omgivelsene og varierende trafikkbelastning. Noen ganger er det ikke mulig å utføre målingene i et punkt pga. parkerte biler og anleggsarbeid. Enkelte punkter er derfor ikke målt like ofte, men det har sannsynligvis liten betydning for tolkningen av trender. Det ble ikke utført målinger i januar 2014 pga. reparasjon av måleutstyret.

Måleinstrumentets usikkerhet er oppgitt til  $\pm 1,5$  dB. I tillegg kan målingene påvirkes av endringer i omgivelsene. Det innebærer at et måleoppsett ikke vil gi 100 % repeterbare måleverdier. Videre varierer sendereffekten fra en del basestasjoner på grunn av at trafikkbelastningen ikke er konstant, noe som også vil bidra til variasjon av feltet.

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.

### 4.2 Konklusjon

Målingene presentert i denne rapporten indikerer at innføring av nye systemer ikke nødvendigvis fører til økt totaleksponering av befolkningen. Videre viser målingene at utendørsvåne ligger under 3 % av grenseverdiene.

### 4.3 Videre planer

Myndighetenes mål er å ha oversikt over alle aspekter ved eksponering for radiofrekvente felt, også utvikling over tid. Nkom og Strålevernet ser derfor for seg at målinger foretas regelmessig i årene fremover. Etter juni 2015 er målehyppigheten redusert til en måling per kvartal. Det antas å være hyppig nok til å kunne fange opp variasjoner over tid som f.eks. kan skyldes innføring av nye systemer for trådløs kommunikasjon. Med jevne mellomrom vil måleprosjektet evalueres, slik at målingene tilpasses den

teknologiske utviklingen. Hvorvidt resultatene skal publiseres fortløpende, eller presenteres i en senere rapport er det til nå ikke tatt stilling til.

## 5 Referanser

Sjømoen T-M, Lervik H, Heimdal P E, Klæboe L, Hannevik M. Radiofrekvente felt i våre omgivelser - Målinger i frekvensområdet 80 MHz - 3 GHz. StrålevernRapport 2011:6. Østerås: Statens strålevern, 2011.

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](http://www.erodocdb.dk/doks/implement_doc_adm.aspx?docid=1908)

ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 1998; 74 (4): 494-522.

Anger G, Trulsson J. Spektrala mätningar av radiofrekventa elektromagnetisk fält mellan 60 MHz og 3,4 GHz – Åren 2001 till 2007 i Sverige. SSI Rapport 2008:13. Stockholm: Statens strålskyddsinstitut, 2008.

## Vedlegg - Målepunktene med beskrivelser

1.1: Rekreasjonsområde/park/skog
1.2: Fiskebrygge/restauranter/parkering/kontorer
1.3: Gjestehavn
1.4: Boliger/kontorer/liten park
1.5: Kontorer/parkering/idrett
1.6: Utdannelsesinstitusjon/treningscenter/kontorer/grøntområde
1.7: Botanisk hage/parkering
1.8: Boliger/trafikkmaskin
2.1: Boliger/kontorer/lekeplass/park
2.2: Kontorer/grøntområde/gågate
2.3: Lekeplass/grøntområde/festplass
2.4: Restaurant/boliger/grøntområde
2.5: Parkeringsplass
2.6: Lekeplass/aktivitetsplass/boliger/kontor
2.7: Skole/ lekeplass/grøntområde/boligområde
2.8: Boligområde







Statens strålevern  
Norwegian Radiation Protection Authority

2016

**StrålevernRapport 2016:1**

Årsrapport

**StrålevernRapport 2016:2**

Scales for Post-closure Assessment Scenarios (SPACE)

**StrålevernRapport 2016:3**

Nettbasert tilsyn med industriell radiografi

**StrålevernRapport 2016:4**

Regulatory Cooperation Program between Norwegian Radiation Protection Authority and Russian Federation

**StrålevernRapport 2016:5**

Regulatory Supervision of Legacy Sites: from Recognition to Resolution

**StrålevernRapport 2016:6**

Kartlegging av radon på Svalbard og Jan Mayen

**StrålevernRapport 2016:7**

Regulatory support in radiation safety and radioactive waste management in Central Asia

**StrålevernRapport 2016:8**

Environmental modelling and radiological impact assessment associated with hypothetical accident scenarios for the nuclear submarine K-27

**StrålevernRapport 2016:9**

Tjøtta – ICRP reference site in Norway

**StrålevernRapport 2016:10**

Ukrainian Regulatory Threat Assessment

**StrålevernRapport 2016:11**

Langtidsmålinger av radiofrekvente felt – utvikling over tid

ISSN 1891-5191 (online)

ISSN 0804-4910 (print)