

Langtidsmålinger av radiofrekvente felt – utvikling over tid



Referanse

Coward Markussen A¹, Klæboe, L², Sjømoen T-M²,
Unander E H¹. Målinger av radiofrekvente felt i
Kristiansand – utvikling fra 2013–2019
DSA-rapport 2020:06. Østerås, Direktoratet for
strålevern og atomsikkerhet, 2020.

¹Nasjonal kommunikasjonsmyndighet, ²Direktora-
tet for strålevern og atomsikkerhet,

Publisert 2020-07-02
Sider 13
Forsidefoto: Enjoy photo

DSA,
Postboks 329 Skøyen
No-0213 Oslo
Norge

Emneord:

Langtidsmålinger. Radiofrekvente felt. Kristi-
ansand. Datatrafikk. Mobiltelefoni.

Telefon 67 16 25 00
Faks 67 14 74 07
Email dsa@dsa.no
dsa.no

Resymé:

Målingene presentert i denne rapporten viser at
totaleksponeringen av befolkningen er relativt
konstant over tid selv om det innføres bruk av nye
frekvenser.

ISSN 2535-7379 (online)

Reference:

Coward Markussen A, Klæboe, L, Sjømoen T-M,
Unander E H. Radiofrequency measurements in
Kristiansand during the period 2013-2019.
DSA Report 2020:06. Østerås: Norwegian Radiati-
on and Nuclear Safety Authority, 2020.
Language: Norwegian.

Key words:

Long-term measurements. Radiofrequency fields.
Kristiansand. Data traffic, Mobile telephony.

Abstract:

The measurements presented in this report show
that the total exposure of the population is relati-
vely constant over time, although new frequencies
are introduced.

Prosjektleder: Lars Klæboe og
Atle Coward Markussen



Hanne Kofstadmoen, avdelingsdirektør,
Avdeling strålevern og måletjenester

Målinger av radiofrekvente felt i Kristiansand – utvikling fra 2013–2019

Innholdsfortegnelse

Sammendrag		3
1	Innledning	4
2	Målinger	5
2.1	Målemetode	5
2.2	Måleutstyr og målemaler	5
2.3	Frekvensbånd som inngår i målingene	6
2.4	Valg av målepunkter	6
2.5	Gjennomføring av målingene	7
2.6	Utfordringer	7
3	Resultater	9
4	Diskusjon	11
4.1	Usikkerhet og faktorer som kan påvirke målingene	11
4.2	Konklusjon	11
5	Referanser	12
Vedlegg - Målepunktene med beskrivelser		13

Sammendrag

Trådløs teknologi er i stadig utvikling. Den trådløse teknologien bruker radiobølger, også kalt radiofrekvente felt, for å kommunisere. Nye trådløse teknologier introduseres jevnlig, og det er i enkelte grupper en viss bekymring for at disse fører til økt eksponering for radiofrekvente felt. Formålet med dette prosjektet er å få oversikt over eventuelle endringer av eksponeringen når nye teknologier introduseres.

Denne rapporten omhandler målinger utført i perioden juni 2013 til oktober 2019. Målingene utføres på 16 målepunkter i og omkring Kristiansand sentrum, men i denne rapporten er resultatene fra kun 13 av målepunktene tatt med. Målingene gjennomføres på frekvensbåndene 390, 450, 800, 900, 1800, 2100, 2400 og 2600 MHz.

Resultatene i denne rapporten oppgis i promille av grenseverdiene for effektetthet for de aktuelle frekvensene. Måleverdiene sammenlignes med grenseverdiene for den generelle befolkningen. Når eksponeringen for alle frekvensbåndene i et målepunkt summeres relativt til grenseverdiene, viser totalverdiene per målepunkt at eksponeringen utendørs i de aller fleste tilfellene utgjør under 1 ‰ av grenseverdien. I 2017 ble det registrert en midlertidig økning for de fleste målepunktene, men nivåene gikk tilbake til nivåene registrert før 2017 i løpet av 2018. Under økningen var nivåene fortsatt lave, rundt 3 ‰ av grenseverdiene. Økningen kan skyldes at to mobiloperatører i denne perioden gjorde en omfattende omkonfigurering av nettene sine.

Resultatene fra dette måleprosjektet viser at eksponeringen i samfunnet ikke nødvendigvis øker over tid og ved innføring av nye teknologier.

1 Innledning

Befolkningen i Norge eksponeres kontinuerlig for radiobølger av varierende frekvens og styrke. Myndighetenes mål er å ha oversikt over alle aspekter ved eksponering for radiofrekvente felt, inkludert utvikling over tid. Trendene i eksponeringssituasjonen i Norge følges best ved å gjøre sammenlignbare målinger som repeteres jevnlig. Ved å følge trendene vil vi kunne se endringer når systemer fases ut eller benyttes i mindre omfang, samtidig som nye systemer tas i bruk. Dette er den andre rapporten i et samarbeidsprosjekt mellom Nasjonal kommunikasjonsmyndighet (Nkom) og Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) hvor vi utfører regelmessige målinger av radiofrekvente felt i Kristiansand. Den første rapporten (StrålevernRapport 2016:11¹) presenterte resultater fra målinger foretatt i perioden juni 2013 til juni 2015. Denne rapporten viderefører resultatene frem til oktober 2019. Tidligere har vi også kartlagt eksponering i ulike miljøer i noen byer i Norge (StrålevernRapport 2011:6²).

Utbygging og utvikling av trådløs teknologi i Norge foregår kontinuerlig. Målet for disse regelmessige målingene er å kartlegge eksponering over et tidsrom på flere år. Resultatene som presenteres i denne rapporten omfatter radiofrekvente felt på gateplan i ulike deler av Kristiansand. Vi tar utgangspunkt i at Kristiansand er representativ for den teknologiske utviklingen innen telekommunikasjon i alle større byer i Norge. Ved valg av målepunkter blir det lagt stor vekt på å kunne gjennomføre repeterbare og sammenlignbare målinger over et langt tidsrom. Det er ikke et mål å finne frem til målepunkter som har høyest mulig eksponering, men heller steder som er representative for områder der folk ferdes.

Radiobølgene vi eksponeres for kommer hovedsakelig fra kringkasting og mobiltelefoni. Den teknologiske utviklingen gjør at bruken av radiobølger er i konstant endring. Overgangen fra analoge til digitale teknologier er eksempler på dette, slik som vi har sett de siste årene med innføring av DAB, 4G og 5G, hvor både nye frekvensbånd tas i bruk og eksisterende endrer bruk. 5G blir inkludert i dette prosjektet når det innføres i Kristiansand.

Denne rapporten beskriver hvordan målingene blir gjennomført og viser utviklingen fra oppstarten i juni 2013 frem til oktober 2019. Målingene vil repeteres regelmessig i flere år fremover for å kunne følge utviklingen videre.

Nasjonal kommunikasjonsmyndighet (Nkom)

- fører kontroll med ekomlovgivningen
- måler radiofrekvente felt
- gir råd og veiledning

Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA)

- forvalter og fører tilsyn etter strålevernlovgivningen
- følger med på kunnskapsstatus og vurderer helseeffekter ved eksponering for radiofrekvente felt
- gir råd og veiledning

Figur 1. Nkom og DSA sine ansvarsområder vedrørende elektromagnetiske felt.

2 Målinger

2.1 Målemetode

Målemetoden som benyttes av Nkom er basert på anbefalinger for måling av radiofrekvente felt i frekvensområdet 9 kHz – 300 GHz gitt av den europeiske komiteen for elektronisk kommunikasjon, ECC (ECC 2002³), som er en del av komiteen for europeiske post- og teledministrasjoner (CEPT).

Måleverdien representerer en øyeblikkverdi for effektetthet (angitt i watt per kvadratmeter, W/m²) på tidspunktet for måling. Imidlertid er det gjennomsnittsverdien midlet over en hvilken som helst seks minutters periode som ikke skal overskride gjeldende grenseverdier for eksponering fra sendere (ICNIRP 1998⁴). Av praktiske årsaker gjøres målingene på denne måten, da det er utviklingen over tid som er interessant i dette prosjektet. ICNIRP har i 2020 oppdatert sine retningslinjer⁵. Disse endringene ble gjort etter at målingene i denne rapporten ble avsluttet og vil bli omtalt i neste rapport.

2.2 Måleutstyr og målemaler

Målingene blir utført med måleantenne og spektrumanalysator fra Rohde & Schwarz, styrt via tilhørende måleprogram RFEEX. Måleantennen er av typen TS-EMF og dekker frekvensområdet 30 MHz – 3 GHz.



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

2.3 Frekvensbånd som inngår i målingene

Frekvensbånd, MHz	Bruk
390	Nødnett
450	Mobiltelefoni
800	Mobiltelefoni
900	Mobiltelefoni
1800	Mobiltelefoni
2100	Mobiltelefoni
2400	Trådløst nettverk/blåtann/fribruksutstyr
2600	Mobiltelefoni

Tabell 1. Frekvensbånd som inngår i målingene.

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 antas å være 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:

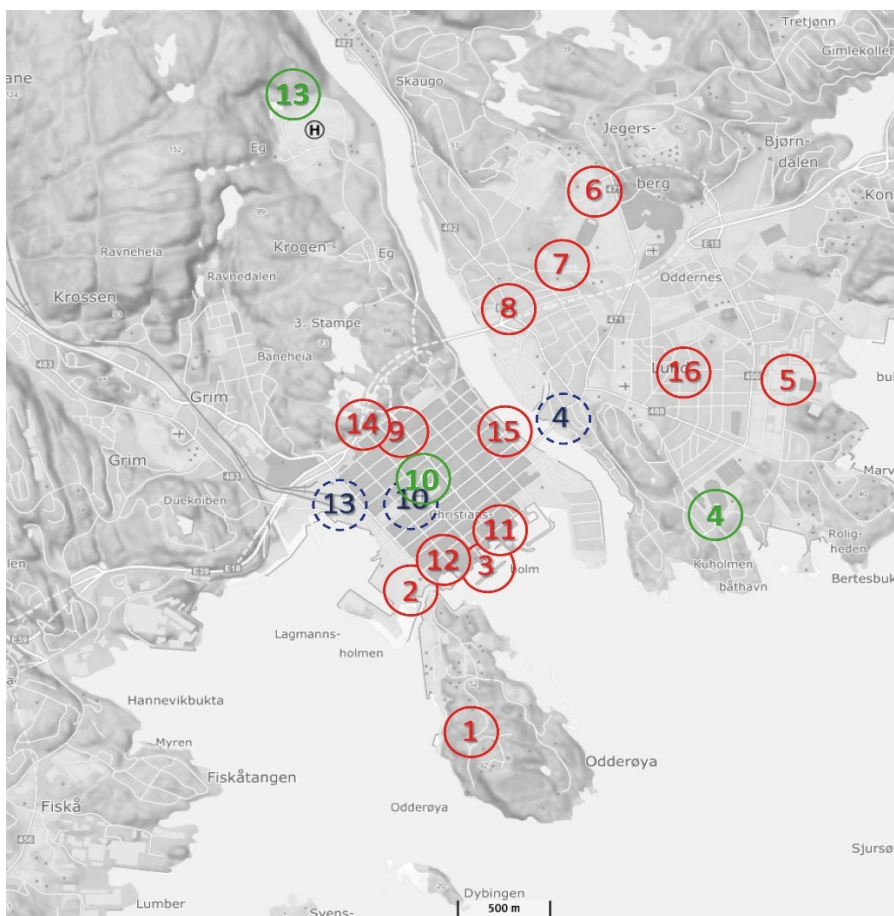
- Målingene skal foretas utendørs på flere punkter i byen hvor folk flest ferdes. Typiske målesteder er i parker, grøntarealer, lekeplasser, skole, parkeringsplasser og i boligstrøk.
- Det må være tilstrekkelig plass til måleutstyr og bil, med mulighet for å stå parkert så lenge som nødvendig.
- Målepunktene må være adskilt fra trafikken og mulig parkering for andre biler.

Figur 3 viser geografisk spredning av målepunktene og i vedlegget beskrives målepunktene mer detaljert.

2.5 Gjennomføring av målingene

Fra juni 2013 til juni 2015 ble målinger utført hver måned på 16 målepunkter i Kristiansand (figur 3). Etter juni 2015 har det blitt utført målinger fire ganger i året. Målingene på de 16 punktene er gjort i samme rekkefølge, på samme ukedag og til samme tidspunkt på dagen. Dette for å få mest mulig lik trafikkbelastning fra gang til gang, og dermed få et best mulig sammenligningsgrunnlag. Til tross for god planlegging ved valg av målepunkter er målepunktene nr. 4, 10 og 13 blitt uegnet etter 2015 og er derfor erstattet med nye målepunkter. Både eksisterende og utgåtte målepunkter er markert i figur 3. De nye målepunktene har kort historikk og vil først kunne brukes til å vise utviklingen etter at et visst antall målinger er blitt gjennomført. De nye målepunktene, som er angitt i grønt, vil derfor ikke bli publisert før i neste rapport.

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



Figur 3. Målepunkter i Kristiansand. Røde ringer er med i denne rapporten, blå ringer er utgåtte målepunkter og grønne ringer har erstattet disse målepunktene. Resultatene fra punkter med grønne ringer vil bli publisert i neste rapport. ©Kartverket.

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

2.6 Utfordringer

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

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 i tilknytning til målepunktene. Alle hendelser loggføres i tilfelle de viser seg å påvirke målingene. Enkelte målinger lar seg av ulike grunner ikke gjennomføre på hvert måleintervall. I slike tilfeller blir verdien av forrige måling brukt. Som nevnt i kapittel 2.5 er tre målepunkter av ulike grunner blitt uegnet etter forrige rapport fra 2015. Disse punktene er erstattet med nye målepunkter i representative miljøer i byen.



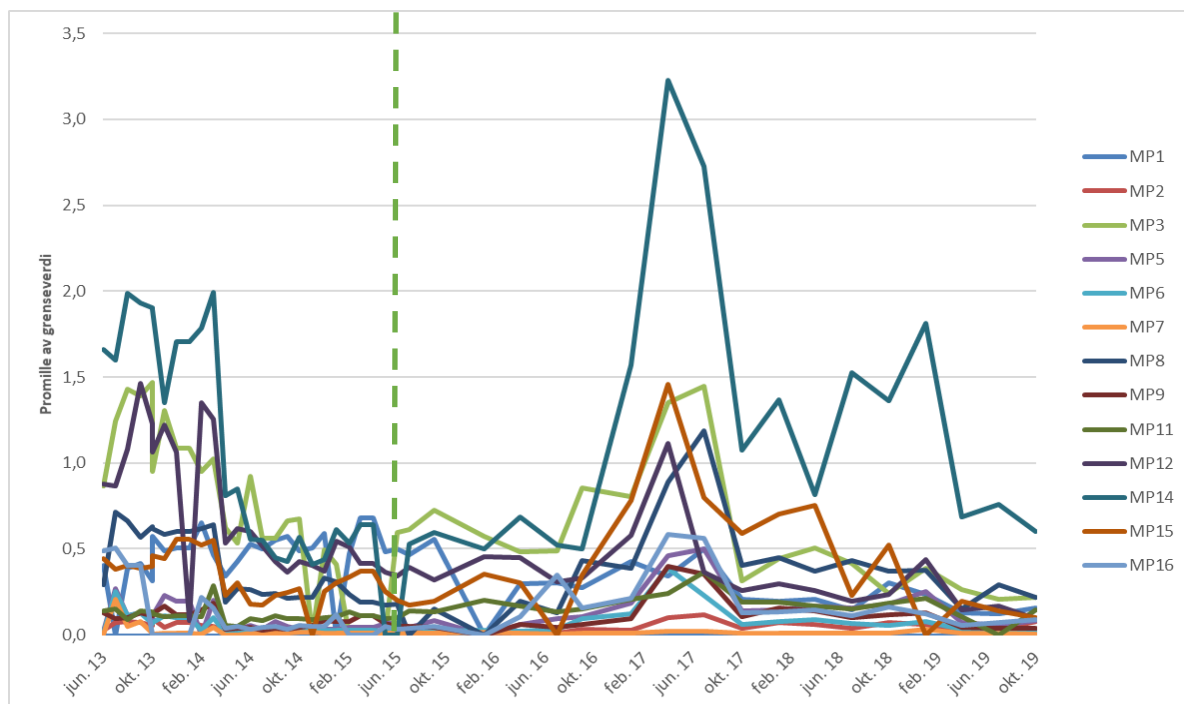
Figur 4. Anleggsarbeid ved et målepunkt. Metallkonstruksjoner nært inntil antennen kan potensielt forstyrre målingene. Foto: Atle Coward Markussen, Nkom.

3 Resultater

Resultatene i denne rapporten omfatter målinger fra juni 2013 til oktober 2019. Måleresultatene er angitt i promille (‰, dvs. tusendeler) av grenseverdiene for befolkningen. Grenseverdiene er frekvensavhengige, og for effektetthet varierer de mellom 2 og 10 watt per kvadratmeter (W/m²). 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. Da tre målepunkter fra forrige rapport for perioden juni 2013 til juni 2015 ikke er med i denne rapporten, vil verdiene som presenteres her for denne perioden være litt annerledes, men trendene er likevel tilsvarende.

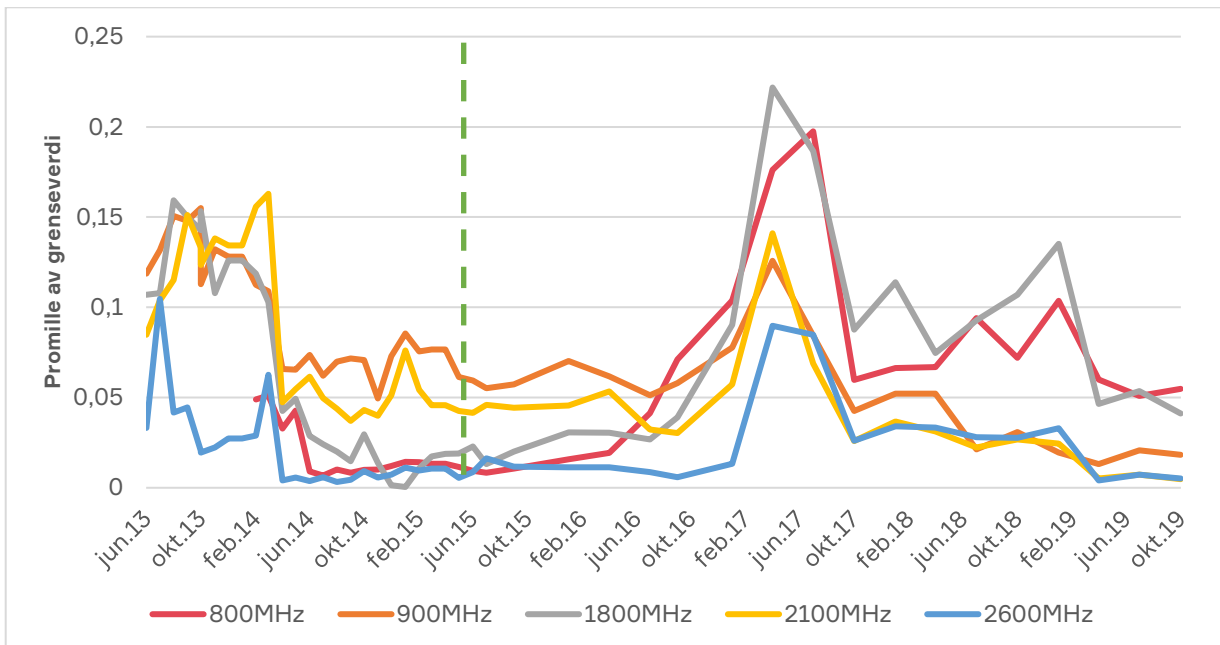
Figur 5 viser totalverdier av eksponering relativt til grenseverdiene for de ulike målepunktene. Totalverdien for alle frekvensene summert for hvert målepunkt viser at de aller fleste verdiene er mindre enn 1 ‰ av grenseverdien. I 2017 var det en tidsbegrenset økning på de fleste målestasjonene. Nivåene gikk tilbake til verdiene før 2017 i løpet av 2018. Dette omtales nærmere i kapittel 4. Null brukes her om nivåer under deteksjonsgrensen til instrumentet. Dette betyr ikke at det ikke finnes radiofrekvente felt på målepunktet, men det er så lite at instrumentet ikke kan registrere det. Den vertikale streken midt på figurene angir overgang mellom første og andre rapport, dvs. ved overgangen fra månedlige til kvartalsvise målinger.

Hensikten med figur 5 er å vise hvordan verdiene kan variere i en by. Totalverdiene ble redusert ved de fleste målepunktene etter at 4G (LTE) i 800 MHz-båndet ble introdusert i februar 2014.

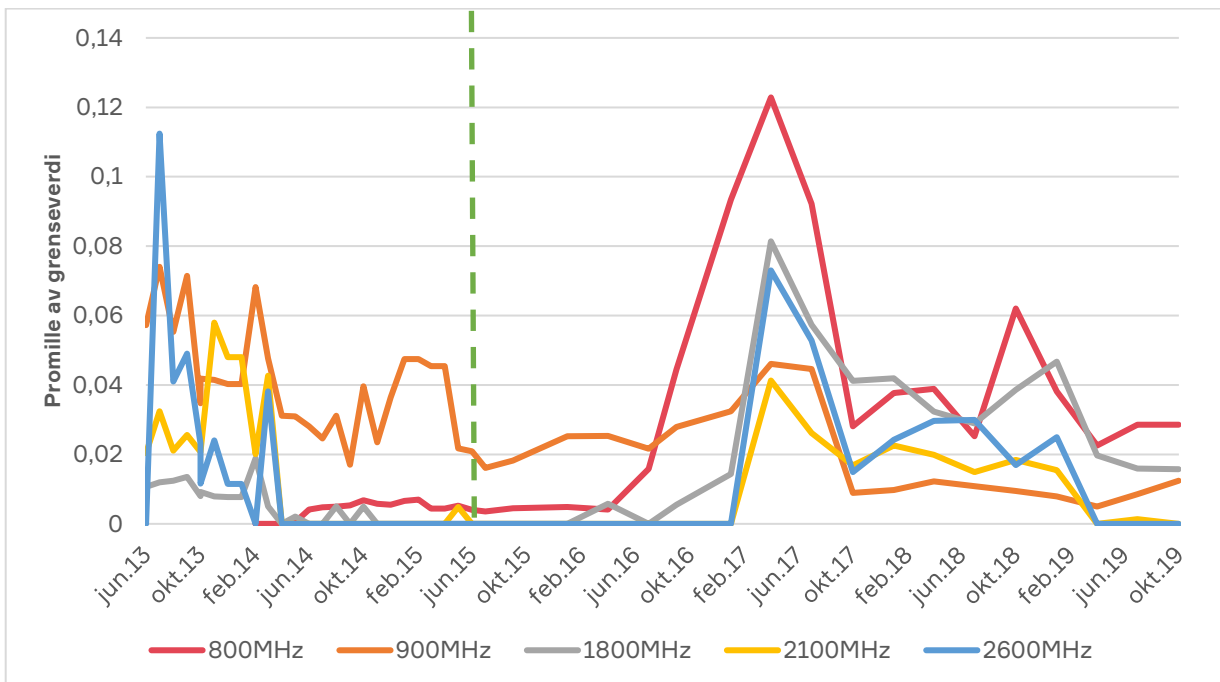


Figur 5. Totalverdier av alle målte frekvensbånd relativt til grenseverdiene for effektetthet ulike datoer for hvert målepunkt (MP). Hensikten med figuren er å vise hvordan verdiene kan variere i en by. Grønn stiplet vertikal strek angir overgang mellom første og andre rapport.

Figur 6 og 7 viser henholdsvis gjennomsnitt- og medianverdi for effektetthet for de ulike frekvensbåndene avsatt til mobiltelefoni i alle målepunkter, relativt til grenseverdiene. Vi ser at gjennomsnitt- og medianverdiene samsvarer godt, noe som indikerer at det ikke er enkeltmålepunkter med spesielt høye verdier. Tilsvarende som for totalverdiene har også figurene for gjennomsnitt- og medianverdi en tidsbegrenset økning i 2017.



Figur 6. Gjennomsnittlig effekttetthet for alle målepunkter for de ulike frekvensbånd avsatt til mobiltelefoni relativt til grenseverdiene for hver dato. Grønn stiplet vertikal strek angir overgang mellom første og andre rapport.



Figur 7. Medianverdier for effekttetthet for alle målepunkter for de ulike frekvensbånd avsatt til mobiltelefoni relativt til grenseverdiene for hver dato. Grønn stiplet vertikal strek angir overgang mellom første og andre rapport

4 Diskusjon

Målet med disse målingene er å studere utvikling av eksponering over tid. Etter seks år med regelmessige målinger ser vi at både total- og gjennomsnittsverdier er relativt konstante. Målingene viser samme variasjon som i forrige rapport mellom ulike steder i et byområde.

Målingene beskrevet i denne rapporten viser at totalverdiene stort sett ligger under 1 % av grenseverdiene på steder vi mener er representative for utendørsopphold. Selv om målingene ikke er midlet over seks minutter som anbefalt, anser vi at verdiene likevel er representative for trendene.

Som man kan se av kurvene, så økte nivåene en del i 2017, for så å falle igjen mot slutten av året og utover i 2018. Grunnen til dette kan se ut til å være at to mobiloperatører i denne perioden gjorde en omfattende omkonfigurering av nettene sine. Begge operatørene har satt opp nye basestasjoner, samtidig som de har økt effekten på en del eksisterende basestasjoner. Utover i 2017 har effekten blitt justert ned igjen, samtidig som, særlig den ene operatøren, fjerner en god del UMTS basestasjoner i Kristiansand. Disse hendelsene sammenfaller bra med at kurvene faller igjen.

Det har blitt vurdert om det kan være feil på måleutstyret som skapte den uventede økningen i 2017. Grunnlaget (rådataene) for kurvene viser at økningen ikke oppstår på alle målepunkter i løpet av en dag. Økningen er i tillegg fordelt ut på forskjellige frekvensbånd. Dette indikerer at det ikke er feil på måleutstyret som er årsaken til denne tidsbegrensede økningen.

4.1 Usikkerhet og faktorer som kan påvirke målingene

Radiofrekvente felt varierer med tid og sted. Det varierer over tid, både pga. variasjoner i omgivelsene og varierende trafikkbelastning på de trådløse systemene. Derfor er det viktig at målingene på det enkelte målepunkt blir utført til omtrent samme tid hver gang. 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 utviklingen når målingene pågår over mange år.

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 det radiofrekvente 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. Nyoppførte bygg i nærheten av målepunktene kan påvirke resultatene, men dette gjenspeiler hvordan det faktisk er på et visst punkt i en by.

4.2 Konklusjon

Målingene presentert i denne rapporten viser at eksponeringen av befolkningen er relativt konstant over tid selv om det innføres nye teknologier.

Referanser

1. Klæboe L, Markussen A C, Heimdal P E, Sjømoen T-M, Unander E H, Hannevik M. Langtidsmålinger av radiofrekvente felt – utvikling over tid. StrålevernRapport 2016:11 Østerås: Statens strålevern, 2016.
2. 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.
3. 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.ero-docdb.dk/doks/implement_doc_adm.aspx?docid=1908
4. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 1998; 74 (4): 494-522.
5. ICNIRP Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields ((100 kHz to 300 GHz). Health Physics 2020; 118 (5): 483-524.

Vedlegg - Målepunktene med beskrivelser

Målepunkt	Beskrivelse	Kommentar
1	Rekreasjonsområde/park/skog	
2	Fiskebrygge/restauranter/parkering/kontorer	
3	Gjestehavn	
4	Boliger/vei/grøntområde/idrett	Ny 9.10.2017
5	Kontorer/parkering/idrett	
6	Utdannelsesinstitusjon/treningssenter/kontorer/grøntområde	
7	Botanisk hage/parkering	
8	Boliger/trafikkmaskin	
9	Boliger/kontorer/lekeplass/park	
10	Kontorer/grøntområde/gågate/lekeplass	Ny 3.7.2018
11	Lekeplass/grøntområde/festplass	
12	Restaurant/boliger/grøntområde	
13	Parkeringsplass/grøntområde/kontorer	Ny 4.7.2017
14	Lekeplass/aktivitetsplass/boliger/kontor	
15	Skole/ lekeplass/grøntområde/boligområde	
16	Boligområde	
4 (før flytting 9.10.2017)	Boliger/kontorer/liten park	
10 (før flytting 3.7.2018)	Kontorer/grøntområde/gågate	
13 (før flytting 4.7.2017)	Parkeringsplass	

- 1 DSA-rapport 01-2020
Radioaktivitet i utmarksbeitende dyr
2018
Sommerovervåkning og soneinndeling
for småfe
- 2 DSA-rapport 02-2020
Russian-Norwegian monitoring of
radioactive contamination of
ground-level air in the border areas
– monitoring programs, methods and
results
- 3 DSA-rapport 03-2020
Overvåking av radioaktivitet i
omgivnadene 2018
- 4 DSA-rapport 04-2020
Radioactivity in the Marine Environment
2015, 2016 and 2017
- 5 DSA Report 05-2020
Building Optimization into the Process
- 6 DSA Report 06-2020
Langtidsmålinger av radiofrekvente felt
– utvikling over tid