

RAPPORT

2026

Svake radiofrekvente
elektromagnetiske felt (100 kHz -
300 GHz) og helseeffekter
– en paraplyoversikt

Svake radiofrekvente elektromagnetiske felt (100 kHz - 300 GHz) og helseeffekter – en paraplyoversikt

Utgitt av	Folkehelseinstituttet Område for klima og miljø, Avdeling for kjemikalietoksikologi
Tittel	Svake radiofrekvente elektromagnetiske felt (100 kHz - 300 GHz) og helseeffekter – en paraplyoversikt
English title	Weak radio frequent electromagnetic fields (100 kHz - 300 GHz) and health – an umbrella review
Forfattere	Tuyet Anh Pham Dag Marcus Eide
ISBN	978-82-8406-528-1
Publikasjonstype	Systematisk oversikt, paraplyoversikt
Antall sider	250 (inkludert vedlegg)
Oppdragsgiver	FHI, DSA, HDIR
Emneord(MeSH)	Risk Factors Risk Assessment Public Health Magnetic Fields Electromagnetic Fields Electromagnetic Phenomena Electromagnetic Radiation Microwaves Radio waves Wireless Technology Terahertz Radiation Cell Phone Smartphone
Sitering	Pham TA, Eide DM (2025) Svake radiofrekvente elektromagnetiske felt (100 kHz - 300 GHz) og helseeffekter – en paraplyoversikt [Weak radiofrequent electromagnetic fields (100 kHz - 300 GHz) and health – An umbrella review] Oslo: Folkehelseinstituttet

Innhold

Innholdsfortegnelse

INNHold.....	3
Innholdsfortegnelse.....	3
Liste over tabeller	6
Oppsummering-av-Funn-tabeller (SoF-tabeller).....	6
Liste over figurer	7
HOVEDBUDSKAP	8
SAMMENDRAG	9
KEY MESSAGES	14
SUMMARY	15
FORORD	18
INNLEDNING	19
Beskrivelse av problemet	19
EMF-eksponering i radiofrekvensområdet	20
Biologiske effekter av RF-EMF	22
Grenseverdier, energiavsetting (SAR) og feltstyrke.....	23
Mål og problemstilling	25
METODE.....	26
Protokoll	26
Paraplyoversikt	26
Inklusjonskriterier – oversikter som skal vurderes	27
Litteratursøk i henhold til protokoll.....	27
Utvalgelse av studier	28
Risiko for systematiske skjevheter i oversikter (ROBIS).....	28
Uthenting av data.....	29

Tillit til effektestimatene (GRADE)	30
Presentasjon av funn	32
RESULTAT AV LITTERATURSØK OG VALG AV STUDIER	35
Oversikt over inkluderte oversikter	36
SVULSTFOREKOMST OG KREFTRISIKO	40
Epidemiologiske studier	41
Eksposering fra mobiltelefonbruk	45
Eksposering fra trådløs telefon	52
Miljømessig og yrkesmessig eksposering	53
Utfyllende bevis i tillegg til metaanalysene	58
Bias i primærstudier	58
Bias i oversikter - valg av primærstudier	62
SVULSTER OG KREFT I DYREFORSØK	70
Presentasjon og sammenligning av oversiktene	71
Organer der svulster ble vurdert	73
Diskusjon: Svulstrisiko i dyreforsøk	87
REPRODUKSJON OG UTVIKLING	91
Fertilitet hos menn og hanndyr	92
Eksposering fra mobiltelefon i epidemiologiske studier	92
Arbeidslivsstudier, sædceller	95
<i>In vitro</i> studier på humane spermier	96
Kvinnelig fertilitet og utviklingsforstyrrelser - Befolkningsstudier	98
Kvinnelig fertilitet og utviklingsforstyrrelser - Arbeidslivstudier	100
Dyreforsøk: Fertilitet hanndyr	104
Fertilitet hos hunndyr	112
Utviklingseffekter i avkom etter mordyrets eksposering	113
HJERNEFUNKSJON	121
Kognitiv funksjon – epidemiologiske studier av barn og voksne	122
Kognitive effekter i eksperimentelle studier	126
Atferd hos barn	133
Hjernefunksjoner på forsøksdyr	134
FYSIOLOGISKE MÅLINGER	141
Hjerneaktivitet (EEG) og kognitive funksjoner	141
Puls, respirasjon eller blodgjennomstrømning	142

Hjerterate-effekter	142
SELVRAPPORTERTE SYMPTOMER	145
Selvrapporterte symptomer - Epidemiologiske studier	145
Selvrapporterte symptomer - Eksperimentell eksponering.....	150
MEKANISTISKE STUDIER.....	158
Genotoksisitet.....	159
Oksidativt stress	164
Oksidativt stress-markører etter organ, <i>in vivo</i> eksponering.....	165
Cellestudier, <i>in vitro</i> - eksponering.....	166
Spenningsregulerte kalsiumkanaler (voltage-gated ion channels - VGCS).....	169
Apoptose – programmert celledød.....	170
Immuneffekter	170
Hormoneffekter	171
5G, WIFI OG SMARTMÅLERE	172
DISKUSJON.....	174
Hovedfunn.....	174
Er kunnskapsgrunnlaget dekkende og anvendelig?.....	175
Kan vi stole på kunnskapsgrunnlaget.....	176
Styrker og svakheter ved denne systematiske oversikten	179
Overensstemmelse med andre utredninger	181
Resultatenes betydning for praksis.....	183
Kunnskapshull.....	185
KONKLUSJON	187
REFERANSER.....	188
VEDLEGG 1: SØKESTRATEGI.....	200
VEDLEGG 2: ROBIS AV STUDIER VURDERT I FULL TEKST	215
VEDLEGG 3: EKSKLUDERTE STUDIER	220
VEDLEGG 4: FDAS OPPSUMMERING AV NTP (2018)	242
VEDLEGG 5: BRUK AV MASKINLÆRING	246

Liste over tabeller

Tabell 1 Samlet absorbert energi fra RF-EMF fra ulike teknologier (Van Wel et al., 2021)	22
Tabell 2 Populasjon, eksponering og sammenligning for systematiske oversikter inndelt etter utfall	36
Tabell 3 RF-EMF og sentrale svulstformer, ulike mål for mobiltelefon-eksponering vurdert i 7 systematiske oversikter	43
Tabell 4 Heatmap: OHAT risiko for bias - gliom etter mobiltelefonbruk (Karipidis 2024)	61
Tabell 5 Heatmap: Hvilke studier er med i hvilke oversikter over svulstforekomst?	64
Tabell 6 Retning og tillit: Svulstirisiko i dyreforsøk (Pinto (2023, 2024), Mevissen (2025)) .	90
Tabell 7 Retning og tillit: Fertilitet (alle eksponeringsnivåer)	118
Tabell 8 Retning og tillit: Hjernefunksjon	140
Tabell 9 Retning og tillit: Selvrappporterte symptomer	157
Tabell 10 Kartleggingsoversikt oksidativt stress (Schuermann & Mevissen, 2021).....	169
Tabell 11 OHAT/Grade sett i forhold til Hills kriterier	178
Tabell 12 Kvalitetsvurderinger gjort med ROBIS-sjekklisten.....	215
Tabell 13 Kontrollspørsmål stilt i ROBIS.....	217

Oppsummering-av-Funn-tabeller (SoF-tabeller)

SoF tabell 1 Svulstforekomst i mennesker (Karipidis 2024, 2025)	56
SoF tabell 2 Svulster i dyreforsøk (Pinto 2023, 2024; Mevissen (2025))	82
SoF tabell 3 Spermier hos menn.....	97
SoF tabell 4 Fertilitet og utviklingsforstyrrelser hos kvinner (Johnson 2024)	103
SoF tabell 5 Fertilitet hos hanndyr, eksperimentell eksponering (Cordelli 2024).....	110
SoF tabell 6 Fertilitet og utviklingseffekter hos hunndyr (Cordelli 2023).....	116
SoF tabell 7 Kognitive effekter i epidemiologiske studier	124
SoF tabell 8 Kognitive tester, hjernefunksjon	137
SoF tabell 9 Fysiologiske effekter.....	143
SoF tabell 10 Selvrappporterte symptomer i epidemiologiske studier (Röösli 2024, Kacprzyk 2021)	148
SoF tabell 11 Selvrappporterte symptomer i eksponeringsforsøk – ikke IEI-EMF (Bosch-Capblanch 2024)	154
SoF tabell 12 Selvrappporterte symptomer i eksponeringsforsøk – kun IEI-EMF (Bosch-Capblanch 2024)	155
SoF tabell 13 Genotoksisitet.....	162
SoF tabell 14 Biomarkører for oksidativt stress (Meyer 2024).....	166

Liste over figurer

Figur 1 Radiofrekvenser i bruk til de mest utbredte kommunikasjonsteknologier i 2024.....	21
Figur 2 Utbredelse av elektrisk felt fra mobiltelefon	24
Figur 3 PRISMA flytdiagram.....	35
Figur 4 Dose-respons for vestibularis-schwannom etter økt eksponering fra mobiltelefon...	45
Figur 5 Dose-respons for gliom etter økt eksponering fra mobiltelefon.	47
Figur 6 Dose- respons for meningeom etter økt eksponering fra mobiltelefon.	49
Figur 7 Skogplott og metaanalyse av hjernesvulster (Pinto 2023)	77
Figur 8 Asymmetrien i bevisbyrde med GRADE/OHAT (NTP 2019).....	180

Hovedbudskap

Denne rapporten er en paraplyoversikt over helseutfall som følge av eksponering for elektromagnetiske felt i radiofrekvensområdet (RF-EMF), som mobiltelefoni, trådløse nettverk og 5G. En paraplyoversikt er en systematisk oversikt av andres systematiske oversikter hvor risiko- og effektberegninger refereres fra den siste og beste oversikten for hvert utfall, basert på definerte kriterier.

Oversiktene inkludert i denne rapporten viser til befolkningsstudier, dyreforsøk samt *in vitro* eksperimenter med celler og vev. Hovedfunnet i denne rapporten er at det ikke er påvist noen klare effekter av eksponering for RF-EMF under grenseverdiene når det gjelder risiko for svulster, reproduksjon og utvikling, hjernefunksjon eller andre fysiologiske funksjoner, eller selvrapporterte symptomer som smerte, ubehag og overfølsomhet.

Det er heller ikke kommet fram ny kunnskap om mekanismer for helserelevante biologiske effekter av svak RF-EMF-eksponering bortsett fra oppvarming.

Et stort antall nye studier har blitt gjennomført de siste 13 år men vi har gjennom dette arbeidet ikke funnet noe vitenskapelig grunnlag for å senke dagens grenseverdier, eller å gjennomføre spesielle tiltak for å redusere eksponeringen for elektromagnetiske felt i radiofrekvensområdet.

Tittel:

Svake radiofrekvente elektromagnetiske felt (100 kHz - 300 GHz) og helseeffekter – en paraplyoversikt

Hvem står bak denne publikasjonen?

Folkehelseinstituttet

Når ble litteratursøket avsluttet?

September 2024
2 oversikter er fra 2025 fordi de var deler av en to-trinns publisering.

Fagfellevurdering:

Hildegunn Dahl, FHI
Dag Anders Brede, NMBU
Gunnar Brunborg, FHI/pensjonert
Gunn Vist, FHI
Gunnhild Oftedal, NTNU/pensjonert

Sammendrag

Denne paraplygjennomgangen undersøker forskningsstatus vedrørende helseeffekter av elektromagnetiske felt i radiofrekvensområdet (RF-EMF), inkludert mobiltelefoni, trådløse nettverk og 5G. Rapporten er basert på systematiske oversikter fra 2012 til januar 2025 som har tatt for seg helseeffekter av RF-EMF mellom 10 MHz og 300 GHz. Dette er frekvensfeltet som både mobiltelefon, trådløse nettverk og 5G bruker.

Det har vært en økning i bruk av trådløs/mobil teknologi i befolkningen. Teknologiene er blitt mer energieffektiv, og samtidig har bruksmønstret endret seg. Målt og simulert eksponering fra mobile enheter og sendere/antenner har ikke økt det siste tiåret, og ligger fortsatt langt under grenseverdiene. 5G bruker hovedsakelig samme frekvenser som 4G. 5G bruker i tillegg også høyere frekvenser som kan gi økt varmeeffekt i huden, mens penetrasjonen inn i kroppen blir mindre.

Formålet var å vurdere kunnskapsstatus om helserisiko i befolkningen relatert til RF-EMF-eksponering fra kommunikasjonsteknologi som tilfredsstiller de regulatoriske krav. De regulatoriske grenseverdiene for RF-EMF er basert på risiko ved oppvarming av celler og vev (termiske effekter).

Denne rapporten har vurdert systematiske oversikter over alle helseutfall i epidemiologiske studier, eksperimentelle studier med mennesker, forsøksdyr og celle-/vevskulturer, og om det kunne tilsi en revurdering av grenseverdiene for RF-EMF.

Resultater

Vi inkluderte 21 systematiske oversikter av høy eller middels kvalitet. I tillegg ble 12 oversikter av lavere kvalitet inkludert for sammenligning, og for mekanistiske utfall der systematiske oversikter er mindre utviklet metodologisk. Vi vurderte i alt 237 utfall med en kvantitativ risikovurdering. For 36 utfall hadde vi høy tillit til effektestimatene, for 60 utfall hadde vi moderat tillit, 51 utfall med lav tillit og 90 utfall med svært lav tillit. I tillegg ble mange utfall vurdert narrativt uten et samlet kvantitativt mål på effekt.

Når vi graderer tilliten til resultatene i studiene som høy, moderat, lav og svært lav, er disse definert slik:

- Høy tillit: effektestimatet ligger nær den sanne effekten.
- Moderat tillit effektestimatet ligger *sannsynligvis* nær den sanne effekten, men det er også en mulighet for at den kan være forskjellig
- Lav tillit: effektestimatet ligger *muligens* nær den sanne effekten, men kan være vesentlig ulik den sanne effekten

- Svært lav tillit: Kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert, effektestimatet ligger *kanskje* nær den sanne effekten, men kan være betydelig ulik den sanne effekten.

Hovedfunn: Vi fant ingen statistisk signifikant økt risiko for noen utfall der vi samtidig hadde høy tillit til effektberegningen. Vi kan ikke dokumentere noen klare negative helseeffekter som følge av RF-EMF-eksponering i denne rapporten.

Svulstrisiko hos mennesker: Vi fant ingen økt risiko for noen utfall, og vi hadde samtidig moderat tillit til effektberegningen. Dette er den høyeste tillit som vår metode tillater for epidemiologiske studier. RF-EMF-eksponering fra mobiltelefon øker sannsynligvis ikke risikoen for de svulstformene som vanligvis er mistenkt for å ha sammenheng med RF, inkludert gliomer, vestibulære schwannomer, meningeomer, hjernesvulster hos barn, hypofyse- og spyttkjertelsvulster. Det er sannsynligvis ingen økt risiko forbundet med hyppig bruk eller lang tids eierskap av mobiltelefon. Miljøeksponering fra antenner og andre sendere medfører sannsynligvis ingen risiko for leukemi hos barn. Ordet *sannsynligvis* innebærer at vi har moderat tillit til effektberegningen.

RF-EMF-eksponering gir muligens liten eller ingen forskjell i risiko for andre svulsttyper omtalt i denne rapporten. Ordet *muligens* innebærer at vi har lav tillit til effektberegningen.

Svulstrisiko hos forsøksdyr: RF-EMF-eksponering gir sannsynligvis liten eller ingen forskjell i risiko for de fleste svulsttyper rotte- og museforsøk, basert på en systematisk oversikt med metaanalyser av 52 dyrestudier. Relativ risiko (RR) for kreft i enkelte organer var signifikant forskjellige fra 1, men den prosentvise risikoforskjellen (RD) var liten for alle utfall.

En annen oversikt vurderte fare (hazard) ut ifra enkelte studier av utfall som viste en dose-respons. Oversikten vurderte ikke risiko. Den konkluderte med det var evidens (høy tillit) for en økt fare for svulstdannelse i hjerte og hjerne etter RF-EMF-eksponering, og at det sannsynligvis var økt fare for 4 andre svulstformer (moderat tillit). Denne oversikten konkluderte med ingen fare for andre svulsttyper. Metaanalysen gjort i den andre oversikten konkluderte med at kunnskapsgrunnlaget for hjertesvulster var svært usikkert, mens det muligens var ingen eller en liten økt risiko for hjernesvulster.

Begge oversiktene inkluderte studier med eksponeringer der termiske effekter ikke kan utelukkes. Begge oversiktene var samstemmige i at funnene i dyrestudier var tilstrekkelige for å beregne kreftrisiko for mennesker, og at ytterligere studier av samme type neppe vil gi et bedre beregningsgrunnlag.

Overlevelse: Ett resultat fra svulstforsøk i dyr ble vurdert som relevant for mennesker, med høy tillit: RF-EMF-eksponering gir ingen forskjell i overlevelse i svulst-studier i rotter og mus, selv om eksponeringen kunne være over det som gir oppvarmingseffekter, og at mange forsøk innebar kombinert eksponering med kjente karsinogener.

Fertilitet og utviklingsforstyrrelser hos mennesker: Epidemiologiske studier av fertilitet påviste ingen klare sammenhenger mellom RF-EMF-eksponering og reproduksjons- og utviklingsforstyrrelser hos kvinner eller menn. Vi hadde svært lav tillit til alle effektestimater, og kunnskapsgrunnlaget er derfor svært usikkert. Kunnskapsgrunnlaget er også svært usikkert for effekter på spermier fra menn. Tilliten var svært lav ettersom det var få studier som var vanskelige å vurdere samlet.

Fertilitet og utviklingsforstyrrelser hos forsøksdyr: RF-EMF-eksponering var ofte høy i dyrestudiene. Eksponering under det som gir dokumenterte varmeeffekter, gir sannsynligvis liten eller ingen forskjell i risiko for fertiliteten hos hanndyr. Kunnskapsgrunnlaget er usikkert eller svært usikkert for flertallet av utfallene.

RF-EMF-eksponering kan muligens gi i en liten økning i resorberte fostre/abort og misdannelser hos forsøksdyr, også her var det mange studier med høy eksponering. RF-EMF-eksponering av mordyret under forventede termiske effekter vil sannsynligvis resultere i liten til ingen forskjell i fostervekt, fosterlengde og hjernestørrelse hos avkom, og muligens resultere i ingen forskjell i fertilitet hos avkom.

Kognitive effekter i mennesker: Ingen effekter kunne relateres til mobiltelefon- eller basestasjon-eksponering ut fra vurdering av 4 kohortstudier. RF-EMF-eksponering medfører muligens ingen endret risiko for kognitive effekter vurdert i epidemiologiske studier (lav tillit fordi ett trekk i tillit ble gjort av ulike grunner – kohortstudier kan gi maksimalt moderat tillit).

En systematisk oversikt vurderte 76 studier av eksperimentell RF-eksponering og kognitive funksjoner hos barn og voksne med opptil 5 timers varighet. Oversikten viste ingen signifikante effekter for noen utfall, med høy tillit til de fleste effektestimater. RF-EMF-eksponering medfører ingen endret risiko for kognitive effekter i eksperimentelle studier.

Atferdstester i dyr og mennesker viste noen signifikante effekter i avkom etter eksponering av mor/mordyret, men få, små eller sprikende studier tilsa svært lav tillit. Kunnskapsgrunnlaget er derfor svært usikkert.

Fysiologiske målinger i mennesker (som EEG, puls, hjerterytme) viste ingen effekter. Vi har svært lav tillit til kunnskapsgrunnlaget, og derfor er effekten av RF-EMF på EEG, puls og hjerterytme svært usikkert ut fra få og metodisk svake studier.

Selvrapporterte symptomer og EMF-eksponering: Kohortstudier med over et år eller lengre oppfølging viste ingen eller ikke-signifikante sammenhenger mellom symptomer og modellert eksponering. Derimot viste de at en egenvurdert eksponering påvirket deltakernes selvrapporterte symptomer, mens modellert eksponering ikke var assosiert med selvrapporterte symptomer. Effektestimater ble tillagt svært lav tillit, kunnskapsgrunnlaget fra kohortstudier er derfor svært usikkert.

Overkrysningsstudier med svært kort oppfølgingstid medførte ingen økt rapportering av uspesifikke symptomer når deltakerne var blindet for om de var eksponert eller ikke, mens åpen eksponering økte sannsynligheten for selvrapporterte symptomer.

Persepsjonsstudier viste at verken personer som hadde definert seg selv som EMF-følsomme eller ikke, kunne skille mellom RF-eksponering eller ingen eksponering.

Utfall som ble tillitsvurdert i de eksperimentelle studiene viste videre at:

- RF-EMF-eksponering medfører ingen endret risiko for å rapportere hodepine eller uspesifikke symptomer etter helkropp eksponering (høy tillit).
- RF-EMF-eksponering medfører sannsynligvis ingen endret risiko for å rapportere hodepine eller søvnvansker etter eksponering av hodet (moderat tillit).
- RF-EMF-eksponering medfører muligens ingen endret risiko for å rapportere søvnvansker etter helkropp eksponering (lav tillit).

Kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert (svært lav tillit) for sammenhengen mellom uspesifikke symptomer og eksponering av hodet, men kun små ikke-signifikante effekter ble observert

Mekanistiske studier har ikke gitt noen forklaringsmodeller for mulige ikke-termiske cellulære effekter eller gitt grunnlag for pålitelige biomarkører for RF-EMF (4 oversikter, hvorav 1 hadde lav risiko for systematiske feil). Kunnskapsgrunnlaget er her svært usikkert på grunn av svært sprikende resultater.

Diskusjon

For hver helseeffekt ble resultatene hentet fra den nyeste og beste systematiske oversikten, men resultatet kan ikke ha høyere kvalitet enn primærstudiene som var grunnlaget. En høy andel av primærstudiene hadde uklare målinger av eksponering og problemer med studiedesign. Mange oversikter inkluderte få gode studier, og konkluderte av den grunn med at kunnskapsgrunnlaget var svært usikkert.

Samlet peker de systematiske oversiktene på gjennomgående ingen effekter eller inkonsistente funn, med moderat til høy tillit for flere sentrale utfall. Selv om videre forskning av høy kvalitet kan være nyttig på områder der tilliten er lav, tilsier den samlede evidens i dag at det er lite sannsynlig at RF-EMF har helseeffekter utover termiske mekanismer.

KONKLUSJON

Vår systematiske gjennomgang av de siste tiårenes forskning har vist at det ikke er klare helseeffekter av eksponering for RF-EMF under grenseverdiene. Dette er i tråd med en rekke offentlige utredninger fra WHO, SCHEER (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks), FDA (U.S. Food and Drug Administration), og utredninger fra Canada, Australia, New Zealand, Sverige og Nederland.

Det var ingen klare resultater som indikerte negative helseeffekter av RF-EMF ved eksponering **under grenseverdiene**. Dette gjelder for følgende utfall:

- Kreft, i hjerne eller andre steder i kroppen
- Skade på spermier/testikkelfunksjon som årsak til redusert fertilitet
- Reproduksjon hos kvinner eller hunndyr
- Utviklingseffekter på foster
- Hjernefunksjoner hos barn og voksne
- Selvrapporterte symptomer som hodepine, søvnforstyrrelser, tretthet, konsentrasjonsvansker og muskelsmerter

Ingen biomarkører for RF-EMF-eksponering har hittil vist seg å være reproducerbare

Ingen eksperimentelle eller epidemiologiske data indikerer at radiofrekvente elektromagnetiske felt (100 kHz - 300 GHz) påvirker selvrapporterte symptomer eller velvære

Key messages

This report is an umbrella review of health outcomes resulting from exposure to radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF), such as those emitted by mobile phones, wireless networks, and 5G technology. An umbrella review is a systematic review of existing systematic reviews, in which risk and effect estimates are drawn from the most recent and methodologically robust review for each outcome, based on predefined criteria.

The scientific reviews included in this report encompass population studies, animal experiments, and cell or in vitro studies (experiments conducted outside living organisms).

The main finding of this report is that no clear effects of RF-EMF exposure below established limit values have been demonstrated with respect to tumor risk, reproduction and development, brain function, or other physiological functions, nor for self-reported symptoms such as pain, discomfort, or hypersensitivity.

Furthermore, no new evidence has emerged regarding mechanisms for health-relevant biological effects of low-level RF-EMF exposure, apart from tissue heating.

Consequently, there is no scientific basis for recommending a reduction of current exposure limits or for implementing specific new measures to reduce exposure to radiofrequency electromagnetic fields.

Title:

Weak radio-frequency electromagnetic fields and health effects – an umbrella review

Publisher:

The Norwegian Institute of Public Health

Updated:

Last search for studies: September 2024.
2 reviews are from 2025 because they were part of a two-step publication process

Peer review:

Hildegunn Dahl, FHI
Dag Anders Brede, NMBU
Gunn Vist, FHI
Gunnar Brunborg, FHI/retired
Gunnhild Oftedal, NTNU/retired

Summary

This umbrella review examines the research status regarding the health effects of electromagnetic fields in the radiofrequency range (RF-EMF), including mobile telephony, wireless networks, and 5G. The report is based on systematic reviews from 2012 to January 2025 that have addressed health effects of RF-EMF between 10 MHz and 300 GHz. This is the frequency range used by mobile phones, wireless networks, and 5G.

The purpose was to assess the state of knowledge on health risks in the population related to RF-EMF exposure from communication technologies that comply with regulatory requirements. The regulatory limits for RF-EMF are based on risks from heating of cells and tissues (thermal effects).

This report has assessed systematic reviews of all health outcomes in epidemiological studies, experimental studies in humans, laboratory animal studies, and cell/tissue culture studies, and whether these could warrant a reassessment of the exposure limits for RF-EMF.

Results

We included 21 systematic reviews of high or medium quality. In addition, 12 lower-quality reviews were included for comparison and for mechanistic outcomes where systematic reviews are methodologically less developed. In total, 237 outcomes with a quantitative risk assessment were evaluated. For 36 outcomes we had high confidence in the effect estimates, for 60 outcomes moderate confidence, for 51 low confidence, and for 90 very low confidence. In addition, many outcomes were assessed narratively without an overall quantitative effect measure.

Main findings: When examining the outcomes assessed with high confidence in our rating system, no clear adverse health effects due to RF-EMF exposure can be documented in this report. The conclusion is based on the finding that there was no statistically significant increased risk for any health effect where we had high confidence in the effect estimate.

Survival: One result from animal experiments was considered relevant for humans: RF-EMF exposure results in little or no difference in survival in rat and mouse experiments, even when exposure levels exceeded those that cause heating effects, and many experiments included combined exposure with known carcinogens.

Tumour risk in humans: RF-EMF exposure from mobile phones is probably not associated with an increased risk of the tumour types usually suspected to be related to RF, including gliomas, vestibular schwannomas, meningiomas, brain tumours in children, pituitary, and salivary gland tumours. The word *probably* indicates that we have moderate confidence in the effect estimate. There is probably no increased risk associated with frequent or long-term mobile phone use. Environmental exposure from antennas and other transmitters probably

poses no risk of leukaemia in children.

RF-EMF exposure may result in little or no difference in the risk of other tumour types discussed in this report.

Tumour risk in experimental animals: RF-EMF exposure probably results in little or no difference in the risk of most tumour types in rat and mouse studies, based on a systematic review with meta-analyses of 52 animal studies. Relative risk (RR) for cancer in some organs differed significantly from 1, but the absolute risk difference (RD) was small for all outcomes. Another review assessed hazard based on individual studies showing a dose–response relationship. It concluded that there was evidence of an increased hazard for tumour formation in the heart and brain following RF-EMF exposure, and probably an increased hazard for four other tumour types. Dose–response assessments were conducted at exposure levels where thermal effects cannot be excluded. This review concluded there was no hazard for other tumour types. The meta-analysis in the other review concluded that the evidence base for heart tumours was very uncertain, while there was possibly no or a small increased risk for brain tumours.

Both reviews agreed that the findings from animal studies were insufficient to calculate cancer risk for humans.

Fertility and developmental disorders in humans: Epidemiological studies of fertility showed no clear associations between RF-EMF exposure and reproductive or developmental disorders in women or men. We had very low confidence in all effect estimates, and the evidence base is therefore very uncertain. The evidence base is also very uncertain for effects on sperm in men.

Fertility and developmental disorders in experimental animals: RF-EMF exposure was often high in animal studies. Exposure below that which causes documented heating effects probably results in little or no difference in fertility in male animals. The evidence base is uncertain or very uncertain for most outcomes.

RF-EMF exposure may possibly cause a small increase in resorbed fetuses/abortions and malformations in experimental animals, again with many studies involving high exposure. RF-EMF exposure of the mother below levels expected to cause thermal effects will probably result in little or no difference in foetal weight, foetal length, and brain size in offspring, and possibly no difference in fertility in offspring.

Cognitive effects in humans: No effects could be related to mobile phone or base station exposure based on assessment of four cohorts. RF-EMF exposure may possibly not change the risk of cognitive effects assessed in epidemiological studies.

One systematic review assessed 76 studies of experimental RF exposure and cognitive functions in children and adults lasting up to five hours. The review found consistent results for most outcomes, with effect estimates showing no measurable effects. RF-EMF exposure results in no altered risk of cognitive effects in experimental studies.

Behavioural tests in animals and humans showed some significant effects in offspring after exposure of the mother, but the results had very low confidence. The evidence base is therefore very uncertain.

Physiological measurements in humans (such as EEG, pulse, heart rate) showed no effects, but the evidence base is very uncertain due to few and methodologically weak studies.

Self-reported symptoms and EMF exposure: Cohort studies with one year or more of follow-up showed no or non-significant associations between symptoms and modelled exposure.

However, they showed a relationship between participants' symptoms and their self-perceived exposure. The effect estimates for all measured outcomes were assigned very low confidence; the evidence base from cohort studies is therefore very uncertain.

Crossover studies with very short follow-up did not show increased reporting of non-specific symptoms when participants were blinded to exposure status, whereas open exposure increased the likelihood of self-reported symptoms.

Perception studies showed that neither people who defined themselves as EMF-sensitive nor those who did not could distinguish between RF exposure and no exposure.

Outcomes with confidence ratings in the experimental studies further showed that:

- RF-EMF exposure results in no altered risk of reporting headache or non-specific symptoms after whole-body exposure (high confidence).
- RF-EMF exposure probably results in no altered risk of reporting headache or sleep problems after head exposure (moderate confidence).
- RF-EMF exposure may possibly result in no altered risk of reporting sleep problems after whole-body exposure (low confidence).

The evidence base is very uncertain (very low confidence) for the association between non-specific symptoms and head exposure, but only small, non-significant effects were observed.

Mechanistic studies have not provided explanatory models for possible non-thermal cellular effects or established reliable biomarkers for EMF (4 reviews, of which 1 had low risk of systematic error). The evidence base here is very uncertain due to highly inconsistent results.

Discussion

For each health effect, the results were taken from the most recent and best systematic review, but the result cannot be of higher quality than the primary studies on which it was based. A high proportion of primary studies had unclear exposure measurements and problems with study design. Many reviews included few high-quality studies and therefore concluded that the evidence base was very uncertain.

Overall, the systematic reviews point to consistently negative or inconsistent findings, with moderate to high confidence for several key outcomes. Although further high-quality research may be useful in areas where confidence is low, the overall body of evidence today indicates that it is unlikely that RF-EMF has health effects beyond thermal mechanisms.

Forord

Folkehelseinstituttet (FHI) fikk i juni 2022 i oppdrag av Helsedirektoratet (Hdir) og Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) å utarbeide en kunnskapsoppsummering over forskning om svake radiofrekvente elektromagnetiske felt. Formålet var å vurdere om det var kommet til ny kunnskap om mulig helserisiko ved dagens bruk av trådløs kommunikasjonsteknologi på grunnlag av tilgjengelig forskning etter 2012.

Oversikten ble først fullført sommeren 2025 fordi sentrale systematiske oversikter initiert av WHO/IARC først ble publisert høst 2024/vår 2025.

Kunnskapsoppsummeringen er skrevet for beslutningstakere i helsevesenet og strålevernet, samt for primærhelsetjenesten og andre interesserte.

FHI, følger en felles framgangsmåte med kunnskapsoppsummeringer, dokumentert i FHIs håndbok «Slik oppsummerer vi forskning». Det innebærer blant annet at vi bruker standardformuleringer når vi beskriver metode, resultater og i diskusjon av funnene.

Finansiering

HDIR og DSA finansierte deler av oppsummeringen, men hadde ingen rolle i utarbeidelsen av oppsummeringen.

Bidragstakere

Forfatter: Tuyet Anh Pham, lege, spesialist i arbeidsmedisin, ph.d.

Prosjektleder, forfatter: Dag Eide, veterinær, forsker, ph.d.

Takk til eksterne fagfeller Gunnar Brunborg (selvstendig konsulent), Dag Anders Brede (NMBU, Ås), Gunnhild Oftedal (NTNU) og interne fagfeller Hildegunn Dahl (ph.d., Avd. for kjemikalietoksikologi), Gunn Vist (seniorforsker (ph.d.), Klynge for vurdering av tiltak) som har gitt innspill til kunnskapsoppsummeringen.

Hildegunn Dahl og Gunnhild Oftedal kom med svært konstruktive innspill til endelig disponering og kvalitetssikring av rapporten.

Oppgitte interessekonflikter

Alle forfattere og fagfeller har fylt ut et skjema som kartlegger mulige interessekonflikter. Ingen oppgir interessekonflikter. Folkehelseinstituttet tar det fulle ansvaret for innholdet i rapporten.

Christine Instanes
områdedirektør

Ragnar Hovland
avdelingsdirektør

Dag Eide
Prosjektleder

Innledning

Beskrivelse av problemet

Radiofrekvenser (RF-EMF) er elektromagnetiske felt i frekvensområdet 100 kHz til 300 GHz. De fysiske egenskapene til elektromagnetiske felt i dette området gjør dem godt egnet til kommunikasjon med lav intensitet og energi. Radiofrekvente elektromagnetiske felt har blitt tatt i bruk til stadig flere oppgaver innen telekommunikasjon, medisin, industri, sikkerhet og navigasjon. Teknologien har utviklet seg raskt med nye generasjoner av mer effektive bruksenheter og kommunikasjonsmetoder. Innføringen av den femte generasjon av teknologien, 5G, har skapt debatt om en mulig helserisiko (de Vocht & Albers, 2022).

Radiofrekvente EMF har kjente helseeffekter som følge av oppvarming av celler og vev (termiske effekter). Internasjonale og nasjonale retningslinjer og grenseverdier er fastsatt basert på slike termiske effekter. Diskusjonen om RF-EMF og helse dreier seg i hovedsak om at grenseverdiene ikke er satt med hensyn til mulige ikke-termiske effekter. Den ovennevnte FHI rapporten fra 2012 konkluderte med at det ikke var holdepunkter for helseeffekter som følge av ikke-termiske effekter av RF-EMF.

Siden 2012 har kunnskapsgrunnlaget økt, teknologien har utviklet seg, samt at observasjonstiden for mulige helseeffekter har økt. Trådløs teknologi brukes nå i langt flere sammenhenger, og ny teknologi er innført som 5G og smartmålere. Andre «smarte» trådløse objekter tas i bruk som en del av IoT – Internet of Things. Ny teknologi har skapt nye spørsmål. Problemstillinger knyttet til helserisiko og eksponering av RF-EMF har hatt stort fokus blant interessegrupper, forskere og offentlige organer. WHO, EU og flere internasjonale og nasjonale ekspertkomiteer har kommet med EMF-rapporter siden 2012, samtidig som forskningen på feltet har vært omfattende. WHO identifiserte i 2018 i samarbeid med internasjonale RF-eksperter 10 prioriterte tema om RF-EMF og helse, metoden er beskrevet av Verbeek et al. (Verbeek et al., 2021). Hvert tema skulle utgjøre en egen rapport, og forskergrupper ble etablert for å gjennomføre disse¹. I denne rapporten har vi brukt kunnskapsoppsummeringsverktøy utviklet siden 2012 som gjør at vi har kunnet analysere forskningsresultatene på en mer systematisk måte. Dette gjør at konklusjonene i større grad baserer seg på forskning av best mulig kvalitet, med mindre risiko for bias og andre metodesvakheter. I tillegg gir metaanalyser et gjennomsnittlig mål for risiko rapportert i enkeltstudier.

¹ [https://www.who.int/news-room/articles-detail/call-for-expressions-of-interest-for-systematic-reviews-\(2019\)](https://www.who.int/news-room/articles-detail/call-for-expressions-of-interest-for-systematic-reviews-(2019))

EMF-eksponering i radiofrekvensområdet

Elektromagnetiske felt (EMF) består av både elektriske og magnetiske komponenter. Sammen gir dette elektromagnetiske bølger. Det elektriske feltet dominerer over det magnetiske feltet i radiofrekvens-området (RF-EMF) og det elektriske feltet er den primære driveren av elektromagnetisk interaksjon med for eksempel antenner og biologisk materiale.

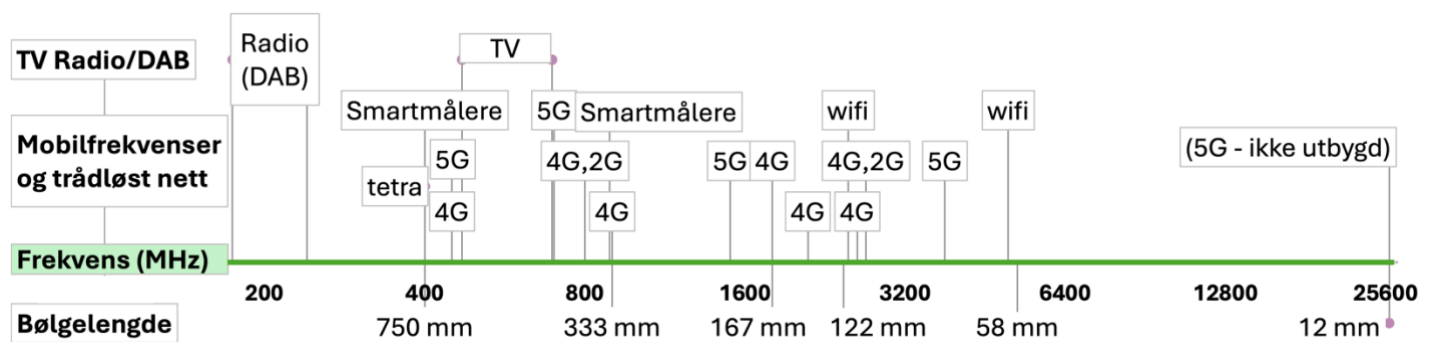
Man tar likevel hensyn til magnetfeltet når kilden til RF-EMF (typisk en mobiltelefon) er meget nær objektet som påvirkes (et øre eller et måleinstrument), det kalles nærfelt i motsetning til fjernfelt lengre bort fra senderen.

I de senere årene har trådløse kommunikasjonssystemer blitt storstilt utbygd med flere radiosendere, bedre dekning, høyere hastighet og flere funksjoner på de mobile tjenestene. For å ta i bruk flere og raskere tjenester har frekvensområdet blitt utvidet mot høyere frekvenser og kortere bølgelengder, mens eksponeringsnivået ikke har endret seg mye. Samlet eksponering utendørs utgjør i de aller fleste tilfellene under 1 ‰ av grenseverdiene anbefalt av ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (ICNIRP, 2020a). De viktigste faktorene som påvirker eksponeringen er: avstand fra antennen (i en mobiltelefon, WiFi-ruter eller basestasjon), effekten fra senderen (som kan variere i tid), frekvensen, antennens senderetning, antennens plassering og antall antenner.

Egen mobiltelefon er hovedkilden til personlig eksponering. Prosentandelen med tilgang til mobiltelefon, økte fra 57 % i 2012 til 96 % i 2020 (Statista, 2024). Det indikerer at flere blir eksponert for RF-EMF. Samtidig har teknologi som 3G, 4G og 5G, med stadig forbedret adaptiv effektstyring, gjort at eksponeringen fra telefonene i dag bare er en hundredel eller mindre i forhold til GSM (2G) (IARC 2013).

EMF innen radiobølgefrequensene – RF-EMF – stammer primært fra trådløse kommunikasjonssystemer. Mobiltelefoner kommuniserer i frekvensområdet fra 400 MHz til 26 000 MHz (26 GHz). Figur 1 Radiofrekvenser i bruk til de mest utbredte kommunikasjonsteknologier i 2024 viser at kommunikasjonsteknologier stort sett bruker de samme frekvenser, her er det ingen forskjell mellom 2., 3., 4. og 5. generasjons teknologi. 5G kan riktig nok anvende høyere frekvenser, men det er ikke utbredt i Norge i dag (2025) fordi rekkevidden er kort og krever ekstra infrastruktur som «små celler»¹.

¹ "Små celler" er laveffekts basestasjoner med kort rekkevidde (typisk 10-100 meter) som monteres tett og lavt (f.eks. på lyktestolper eller husvegger) for å gi høykapasitets 5G-dekning i tettbebygde områder.



Figur 1 Radiofrekvenser i bruk til de mest utbredte kommunikasjonsteknologier i 2024

Bidraget fra de ulike kildene til RF-EMF-eksponering er modellert i Tabell 1 (Van Wel et al., 2021) ut fra undersøkelser i 5 europeiske land. Estimerte verdier er beheftet med stor usikkerhet, men viser at nærfelt bidrar med nesten 10 ganger mer eksponering enn fjernfelt. GSM telefoner (2G) bidro med nesten 90 % av eksponeringen på hjerne, og 6 ganger så mye som 3G telefoner.

Målinger av personlig miljøeksponering for RF-EMF ($\mu\text{W}/\text{m}^2$, effektetthet) ble målt hos 529 barn (alder 8–18 år) i Danmark, Nederland, Slovenia, Sveits og Spania ved bruk av bærbare personlige måleinstrumenter, inkludert GPS (Birks et al., 2018). Dagbøker og spørreskjemaer ble brukt for å registrere aktivitet, bruk av håndholdte enheter og nærhet til andre RF-kilder.

Resultatene viste at median total personlig RF-EMF-eksponering var $75,5 \mu\text{W}/\text{m}^2$. Det er <100 000 ganger lavere enn grenseverdiene på 8-10 W/m^2 . Nedlink (fra basestasjoner) var den største bidragsyteren (median: $27,2 \mu\text{W}/\text{m}^2$), etterfulgt av kringkasting ($9,9 \mu\text{W}/\text{m}^2$). Opplink (fra mobiltelefoner) var lavere ($4,7 \mu\text{W}/\text{m}^2$), mens Wi-Fi og trådløse telefoner bidro svært lite til totalnivået. Eksponeringen var høyere på dagtid enn om natten, litt høyere i helger enn på hverdager, høyest når barna var utendørs eller på reise, og mye lavere hjemme eller på skolen. Barn i byen hadde høyere eksponering enn de på landet. Eldre barn og mobilbrukere hadde høyere eksponering fra opplink, men ikke høyere total eksponering, sammenlignet med yngre barn og dem som ikke brukte mobiltelefon.

Dette er tall fra 2016 da GSM fremdeles var i bruk. I dag har 4G og 5G har tatt over, som gir 10-100 ganger mindre eksponering fordi teknologien gir mulighet for lavere effekt ut. Samtidig har bruken av smarttelefoner økt i takt med stadig mere aktiv opp- og nedlastning av data. Til tross for usikkerheten med 9 år gamle data, kan vi fremdeles anta at egen bruk av skjerm og samtale gir høyere eksponering enn miljømessig eksponering, selv om Birks (2018) ikke viste en vesentlig forskjell i totalbidraget.

Tabell 1 Samlet absorbert energi fra RF-EMF fra ulike teknologier (Van Wel et al., 2021)

Kilde til eksponering		Eksponering til hele kroppen (mJ/Kg/døgn)		Eksponering til hjerne (mJ/Kg/ døgn)	
		Median (5 % til 95 % kvantil)	Gjennomsnitt	Median (5 % til 95 % kvantil)	Gjennomsnitt
Samlet eksponering		183,7 (80,1-867,3)	290,4	204,4 (85-3323,7)	810,5
Nærfelt, samlet		98,7 (5,3-756)	199,3	105,1 (5,1-3235,1)	719,6
	2G telefon nær hodet (GSM)	5,3 (0-236,8)	49	70,4 (0-3168,7)	656,1
	3G telefon nær hodet	0,1 (0-3,9)	0,8	1,2 (0-51,9)	10,7
	Trådløs telefon nær hodet	0,3 (0-2,4)	0,9	4,5 (0-31,9)	11,9
	Mobiltelefon m/hodesett	0 (0-343)	37,9	0 (0-1,5)	0,2
	Mobiltelefon, data	4,1 (0-224,5)	46,5	2,2 (0-112,4)	23,9
	Nettbrett	0,2 (0-212,8)	42,6	0 (0-59,3)	13,3
	Laptop	4,9 (0-77,8)	20,5	0,6 (0-10,1)	2,2
	IoT ¹ , som smartklokker	0 (0-2,9)	≈ 1	0 (0-0)	1,2
Nær-fjernt: WiFi-rutere		28,3 (28,3-28,3)	28,3	13,6 (13,6-13,6)	13,6
Fjernfelt, samlet		56,6 (29,6-124)	62,8	68,4 (36,1-121,8)	77,3
	Nedlasting	24,1 (8,3-42,2)	24,1	37,1 (11,3-52,9)	33,1
	Opplasting	15,7 (10,1-23,3)	15,9	22,6 (15,3-29,6)	21,6
	TV, Radio	12 (4,9-53,6)	19,2	7,7 (2,6-16,8)	8,2
	WiFi	1,9 (1-2,5)	1,7	1,4 (0,7-1,8)	1,3

Biologiske effekter av RF-EMF

EMF kan beskrives ved hjelp av fotoner, en elementærpartikkel uten masse eller ladning, men med en definert energimengde. Foton-energien i EMF dekker oftest et stort spekter som til sammen gir strålingen sin karakteristiske frekvensfordeling. Det skilles mellom ioniserende (ved høye energinivåer, for eksempel gamma- og røntgenstråling), og ikke-ioniserende stråling ved lavere fotonenerginivåer. EMF er ikke-ioniserende stråling. Enkeltfotoner fra ikke-ioniserende bølger har for lav energi til å ionisere biologisk materiale. Det elektriske feltet gir oppvarming.

¹ IoT (Internet of Things/Tingenes internett) er et nettverk av fysiske gjenstander utstyrt med sensorer, programvare og annen teknologi som gjør dem i stand til å koble seg til og utveksle data med andre enheter og systemer over internett.

Oppvarming

Ved frekvenser i området vi bruker til kommunikasjon vil oppvarming være den viktigste biologiske effekten. Oppvarmingen skjer fordi det elektriske feltet opptrer som bølger som vibrerer molekyler og bevegelsesenergien omgjøres til varme. Mikrobølgeovner bruker dette prinsippet for oppvarming med en frekvens nær WiFi-området. Radiofrekvens-feltene (RF) vi utsettes for fra kommunikasjonsteknologi er svært svake. De gir i praksis ingen eller meget liten oppvarming sammenlignet med naturlig døgnvariasjon i kroppstemperatur, og langt mindre enn det man opplever når man driver fysisk arbeid eller trening. Eksitasjon av nervevev kan skje ved langt høyere energinivåer.

Diatermi, oppvarming av kroppsvev med RF-EMF, har blitt brukt i rehabiliteringsmedisin for å lindre ledd- eller muskelsmerter. Oppvarmingen til omtrent 40°C gir gunstige effekter på ledd- og muskelsmerter. RF-oppvarming har i tillegg vært brukt til kreftbehandling siden 1970-tallet, oftest i kombinasjon med annen terapi. Kreftceller er ikke alene om å være varmefølsomme, alle celler som deler seg hyppig kan bli midlertidig skadet av temperaturøkning og sædceller er spesielt følsomme.

Grenseverdier, energiavsetning (SAR) og feltstyrke

Grenseverdiene for radiofrekvenser baserer seg på den energi som EMF avsetter i biologisk vev i form av oppvarming. Det benyttes en standard for mål på energiavsetning fra EMF til vevet: Spesifikk energiabsorpsjonsrate (Specific Absorption Rate, SAR). Verken temperatur eller SAR er enkelt å måle i vev, i alle fall ikke hos mennesker. SAR kan estimeres (simulering) eller måles i for eksempel fantomer, og det er en nær sammenheng mellom SAR og temperaturøkning. SAR måles i watt per kilogram (W/kg) og beskriver hvor mye elektromagnetisk effekt som absorberes i vev per masseenheter. Verdien varierer mellom ulike vev og organer, avhengig av ledningsevne, tetthet og eksponeringsgeometri.

Grenseverdier foreslås av ICNIRP, og blir tatt inn i regelverket i Norge og en del andre land. ICNIRP har satt en grense for allmenn eksponering av hode/torso-regionen på SAR = 2 W/kg (10 g vev, gjennomsnitt over 6 min) (ICNIRP, 2020a). Tilsvarende gjelder 1,6 W/Kg for 1g vev, for FCC (USAs teletilsyn) (FCC, 2019). Alle mobil-produsenter forholder seg til disse grenseverdiene. 2°C økning anses som skadelig oppvarming ved lokal eksponering av bl.a. hode. Sikkerhetsfaktoren på 2 sikrer at oppvarmingen blir lavere.

Det norske regelverket følger ICNIRP, og detaljer for eksponeringsgrenser i arbeidslivet leses i Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier (Lovdata, 2017). Siden forskriften gjelder yrkeseksponering og ikke befolkningseksponering, gjengir den høyere tall enn nevnt over.

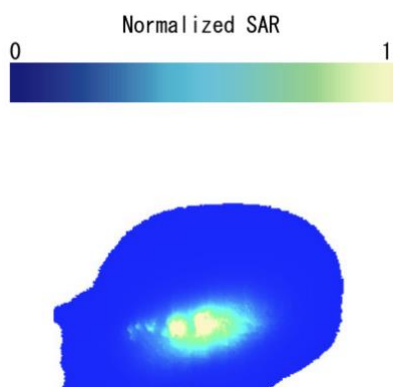
Grenseverdiene for generell eksponering av befolkningen som blir eksponert for hele døgnet, blir beregnet for hele kroppen: SAR = 0,08 W/Kg.

Det finnes også to andre mål som angir styrken på EMF: Feltstyrke (V/m) og effektetthet (W/m²). Disse er enklere å måle og kan brukes til å måle individuell eksponering ved hjelp av personlige monitorer/måleinstrumenter. Av denne grunn ser man ofte feltstyrke og effektetthet oppgitt i publikasjoner. Disse målene er eksterne mål på feltet man befinner seg i, ikke et kroppsinternt mål på *effekten* som er overført til vevet. V/m- og W/m²-verdiene kan

dermed ikke direkte assosieres med biologisk effekt. Det finnes tilsvarende grenseverdier for feltstyrke (V/m) og effekttetthet (W/m²) som for SAR (Lovdata, 2017).

SAR-beregninger vil gi en direkte kobling til mulige biologiske effekter. Dette sjelden mulig i observasjonsstudier av mennesker som bruker enklere eksponeringsmål som for eksempel total kumulativ varighet av mobilsamtaler for en person eller kumulativt antall samtaler. Slike mål ble brukt i de fleste epidemiologiske oversiktene i denne rapporten, selv om disse målene ofte er beheftet med feilmarginer og stor risiko for bias.

Forfattere av systematiske oversikter har slått sammen ulike eksponeringsmål i primærstudiene for å beregne samlet eksponering i humane observasjonsstudier. Dette har blitt gjort ved å kombinere så gode som mulige eksponeringsdata med numeriske simuleringer. Et par oversikter i denne rapporten har beregnet samlet eksponering ved å slå sammen informasjon på flere nivåer, som for eksempel kumulativt antall telefonsamtaler med simulert miljøeksponering ut fra plassering av rutere og sendere.



SAR-verdien er forskjellig for ulike deler av kroppen (Wake et al., 2009). Lyse felt betyr høyest SAR-verdi. Modellerte SAR-verdier for 2G/GSM mobiltelefon (835MHz) viser svært fokuserte SAR-verdier nær telefonen. For 1800MHz-telefoner er estimatene 1/5 av SAR-verdiene som vises her (Cardis et al., 2011) og ved høyere frekvenser opp til 10GHz vil feltene bli betraktelig mindre.

Selv om grenseverdiene er fastsatt ut fra varmeeffekt, er det ingen rådgivende eller regulatoriske myndigheter som avviser muligheten for at det finnes ikke-termiske effekter. Derfor understreker ICNIRP (2020a): *For å bestemme grenseverdiene vurderes tegn på uheldige helseeffekter som oppstår fra alle radiofrekvente EMF-eksponeringer, inkludert de som refereres til som «lavt nivå» og «ikke-termiske», og slike som har uavklart mekanisme.*

Metodeproblem ved eksperimentelle EMF-studier

Et viktig prinsipp i toksikologiske eksperimenter er at studiene skal inkludere høye doser, oftest urealistisk høye. Dersom studiet ikke viser noen effekt av slik høy eksponering, er det svært usannsynlig med toksikologisk virkning. Dette prinsippet er ikke helt anvendbart for vår problemstilling fordi varmeeffekter ved høye eksponeringer ikke er relevante for eksponeringsnivåene vi vil undersøke.

Sentralt ved vurdering av eksperimentelle EMF-studier i mennesker, dyr og cellekulturer er om det observeres effekter som ikke kan tilskrives oppvarming ved høy eksponering.

Eksperimenter må derfor dokumenteres tilstrekkelig for å utelukke at mulige effekter skyldes virkningen av oppvarming, kombinert med flere nivåer av eksponering som er relevant for human eksponering.

Mål og problemstilling

Oppdraget var å vurdere om det foreligger ny forskning som sannsynliggjør mulige helseeffekter ved eksponering for RF-EMF som kan tilskrives eksponering under grenseverdiene.

I tråd med tradisjonell hypotesetesting betyr det å finne ut om følgende hypotese har støtte i vitenskapelig holdbare data:

HYPOTESE (H_A): Eksponering for EMF-RF under grenseverdiene medfører en risiko for negative helseeffekter

NULLHYPOTESE (H_0): Eksponering under gjeldende grenseverdier medfører ikke en økt risiko for negative helseeffekter

For å bekrefte hypotesen (H_A) må det finnes *minst én* sammenheng mellom RF-EMF og helseutfall som konkluderer med «evidens for negativ helseeffekt». Hvis H_A forkastes for alle definerte utfall, blir nullhypotesen (H_0) stående, og dagens grenseverdier vurderes som tilstrekkelige.

Å fastslå en årsakssammenheng krever omhyggelig overveielse av ulike kriterier, som tidsrekkefølge, styrke av assosiasjon, biologisk gradient (dose-respons), biologisk rasjonalitet og konsistens i resultater.

Noen viktige presiseringer: Hypotesen gjelder eksponeringer under grenseverdi – og ikke om RF-EMF ved *alle* eksponeringsnivåer medfører helserisiko. Det er kjent at RF-EMF-eksponering fører til oppvarming som kan gi økt risiko for helseskade. Grenseverdiene er fastsatt ut ifra et nivå som vi antar kan gi helseskade, med sikkerhetsmarginer. Derfor er nivåene som er vist å gi skade, høyere enn grenseverdiene. Litt over grenseverdiene er det ikke påvist skade

Hypotesen er ikke at RF-EMF har *antatte* helseeffekter og at rapporten skal finne bevis for at RF-EMF *ikke* har helseeffekt. For å kunne konkludere slik måtte vi ha snudd på beviskravet, slik at nullhypotesen (H_0) ble at det er helseeffekter, mens hypotesen (H_A) ble at det ikke fins helseeffekter under grenseverdiene.

Metode

Protokoll

Kunnskapsoppsummeringen ble gjennomført i tråd med protokollen¹. Protokollen ble avklart med oppdragsgiverne (Hdir og DSA) og sendt ut til eksterne i fagmiljøet og interessegrupper før oppsummeringen ble utført. Etter innspillene ble det gjort justeringer i søkestrategien og rapporteringsformatet.

Paraplyoversikt

Rapporten er en paraplyoversikt over andre forfatteres systematiske oversikter ved bruk av systematisk metodikk. En paraplyoversikt skal sammenstille tilgjengelige systematiske oversikter og ut fra dem vurdere evidens for helseeffekter. Viktige prinsipper for systematisk analyse/metodikk er at alle trinn og vurderinger gjort underveis er gjennomsiktede og etterprøvbare.

En paraplyoversikt har både sterke og svake sider (Belbasis et al., 2022):

Styrker:

- gir et fugleperspektiv på metoder og problemstillinger som vurderes av forskningsmiljøene
- sparer tid fordi antallet primærstudier er meget stort²
- bygger på andre forskeres vurderinger
- identifiserer kunnskapshull og sier dermed noe om behovet for mer forskning og hva som antakelig er godt nok studert
- gir en oversikt over studiekvalitet, effektstørrelse, heterogenitet (sprik mellom resultater), og peker på skjevhet (bias) som fins innen feltet
- sammenligner styrken av effektestimatene for ulike utfall

Svakheter:

- kvaliteten av paraplyoversikten blir ikke bedre enn de systematiske oversiktene som blir brukt
- går glipp av utfall som ikke har blitt vurdert av andre forskere

¹ <https://www.fhi.no/contentassets/8d95f611f3df4e2eae1fc7ff98d06440/revidert-prosjektplan-emf.pdf>

² De WHO-initierte oversiktene tok rundt 4 år å skrive.

- problemer og skjevheter i både primærstudier og oversikter kan være kompliserte og vanskelige å finne ut av
- ofte må man uansett lese og vurdere primærstudier

Anbefalingene til Kolaski (2023) om å bruke verktøyene PRISMA, ROBIS og GRADE for paraplyoversikter ble fulgt (Kolaski et al., 2023). Metoden er nærmere beskrevet på fhi.no i [Slik oppsummerer vi forskning - FHI](#)

Inklusjonskriterier – oversikter som skal vurderes

Følgende inklusjonskriterier ble brukt i paraplyoversikten:

Populasjon	Mennesker, dyr, celler
Eksposering	Eksposering for RF-EMF på alle nivåer, men må inkludere verdier som er under eller nær grenseverdiene til ICNIRP. RF-EMF er her definert som radiobølger mellom 10 MHz og 300 GHz – også kalt RF-EMF.
Sammenligning	Bakgrunnseksposering/ingen eksposering
Utfall	Alle helseutfall i mennesker og dyrestudier. Alle cellulære og molekylære mekanismer som kan føre til et helseutfall.
Studiedesign	Systematiske oversikter som har søkt i flere enn to databaser med klare inklusjonskriterier og som har vurdert risiko for skjevheter i de inkluderte studier.
Publikasjonsår	2012-2025
Land/Kontekst	Ingen begrensninger
Språk	Engelsk, norsk, dansk, svensk, nederlandsk, tysk, fransk, spansk

Litteratursøk i henhold til protokoll

Ut ifra inklusjonskriteriene ble det satt opp en søkeprofil.

Søk i databaser

Bibliotekarene Astrid Nøstberg og Ragnhild Agathe Tornes utarbeidet en søkestrategi (Vedlegg 1) i samarbeid med prosjektgruppen. De utførte også søkene. Bibliotekar Bente Foss fagfellevurderte søkestrategien. Søket ble sist oppdatert i september 2024 og inkluderte søk i følgende databaser: Web of Science, Ovid MEDLINE, Embase, Cochrane Database of Systematic Reviews, Epistemonikos, EMF-portal.

Søk i andre kilder

Vi gjennomførte i tillegg søk på nettsidene til relevante institusjoner og organisasjoner som WHO, EU, Strålsakerhetsmyndigheten, Health Canada, ICNIRP og National Institute of Health. Referanselister og artikler som dukket opp ved oppslag på internett, særlig Scopus og PubMed, ble også vurdert. Dette kunne være forslag fra websidene eller lister over «cited by» som plukker opp nyere aktuelle publikasjoner (ikke systematisk).

Vi søkte ikke i grå litteratur (vitenskapelig litteratur som ikke er fagfellevurdert). Flere referanser fra EMF-portal var utilgjengelige, men titlene tilsa at dette ikke var systematiske oversikter. Vi vurderte også referanser fra relevante rapporter fra internasjonale ekspertgrupper, institusjoner og organisasjoner.

Vi brukte Zotero til å registrere referansene til websider, og overførte disse som RIS-filer til EPPI-reviewer¹.

Litteratursøk nødvendige for å vurdere bias i oversikter

I mange tilfeller ble primærlitteraturen som var brukt i oversiktene, vurdert for å kontrollere rådata og rådata-kvalitet. Litteratursøkene beskrevet i oversiktene ble gjort av oss (ikke biblioteket) dersom vi var usikre på om søkeprofilen i oversiktene var tilstrekkelig omfattende.

Eksklusjonskriterier – oversikter som ikke skal vurderes

Det ble på forhånd definert hvilke typer studier og publikasjoner skulle ekskluderes:

- oversiktsartikler som ikke studerer sammenhengen mellom RF-EMF og helseutfall
- publikasjoner/oversikter som ikke tilfredsstiller kriteriene for systematiske oversikter
- publikasjoner/oversikter som mangler beskrivelse av eksponering og uten noen form for dosimetri, manglende beskrivelse av eksponerte grupper og kontrollgrupper
- publikasjoner/oversikter om RF-EMF som terapiform

Avvik fra protokollen

Inklusjon av ikke-systematiske oversikter Under prosessen ble det klart at enkelte utfall av interesse, og som var med i FHI (2012) rapporten og andre offentlige rapporter, ikke ville bli dekket av systematiske oversikter. Derfor ble enkelte oversikter av lavere kvalitet inkludert for å kunne belyse enkelte tema som ikke ble dekket av gode systematiske oversikter.

Det ble satt følgende krav til disse tilleggs-oversiktene:

- skulle omhandle minst to eller flere endepunkt der det forelå få/ingen/svake systematiske oversikter
- var fagfellevurdert (peer reviewed)
- hadde mer enn 1 forfatter

Utvelgelse av studier

Vi (DE, TP) vurderte i første runde litteratursøkene på grunnlag av titler og sammendrag opp mot inklusjonskriteriene («screening»). Inklusjonskriteriene ble pilotert på de 75 første studiene for å sikre at vi hadde en felles forståelse av kriteriene. Endelig utvelgelse ble gjennomført i henhold til PRISMA¹ anbefalingen:

- screening på tittel og abstracts -> valg av oversikter til full gjennomlesing
- full gjennomlesing -> valg av oversikter til grundig vurdering. Kun disse studiene er dokumentert i Vedlegg 3 Ekskluderte studier

Vi (DE, TP) gjorde uavhengige vurderinger av oversikter vurdert i full tekst opp mot eksklusjons- og inklusjonskriteriene. Uenighet om vurderingene ble løst ved konsensus.

Risiko for systematiske skjevheter i oversikter (ROBIS)

ROBIS (Whiting et al., 2016) ble brukt for å vurdere risiko for systematiske skjevheter i de inkluderte systematiske oversiktene etter full-tekst vurdering. Systematiske skjevheter er

¹ PRISMA = Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

metodefeil som gir resultater som kan føre til overestimering eller underestimering av den sanne effekten av en eksponering (effekttestimatet).

I følge ROBIS-skjemaet vurderte vi om oversikten fulgte forhåndsdefinerte mål ifølge en protokoll, inklusjons-/eksklusjonskriterier og om disse kriteriene var tydelige, relevante og hensiktsmessig avgrenset for problemstillingen. Videre ble søkestrategien gjennomgått med hensyn til omfang (antall og type databaser), bruk av supplerende kilder (grå litteratur, referanselister), søkeord og eventuelle begrensninger i språk, dato eller publikasjonstype. Utvelgelsen av studier ble kontrollert for om den ble utført av minst to uavhengige personer, og om eventuelle uenigheter ble avklart med tredjepart. Dersom vi vurderte at sentrale primærartikler var utelatt i en oversikt, ga vi anmerkning. Vi vurderte for eksempel at oversikter over epidemiologiske studier som utelukket kohortstudier, fikk trekk i ROBIS.

Ved datainnsamlingen ble det vurdert om prosedyrene reduserte risiko for feil (dobbel uavhengig registrering), om relevante studiekjennetegn var tilstrekkelig dokumentert (for eksempel PECO-elementer), og om alle nødvendige resultater ble inkludert i syntesen. Vi sjekket om risiko for bias i de inkluderte primærstudiene ble vurdert ved bruk av anerkjente verktøy (som OHAT) og om vurderingene ble gjort uavhengig av minst to fagpersoner.

Vi vurderte om syntesen omfattet alle relevante studier og analyser fulgte protokollen, om heterogenitet og publikasjonsbias ble drøftet (for eksempel gjennom sensitivitets- eller undergruppeanalyser), og om tolkningen av funnene tok høyde for eventuelle svakheter i de inkluderte studiene og i selve oversikten. Det ble også vurdert om konklusjonene var konsistente med datagrunnlaget og ikke bare rapporterte, eller la for stor vekt på, statistisk signifikante funn.

Ved hvert vurderingspunkt svarte vi ja (J), antakelig ja (aJ), antakelig nei (aN), nei (N) eller ingen informasjon (–), deretter konkluderte vi med Høy, Uklar eller Lav risiko for bias i ROBIS ved å veie svarene mot hverandre. Vurderingen var uavhengig av utfall/endepunkt, men det var ikke alltid like lett å komprimere alle ROBIS-scoringene til de 3 nivåene fordi ikke alle vurderingspunkter (J, aJ, aN, N, —) kan veie like tungt.

Dersom flere oversikter vurderte de samme primærstudiene, men endte opp med ulike effektestimater, sammenlignet vi referanselister og leste primærstudiene. Ofte skyldtes slik diskrepans at det ble brukt forskjellig vektning i metaanalysene, og var lite problematisk. Andre ganger var det brukt feil tall i oversikten, da vurderte vi om dette hadde gitt utslag i metaanalysen som gjorde at vi måtte forkaste effekttestimatet eller hele oversikten.

2 medarbeidere (DE, TP) gjorde vurderinger basert på ROBIS uavhengig av hverandre, og disse ble sammenstilt med samarbeidsfunksjonen i det elektroniske verktøyet EPPI (blindet vurdering). Uenighet om vurderingene ble løst ved diskusjon med en tredje person (HD).

Vedlegg 2 lister opp ROBIS-vurderingene for de endelig inkluderte oversiktene.

Vedlegg 3 lister opp ekskluderte studier med eksklusjonsgrunn etter full-tekst-vurdering. Mange av disse har blitt vurdert med ROBIS og deretter blitt ekskludert.

Uthenting av data

Én prosjektmedarbeider hentet ut data fra de inkluderte studiene og den andre kontrollerte dataene opp mot publikasjonen. Følgende data ble hentet ut:

- bibliografiske data om publikasjonen
- datoen for litteratursøket (dersom det var fra en webside)
- antall og typer av studier inkludert
- antall og karakterisering av studiedeltakere
- type eksponering, nivå og tid
- type og innhold i sammenligning
- helseeffekter gruppert etter hovedkategorier av utfall
- resultater

Uenighet ble løst ved konsensus. Data ble lagret i Excel-tabeller.

Tillit til effektestimatene (GRADE)

Med ROBIS vurderte vi risiko for bias for den systematiske litteraturgjennomgangen og om oversiktene var dekkende for primærlitteraturen om problemstillingen. Vi vurderte at ROBIS også var et tilstrekkelig verktøy for vurdering av kvalitet, da mange av spørsmålene gikk på fremstilling og rapportering som ikke direkte handlet om risiko for bias. Neste steg var å vurdere både bias og kvalitet på resultatene fra samlevurderingen av primærstudiene i oversikten.

For å vurdere tillit til effektestimatene (tallverdien rapportert for effektmålet i studien), ble verktøyet GRADE (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation) (Guyatt et al., 2011) brukt. Tillitsvurderingen gjelder samlet vurdering av et utfall, som for eksempel risiko for hjernesvulst. Høyest tillit har man til et resultat der flere gode studier viser noenlunde samme effektestimater med liten usikkerhet. Ettersom man vurderer primærstudier som varierer i kvalitet, metode og beregninger, brukes GRADE til å vurdere i hvilken grad resultatene gir grunnlag for en konklusjon om årsak og virkning for et utfall.

Graden av tillit til effektestimatene for hvert enkelt utfall deles inn i 4 nivåer, som merkes av med symboler for i oppsummering-av-funn-tabeller:

- Høy tillit, med symbolene ⊕⊕⊕⊕: effektestimatet ligger nær den sanne effekten
- Moderat tillit ⊕⊕⊕○: effektestimatet ligger *sannsynligvis* nær den sanne effekten
- Lav tillit ⊕⊕○○: effektestimatet ligger *muligens* nær den sanne effekten, men *kan* være vesentlig ulik den sanne effekten
- Svært lav tillit ⊕○○○: effektestimatet ligger *kanskje* nær den sanne effekten, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert

For å komme fram til en konklusjon på 1 av de 4 tillits-nivåene i GRADE, vurderer man 5 kriterier for studiene i oversikten som kan føre til nedgradering (Schünemann H, Brożek J, Guyatt G, Oxman A., 2013):

- risiko for systematisk bias (skjevhet) i artiklene (Risk of Bias, RoB, ofte forkortet til bare *bias* i teksten, B i tabellene)

- det fins mange verktøy for kvalitetsvurdering og risiko-for-bias-vurdering, avhengig av hvilken type studier som vurderes (eksperimentelle studier, dyrestudier, epidemiologiske studier)
- Eksempel på stor bias: sterke konklusjoner basert på mangelfull analyse og vurdering av utvalgte data som støtter en konklusjon, med dårlig beskrevet eksponering og eksperimentelt design
- inkonsistente resultater fra primærstudiene (inconsistency - K i tabellene)
 - Eksempel: dersom effekt/risiko-beregningene viser både signifikante positive og negative effekter, er det stor inkonsistens
- sparsomme data/manglende presisjon av data/vaghet (imprecision– P i tabellene)
 - Eksempel på lav presisjon: få studier med få deltakere med store konfidensintervall
- indirekte måling av et utfall (indirectness – D i tabellene)
 - Eksempel på indirekthet: sammenligningene rapportert er alle gjort på pasienter på fertilitetsklinikker, men konklusjonene omfattet hele befolkningen
- publikasjonsbias (formidlingsskjevhet, publication bias – b i tabellene)
 - Eksempel på publikasjonsbias: En overvekt av studiene presenterte signifikante funn, som i tillegg har andre Det er mer sannsynlig at studier med signifikante funn blir publisert enn ikke-signifikante (Jooper et al., 2012).

2 kriterier har blitt brukt til å oppgradere tillit (merket med O i tabellene):

- funn av dose-respons-sammenheng – effekter av eksponering viser en sammenheng med eksponeringsnivå som kan beskrives med en ikke altfor kompleks matematisk formel. Formelen må beskrive en kurve som er statistisk signifikant forskjellig fra en horisontal rett strek, og den må være vitenskapelig plausibel.
 - dose-respons – lineær eller kurvet – ut fra flere studier, er en sterk indikasjon på effekter
 - en U-formet eller L-formet dose-respons er ikke plausibel for RF-EMF-eksponering
- konsistente resultater på tvers av arter i dyreforsøk, ifølge OHAT (NTP-OHAT, 2019).
 - i dyreforsøk er liknende resultater fra flere arter (og begge kjønn) et viktig kriterium i risikovurderinger.

Ved vurdering av resultater fra kontrollerte eksperimentelle studier starter man oftest med høy tillit, før man vurderer detaljene med GRADE. Epidemiologiske studier (kasus-kontroll, kohort og tverrsnittstudier) er utsatt for risiko for systematiske skjevheter og starter derfor med *lav tillit* i henhold til GRADE-håndboka. OHAT¹ åpnet for å starte med *moderat tillit* for kohort og kasus-kontroll-studier, men ikke for tverrsnittstudier, de fleste WHO-sponsete oversiktene startet med moderat tillit til epidemiologiske studier (tverrsnittstudier ble kun unntaksvis vurdert). I epidemiologiske studier kan man justere for ikke-kontrollerbare forskjeller (konfunderende faktorer) mellom gruppene, men bare for de faktorene man allerede har registrert. I eksperimentelle studier skal man sørge for at alle konfunderende faktorer er

¹ OHAT er et verktøy for vurdering av bias i toksikologiske studier utviklet av USAs National Toxicology Program. Verktøyet er beregnet til bruk på alle typer studier, epidemiologiske, *in vivo* og *in vitro*. (NTP-OHAT, 2019)

kontrollert for. På den annen side kan man i dyrestudier få både ett og to trekk for indirektehet dersom relevansen for mennesker er lav, for eksempel ved irrelevante kreftformer hos rotte eller ekstremt høye eksponeringer. Få av forfatterne av oversikter over dyrestudier har gitt trekk for indirektehet, men de har i stedet konkludert med «utilstrekkelig evidens for helseeffekt».

Det ble fastsatt en tillit til effektestimatene ut fra GRADE/OHAT for hvert enkelt utfall i oversikter med samlede effektestimater fra metaanalyser. Oversiktene i WHO-serien inneholdt GRADE- vurderingen. Men de fleste tidligere oversikter hadde sjelden brukt GRADE, og vi gjorde GRADE selv. Der forfatterne selv gjorde vurdering i henhold til GRADE, ble den sitert og lagt inn i oppsummering- av-funn-tabellene (SoF-tabellene, se nedenfor). I noen tilfeller har vi re-vurdert forfatternes estimater og gitt en begrunnelse.

Vi har deretter konkludert med en formulering av tillit, retning, størrelse på effekten ifølge FHI's oversettelse av formuleringene i GRADE Guidelines 26 (Santesso et al., 2020). Stort sett har vi brukt «sannsynligvis» for å beskrive moderat tillit og «muligens» for å beskrive lav tillit til effektestimatene. Ved svært lav tillit har vi brukt «kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert».

Presentasjon av funn

Vi refererer alle utfall fra den nyeste og beste oversikten for hvert hovedutfall, deretter vurderer vi eventuelle tilleggs-utfall fra andre oversikter, og deretter relevante resultater fra andre oversikter. Dersom oversiktsforfatterne har vurdert risiko for bias i primærstudier eller andre elementer i GRADE/OHAT, siterer vi dem. Forfatterne har ofte brukt ulike begreper for 3 nivåer av bias, vi har i så fall standardisert på OHATs benevnelse nivå 1, 2, 3. GRADE-betegnelsene har blitt brukt likt.

Effektmål – hvilken type tall man rapporterer effektestimatene – varierer mellom metaanalyser:

MD (Mean Difference): Forskjellen mellom gjennomsnittet i to grupper (for eksempel blodtrykk). Et absolutt mål, fordi det uttrykkes i de opprinnelige enhetene (alder, kg, osv.), der 0 betyr ingen endring.

SMD (Standardized Mean Difference): Gjennomsnittsforskjellen delt på standardavviket, brukt når studier måler samme effekt med ulike skalaer/metoder. Et absolutt mål uten enhet — effektestimat i standardavvik, der 0 betyr ingen endring. Vi presenterer SMD etter FHI's maler, men noen fagfeller har kommentert at det er uvant for dem som er vant til standard notasjon.

OR (Odds Ratio): Forholdet mellom odds for hendelse i intervensjons- og kontrollgruppe. Et relativt mål, brukt særlig i kasus-kontrollstudier eller når hendelser er sjeldne, der 1 betyr ingen endring.

RR (Relative Risk): Forholdet mellom risiko i intervensjons- og kontrollgruppe. Et relativt mål som sier hvor mange ganger risikoen endres ($RR = 0,7$ betyr 30 % lavere risiko, $RR = 1$ betyr ingen endring). Når utfallet er sjeldent blir OR og RR nesten like.

RR kan også være en regresjonskoeffisient (β) som viser retningen på sammenhengen mellom endring i risiko per 1 enhet økning eksponeringsnivå (timer samtaletid, modellert total feltstyrke osv.).

RD (Risk Difference): Et absolutt mål for prosentvis forskjell mellom risiko mellom to grupper (for eksempel $10\% - 5\% = 5\%$).

BMD (Benchmark Dose) er et absolutt mål som markerer terskelen der en biologisk respons begynner å avvike signifikant fra kontrollnivå. Terskelen bestemmes av hvilken %-vis endring man regner som viktig. (1 % i den ene rapporten som oppga BMD, vanligvis brukes 10 % i risikoberegning. En lavere % gir lavere terskel.)

Effektestimater er presentert med konfidensintervaller **95 % KI** som betyr at metaanalysen tilsier med 95% sikkerhet at estimatet er mellom de to verdiene. I mange oversikter ble metaanalyser utført kun på nivå 1- og nivå 2-studier. Noen oversikter inkluderte metaanalyse av nivå 3 studier, disse effektestimatene er ofte omtalt i teksten.

De beste oversiktene vurderte også studier som ikke passet inn i metaanalysene fordi design/eksponering/utfall eller lignende gjorde at de skilte seg ut. De fleste slike studier har vi omtalt narrativt slik oversiktsforfatterne har gjort.

SoF-tabellene inneholder ikke resultater fra nivå 3 studier eller narrativt omtalte studier.

Organisering av resultatkapitlene

PECO er et rammeverk som brukes for å formulere presise forskningsspørsmål i systematiske oversikter der man undersøker sammenhenger mellom eksponering og helseeffekter. PECO står for:

P – Populasjon - hvilke personer/grupper studiene tar for seg

E – Eksponering - eksponeringene vurdert eller brukt

C – Comparison (Sammenligning) - kontrollgruppe eller alternativ eksponering

O – Outcome (Utfall) - helseeffekter eller resultat man ønsker å måle

Kapittelinnstillingen er forsøkt organisert hierarkisk etter dette systemet der det har vært mulig.

Tabeller for oppsummering av funn, retning og tillit (SoF-tabeller)

Vi satte opp resultatene fra metaanalysene fra hvert utfall og GRADE-vurderingene i Oppsummering-av-Funn-tabeller (Summary-of-Findings, SoF), sammen med informasjon om studiedesign, antall studier/sammenligninger, antall tilfeller eller kasus/kontroller.

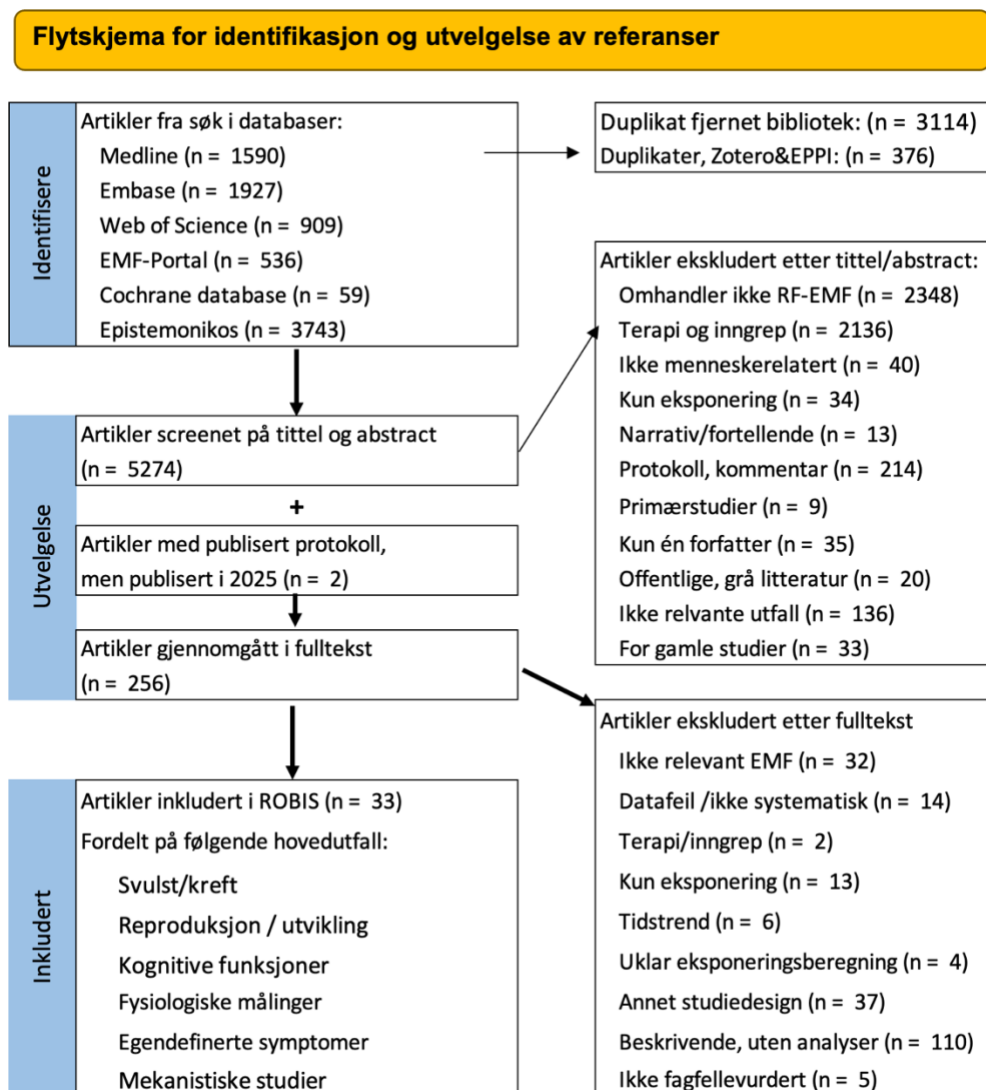
SoF-tabellene er også forsøkt organisert etter PECO. Hver linje i tabellen representerer et utfall der det er gjort en metaanalyse eller oppgitt et annet mål på samlet effekt. Der det er nødvendig med en presisering av et PECO-element, er det markert med en skillelinje i SoF tabellen med beskrivelse. De fleste SoF tabeller inneholder enten absolutte effekter (MD, SMD) eller relative effekter (OR, RR), mens noen dyreforsøk rapporteres med risikodifferanse (RD) som et absolutt mål på forskjellen mellom gruppene. I noen oversikter har forfatterne beregnet dose-respons (eksponering-respons) kurver og presentert lineære stigningskoeffisienter (for eksempel SMD per 1 W/Kg eller 1 V/m) med konfidensintervaller. Lineære koeffisienter er presentert i SoF tabellene, mens tilsvarende beregninger av ikke-lineære dose-respons-kurver var uegnet for presentasjon i tabellene.

Ikke-lineære dose-respons-kurver har vi gjengitt i figur eller med tall fra oversiktene der vi vurderte at de var viktige for å forstå konklusjonene.

Eventuell diskrepans mellom oversikter er diskutert, eventuelt med støtte i tabeller. Noen steder kommenterer vi metaanalysen og diskuterer om den, eller om GRADE-tilliten, burte vært justert.

For de mest kompliserte hovedutfallene har vi satt opp «Retning og tillit»-tabeller for utfallene fra SoF-tabellene, med retning på meta-estimatene og GRADE-vurdering. «Retning og tillit»-tabellene har lav presisjon, men gir en forenklet oversikt der SoF-tabellene kan være overveldende.

Resultat av litteratursøk og valg av studier



Figur 3 PRISMA flytdiagram

Litteratursøk og vurdering av referanser

Vi gjorde 3 databasesøk som ga 8764 treff før fjerning av duplikater (figur 1). Vi satt igjen med 5276 unike referanser, inkludert 2 annonserte artikler fra 2025 med publisert protokoll fra 2021. Av disse ekskluderte vi 5017 referanser på tittel og abstrakt som åpenbart ikke var innenfor inklusjons- og eksklusjonskriteriene. Vi vurderte 256 publikasjoner i fulltekst, hvorav vi ekskluderte 223 og inkluderte 33. Blant de mest sentrale eksklusjonsårsakene var: beskrivende ikke systematiske oversikter (110 studier), feil frekvenser eller ingen EMF-data

(32 oversikter), kun eksponering uten helseutfall (13 studier), tidstrender uten eksponering (6 studier) og 37 artikler med annet studiedesign. Ved gjennomføring av ROBIS identifiserte vi 14 oversikter med feil i data eller åpenbart ikke systematiske. Vi inkluderte 33 systematiske oversikter, også oversikter med høy risiko for bias der sammenligninger var relevante og der noen utfall ellers ikke hadde blitt dekket. Noen ikke-systematiske oversikter er referert for noen utfall som ellers ikke hadde blitt dekket, de er ikke nevnt i Tabell 2.

Oversikt over inkluderte oversikter

Tabell 2 Populasjon, eksponering og sammenligning for systematiske oversikter inndelt etter utfall

Systematisk oversikt (søkedato) (ROBIS vurdering)	Populasjon	Eksponering	Sammenligning, kontrollgruppe
Utfall: SVULSTFOREKOMST (dyr og mennesker, 12 oversikter)			
(Bortkiewicz et al., 2017) (mars 2014) (Høy bias)	Voksne, kasus-kontrollstudier	Mobiltelefon (spørreskjema)	Aldri brukt, mindre enn et års bruk/eksponering
(Chen et al., 2021) (juni 2018) (Uklar bias)	Voksne	Mobiltelefon (spørreskjema)	Aldri brukt, mindre enn et års bruk/eksponering
(Choi et al., 2020) (juli 2018) (Høy bias)	Voksne	Mobiltelefon (spørreskjema)	Aldri brukt, mindre enn et års bruk/eksponering
(Wang et al., 2018) (juli 2017) (Høy bias)	Voksne	Mobiltelefon (spørreskjema)	Ingen eksponering, Aldri brukt/<1års bruk av mobil
(Pinto et al., 2023) (nyeste 2020) (Lav bias)	Gnagere, kanin - alle typer (linjer, genmodifiserte, utavlete)	Alle typer RF-EMF, 100 kHz til 300 GHz	Ikke eksponerte håndtert som alle andre grupper («sham»). Forsøk med bur-kontroller ekskludert
(Pinto et al., 2024) (nyeste 2023) (Lav bias)	Gnagere, kanin - alle typer (linjer, genmodifiserte, utavlete)	Alle typer RF-EMF, 100 kHz til 300 GHz i koeksponering med karsinogener	Ikke eksponerte håndtert som alle andre grupper («sham»). Forsøk med bur-kontroller ekskludert
(Prasad et al., 2017) (desember 2016) (Høy bias)	Voksne	Mobiltelefon (spørreskjema)	Aldri brukt, mindre enn et års bruk/eksponering
(Rösli et al., 2019) (april 2018) (Uklar bias)	Voksne	Mobiltelefon (spørreskjema)	Aldri brukt, mindre enn et års bruk/eksponering
(Variani et al., 2019) (ikke oppgitt) (Høy bias)	Voksne	Radar (spørreskjema)	Aldri eksponert, lavere eksponerte

Systematisk oversikt (søkedato) (ROBIS vurdering)	Populasjon	Eksposering	Sammenligning, kontrollgruppe
(Karipidis et al., 2024) (mars 2021) (Lav bias)	Voksne, barn	Mobiltelefon, miljøeksponering (basestasjoner, TV/radio), yrkeseksponering	Ingen eksponering, Aldri brukt/<1års bruk av mobil
(Karipidis et al., 2025) (mars 2021) (Lav bias)	Voksne, barn	Mobiltelefon, miljøeksponering (basestasjoner, TV/radio), yrkeseksponering	Ingen eksponering, Aldri brukt/<1års bruk av mobil
(Mevissen et al., 2025) (juli 2023) (Uklar bias)	Gnagere, kanin - alle typer (linjer, genmodifiserte, utavlete)	Alle typer RF-EMF, 100 kHz til 300 GHz inkludert koeksponering med karsinogener	Ikke eksponerte håndtert som alle andre grupper («sham»). Forsøk med bur- kontroller ekskludert
Utfall: REPRODUKSJON UTVIKLING (dyr og mennesker, 7 oversikter)			
(Liu et al., 2014) (mai 2013) (Uklar bias)	Spermier: gnagere, menn ex vivo + populasjon	Kontrollert eksponering for RF-EMF 100 kHz–300 GHz	Ingen/lavest mulige eksponering
(Kim et al., 2021) (januar 2021) (Høy bias)	Spermier: gnagere, menn ex vivo + populasjon	Kontrollert eksponering for RF-EMF 100 kHz–300 GHz	Ingen/lavest mulige eksponering
(Yu et al., 2021) (desember 2020) (Høy bias)	Spermier: gnagere, menn ex vivo + populasjon	Kontrollert eksponering for RF-EMF 100 kHz–300 GHz	Ingen/lavest mulige eksponering
(Cordelli et al., 2023) (september 2022) (Lav bias)	Hunndyr: gnagere, kanin	Kontrollert eksponering for RF-EMF 100 kHz–300 GHz	Ingen eksponering
(Cordelli et al., 2024) (september 2022) (Lav bias)	Hanndyr: gnagere, kanin, ape. <i>In vitro</i> human sperm	Kontrollert eksponering for RF-EMF 100 kHz–300 GHz	Ingen eksponering
(Johnson et al., 2024) (januar 2023) (Lav bias)	Kvinner	Mobiltelefon, miljøeksponering (basestasjoner, TV/radio), yrkeseksponering	Ingen/lavest mulige eksponering
(Kenny et al., 2024) (januar 2023) (Lav bias)	Menn	Mobiltelefon, miljøeksponering (basestasjoner, TV/radio), yrkeseksponering	Ingen/lavest mulige eksponering
Utfall: MEKANISTISKE STUDIER: GENOTOKSISITET (celler fra dyr og mennesker, 2 oversikter)			
(Vijayalaxmi & Prihoda, 2018) (2017) (Uklar bias)	Gnagerceller, humane celler	Ekspérimentell eksponering fra mobiltelefon eller ekspérimentell antenne	Ikke eksponert, «sham» eller ikke sham, blindet/ublindet

Systematisk oversikt (søkedato) (ROBIS vurdering)	Populasjon	Eksposering	Sammenligning, kontrollgruppe
(Romeo et al., 2024) (desember 2022) (Uklar bias)	Gnagerceller, humane celler	Ekspérimentell eksponering fra eksperimentell antenne	Ikke eksponert, «sham» blindet/ublandet
Utfall: MEKANISTISKE STUDIER: BIOMARKØRER på oksidativ skade (dyrestudier, celler fra dyr og mennesker, 2 oversikter)			
(Bertagna et al., 2021) (april 2020) (Høy bias)	Gnagere, kanin, gnager- /kaninceller, humane celler	Ekspérimentell eksponering fra mobiltelefon eller eksperimentell antenne	Ikke eksponert, «sham» eksponert, enkelt eller dobbelblindet
(Meyer et al., 2024) (juni 2023) (Lav bias)	Gnagere, kanin, gnager- /kaninceller, humane celler	Ekspérimentell eksponering fra mobiltelefon eller eksperimentell antenne	Ikke eksponert, «sham» eksponert, enkelt eller dobbelblindet
Utfall: KOGNITIVE OG ATFERDSRELATERTE UTFALL, PRENATAL OG TIDLIG EKSPONERING (humane studier, 5 oversikter)			
(Zubko et al., 2017) (august 2013) (Lav bias)	Voksne	Mobiltelefon 900MHz til 2020 MHz, 30-90 minutters sesjoner, gjentatt 24 t -4 u	Ueksponert før-etter. Overkryssning
(Bodewein et al., 2022) (mars 2022) (Uklar bias)	Barn, ungdom under 18 år	Trådløs kommunikasjon: GSM, UMTS, Bluetooth Wireless, 300MHz-3GHz	Minst to grupper med forskjellige kvantifiserbare eksponeringsnivåer på individnivå.
(Mansourian et al., 2023) (juni 2021) (Høy bias)	Ungdom, voksne	Ekspérimentell eksponering for mobiltelefon/simulator	Ueksponert før eller etter Overkryssning, parallelt design noen blindet
(Benke et al., 2024) (august 2023) (Lav bias)	Barn, ungdom, voksne	Epidemiologiske studier av mobiltelefon/trådløs telefon	Ingen eksponering (best mulig estimat)
(Pophof et al., 2024) (mars 2023) (Lav bias)	Barn, ungdom, voksne	Ekspérimentell eksponering for mobiltelefon/trådløs telefon	Ingen eksponering (best mulig estimat)
Utfall: EGENDEFINERTE/ SUBJEKTIVE SYMPTOMER (humane studier, 5 oversikter)			
(Klaps et al., 2016) (juli 2014) (Høy bias)	Barn, ungdom, voksne	Basestasjoner	Aldri brukt, mindre enn et års bruk/eksponering
(Wang et al., 2017) (mai 2017) (Høy bias)	Voksne	Mobiltelefon	Aldri brukt, mindre enn et års bruk/eksponering
(Kacprzyk et al., 2021) (mars 2020) (Uklar bias)	Barn, ungdom, voksne	Alle typer RF-EMF	Aldri brukt, mindre enn et års bruk/eksponering

Systematisk oversikt (søkedato) (ROBIS vurdering)	Populasjon	Eksposering	Sammenligning, kontrollgruppe
(Bosch-Capblanch et al., 2024) (august 2023) (Lav bias)	Voksne	Ekspérimentell eksponering for alle typer RF-EMF, mobiltlf, basestasjoner, TV/Radio, WiFi	Høyere mot ueksponerte kontroller
(Röösli et al., 2024) (august 2023) (Lav bias)	Voksne	Epidemiologiske studier av alle typer RF-EMF, mobiltlf, basestasjoner, TV/Radio, WiFi	Høyere mot lavere eksponering (dose-respons)

Svulstforekomst og kreftrisiko

HOVEDFUNN SVULSTFOREKOMST OG KREFTRISIKO hos mennesker:

Mobiltelefoneksponering gir sannsynligvis ingen forskjell i risiko for de mest undersøkte svulsttypene gliom (svulst i hjernens støtteceller), meningeom (hjernehinnesvulst), vestibularis-schwannom (svulst på balansenerven), i hypofyse eller spyttkjertel, vurdert ut fra økende tid siden første gangs bruk av mobiltelefoner, kumulativ samtaleid, eller kumulativt antall samtaler.

Kunnskapsgrunnlaget antyder at mobiltelefoneksponering kan gi ingen eller en liten endring i risiko for lymfomer eller skjoldbruskkjertelkreft.

Ingen effekter på disse og andre mindre studerte utfall var signifikante.

Miljøeksponering fra kringkastingsantennener eller basestasjoner gir sannsynligvis ingen forskjell i risiko for barneleukemi. Kunnskapsgrunnlaget antyder at mobiltelefoneksponering kan gi ingen eller en liten endring i risiko for pediatriske hjernesvulster. Ingen effekter på disse utfall var signifikante, uavhengig av nivået på den modellerte RF-eksponeringen.

Yrkesmessig eksponering: Kunnskapsgrunnlaget om effekten av yrkesmessig eksponering på gliomrisiko, svulster i munnhule eller lymfohematopetiske svulster er svært usikkert. Ingen effekter på disse og andre mindre studerte utfall var signifikante.

Lenker for hurtig navigering mellom utfall i ulike studietyper

Utfall: Svulsttype /organ	Befolkningsstudier		Arbeidslivsstudier	Spesielle grupper (barn, eldre)	Dyrestudier	
	Tekst	SoF			Tekst	SoF
Gliom, hjerne	46,52	56	54	50	75	82
Meningeom	48,52					
Vestibulært schwannom	45,52					
Hypofyse	49					
Spyttkjertel	50					
Lymfom	51,54		54,54		78	
Leukemi	50			53		
Andre svulster	52		55		77	
Organer, dyrestudier		Hjerte 73	Lunge 80	Lever 79	Hud 81	

Svulstforekomst er den mest studerte hovedgruppen av utfall i forbindelse med EMF-eksponering. Kapitlet omhandler epidemiologiske studier (kasus-kontroll og kohortstudier i den voksne befolkning og noen studier i barn, i tillegg til arbeidslivsstudier) og dyreeksperimenter (eksponering med RF-EMF alene og i kombinasjon med agens som bidrar til svulstutvikling).

Epidemiologiske studier

Totalt ble det inkludert 8 systematiske oversikter i rapporten som tar for seg svulstforekomst i epidemiologiske studier (Tabell 2).

Den nyeste og beste oversikten er delt i to publikasjoner (Karipidis 2024,2025). Den har lav bias i ROBIS. Oversikten inkluderte kohort- og kasus-kontrollstudier av svulstrisiko etter 3 typer RF-EMF-eksponering: nærfelt (hodelokalisert eksponering fra bruk av mobiltelefon/trådløs telefon); fjernfelt (helkroppsmiljøeksponering fra faste sendere) og nær/fjernfelt yrkeseksponering etter bruk av håndholdte sendere eller RF-utstyr på arbeidsplassen.

Karipidis (2024,2025) vurderte 89 artikler om RF-EMF og svulster fra 1988 til 2022 med deltakere fra 22 land, som rapporterte 262 forskjellige utfall. Enkeltstudienes interne validitet ble vurdert med OHAT og klassifisert etter risiko for bias. Sammenligning mellom ikke eksponerte/lavt eksponerte grupper versus ulike eksponerte ble presentert som relativ risiko (RR) i metaanalyser, inkludert dose-respons beregninger. Tillit til bevisene ble gjort i henhold til OHAT/GRADE.

Eksponeringsmål (E) og kontroller

Karipidis (2024,2025) vurderte eksponeringsmålene for **mobiltelefonbruk** i primærstudiene som baserte seg på spørreskjemaer, og noen ganger på teleoperatør-data. Eksponeringsmålene ble brukt for å beregne relativ risiko (RR) for svulster/kreft etter RF-EMF-eksponering. Der studiene rapporterte odds ratio (OR) ble de omregnet til RR.

Det første målet var om kasus og kontroller *noensinne* har blitt eksponert for RF-EMF mot kontrollgruppa «ikke-eksponert». Ulike primærstudier definerte ikke-eksponert kontrollgruppe forskjellig: «aldri hatt mobiltelefon», «aldri regelmessig bruker» eller «mindre enn 1 års bruk». Det andre målet er antall år personene har brukt/eid mobiltelefon, delt opp i 3 års intervaller (tid-siden-start-grupper (TSS)): <5 år, 5-10 år og 10+ års bruk. OR ble beregnet for hvert av dem i forhold til ikke-eksponerte.

Karipidis (2024,2025) brukte to kvantitative mål for eksponering: kumulativt «totalt antall timers bruk» og «totalt antall samtaler». Disse ble analysert i en dose-respons metaanalyse (*metaregresjon*). I primærlitteraturen var disse to eksponeringsmålene oppgitt i intervaller som varierte fra studie til studie. Disse ble samordnet ved å bruke midtpunktet for hvert intervall for å beregne dose-respons.

Eksponeringsmålene for **yrkesmessige** eller **miljømessige** eksponeringer var basert på modellerte estimater av RF-nivå utenfor og i barnas boliger eller ansattes arbeidsplasser, også her varierte metodene og måleenhetene mellom studiene.

Utfall / Outcome (0)

Karipidis (2024, 2025) rapporterte resultatene for hver svulsttype/gruppe som utfall hver for seg.

Andre oversikter har enten kun tatt for seg enkeltsvulster eller slått sammen data for ulike svulsttyper, enten samlet for alle svulster i hjernen (Prasad 2017), i hodet (Bortkiewicz 2017) eller totalt i kroppen (Choi 2020) (Tabell 3).

Flere oversikter har vurdert plassering av svulstene i kraniet sammenlignet med hvor brukeren holder telefonen. *Ipsilateral* betyr at svulsten og bruk av telefonen er på samme side, *kontralateral* er motsatt. Ipsilateral svulst forventes å være sterkest assosiert med mobiltelefonbruk ettersom SAR-verdiene i hjernen er tilnærmet lik null bare noen centimeter fra mobiltelefonen (Cardis et al., 2011). Registreringen av ipsi- og kontralateral bruk har vist seg å ha stor *hukommelses-bias* (recall bias); friske høyreside-brukere husker mer korrekt enn friske venstreside-brukere (som har nesten 50 % feilrapportering). Se blant annet (Goedhart et al., 2018; Kiyohara et al., 2016). Flere primærstudier og oversikter har rapportert at ipsilateral eksponering har gitt høyere odds ratio (OR) enn kontralateral eksponering. Enkelte har ansett risikoen for hukommelses-bias som minimal (Hardell, Mild, et al., 2002), mens andre har vurdert sine funn som et resultat av bias (Schüz, 2009). På grunn av denne usikkerheten i forhold til eksponering, hadde Karipidis (2024) ikke inkludert ipsi-versus-kontralateral-sammenligningen i sin oversikt. Forfatterne av 3 andre oversikter utelot også denne sammenligningen (Prasad 2017, Choi 2020, Röösli 2019).

Valg av primærstudier

Forskningen/primærlitteratur på RF-EMF og svulst risiko i kasus-kontrollstudier har i stor grad vært dominert av to grupper: Ørebro-gruppen, ledet av Lennart Hardell, og INTERPHONE-konsortiet, koordinert av IARC (WHO's kreftforskningsinstitutt). Begge miljøene har publisert samleanalyser i tillegg til primærstudiene, der data har blitt gjentatt med større eller mindre endringer i antall kasus eller analysemetoder.

Også kohortstudier har blitt rapportert flere ganger med oppdateringer underveis. Det krever grundig gjennomlesing for å finne ut hvilke publikasjoner som inneholder hvilke data og analyser. En metaanalyse i en oversikt skal ikke inneholde samme observasjon flere ganger, det gir bias og upålitelige resultater.

Karipidis (2024) satte opp 5 datasett, der datasett 1 (MA1) inneholdt data fra alle primærpublikasjoner, og MA2-5 besto av kombinasjoner av datasett fra primær- og samlepublikasjoner. MA1-5 inneholdt ulike antall observasjoner. Metaanalysene ble gjort på MA5 som hadde flest eksponerte kasus. Sensitivitetsanalyser ble gjort på MA1 til MA4 for å vurdere om variasjonen i studiepopulasjoner hadde innflytelse på vurderingene. Kun Karipidis (2024) og Röösli (2019) hadde en så veldokumentert sammenstilling for å unngå dobbeltregistreringer. Andre oversikter hadde kombinasjoner av datasett som kunne føre til dobbelt-registrering, selv om de fleste forfatterne hadde gjort en innsats for å unngå dette.

De 6 andre oversiktene over svulstforekomst konkluderte noe ulikt i forhold til ulike utfallsmål (Tabell 3), basert på forskjellige kombinasjoner av primærstudier (Tabell 5).

Metaanalyser – sammenstilling av resultater fra primærstudiene

Karipidis (2024,2025) gjorde flere metaanalyser av samme datasett for å vurdere bias og heterogenitet (variasjonen mellom effektestimatene) mellom studiene. Stor heterogenitet (τ^2 eller I^2) i en metaanalyse betyr inkonsistente funn og dermed lavere tillit henhold til GRADE dersom det ikke var plausible forklaringer på inkonsistensen. Karipidis (2024, 2025) brukte derfor ulike varianter av metaanalyse: *Utelat-én-metaanalyse* (Leave-one-out) for å identifisere enkeltstudier med stor innflytelse på samlet risiko og heterogenitet i samleanalysen. *Stratifisert metaanalyse* for å identifisere grupper av studier som bidro til stor heterogenitet. Grupperingen måtte være definert på forhånd gjennom bias-vurderinger (OHAT), studietype eller andre kriterier. En *kumulativ metaanalyse av studier i kronologisk rekkefølge* ble brukt for å identifisere tidlig-effekt-bias («early-effect bias»). Det er ikke uvanlig at metaanalyser påviser at tidlige studier viser sterke effekter, mens oppfølgingsstudier justerer ned tidlige høye estimater. Karipidis (2024,2025) refererte kun ett eksponeringsmål, *noensinne* bruk versus *aldri/ueksponert* i sin GRADE-tabell, og oppsummerte resultatene fra metaregresjonen i fotnoter. Vi refererer på samme måte i [SoF tabell 1](#).

Tabell 3 RF-EMF og sentrale svulstformer, ulike mål for mobiltelefon-eksponering vurdert i 7 systematiske oversikter

Utfall: Svulstnavn eller lokalisering	Systematisk oversikt (risiko for bias)	Noensinne eksponert	<5 års bruk	5–10 års bruk	10+ år siden første gangs bruk, mobiltlf	1000+ timers ringetid eller dose-respons	10000+ mobil-samtaler eller dose-respons	Plassering: ipsi-versus kontralateral
Vestib Schwannom	Röösli (2019) (U)	⊕			⊕			
Vestib Schwannom	Choi (2020) (H)	⊕						
Vestib Schwannom	Borkiewicz (2017) (H)	⊕						
Vestib Schwannom	Prasad (2017) (U)	⊕						
Vestib Schwannom	Karipidis (2024) (L)	⊕⊕⊕	⊕⊕	⊕	⊕			
Gliom	Borkiewicz (2017) (H)	⊕						
Gliom	Choi (2020) (H)	⊕			⊕			
Gliom	Prasad (2017) (U)	⊕						
Gliom	Röösli (2019) (U)	⊕			⊕			
Gliom	Wang (2018) (H)	⊕	⊕	⊕	⊕			⊕
Gliom	Karipidis (2024) (L)	⊕⊕⊕	⊕⊕	⊕	⊕⊕			
Meningeom	Borkiewicz (2017) (H)	⊕						
Meningeom	Chen (2021) (U)	⊕	⊕	⊕	⊕			⊕
Meningeom	Choi (2020) (H)	⊕						
Meningeom	Prasad (2017) (U)	⊕						
Meningeom	Röösli (2019) (U)	⊕			⊕			

Utfall: Svulstnavn eller lokalisering	Systematisk oversikt (risiko for bias)	Noensinne eksponert	<5 års bruk	5–10 års bruk	10+ år siden første gangs bruk, mobiltlf	1000+ timers ringetid eller dose-respons	10000+ mobilsamtaler eller dose-respons	Plassering: ipsi- versus kontralateral
Meningeom	Karipidis (2024) (L)	⊕⊕⊕	⊕⊕	⊕	⊕⊕			
Hodet, alle samlet	Bortkiewicz (2017) (H)	⊕			⊕			⊕
Hjerne, alle samlet	Choi (2020) (H)	⊕						
Hjerne, alle samlet	Prasad (2017) (U)	⊕			⊕			
Hypofyse	Choi (2020) (H)	⊕						
Hypofyse	Röösli (2019) (U)	⊕			⊕			
Hypofyse	Karipidis (2024) (L)	⊕⊕⊕	⊕	⊕	⊕			
Lymfe/ leukemi	Choi (2020) (H)	⊕						
Lymfe/ leukemi	Karipidis (2025) (L)	⊕⊕			⊕⊕			
Lymfe/ leukemi barn	Karipidis (2024) (L)	⊕⊕⊕	⊕⊕	⊕				
Non-Hodgkins lymfom	Karipidis (2025) (L)	⊕⊕			⊕⊕			
Spyttkjertel	Karipidis (2024) (L)	⊕⊕⊕	⊕⊕	⊕				
Spyttkjertel	Choi (2020) (H)	⊕						
Spyttkjertel	Röösli (2019) (U)	⊕			⊕			
Munn/svelg svulster	Karipidis (2025) (L)	⊕						
Skjoldbruskkjertel	Karipidis (2025) (L)	⊕⊕						
Hele kroppen	Choi (2020) (H)	⊕⊕	⊕	⊕	⊕	⊕		

Fargekode, Retning på effektestimatene

	Ingen effekt, konfidensintervall tilsier at positiv effekt er like sannsynlig som negativ
	Ingen signifikant effekt, men asymmetrisk konfidensintervall tilsier mulig økt risiko
	Ingen signifikant effekt, men asymmetrisk konfidensintervall tilsier mulig redusert risiko
	Signifikant effekt, med RR/OR <1,5, som regnes som sannsynlig mulig
	OR/RR over 1,5, som ikke er sannsynlig ut fra svulstfrekvens i populasjonen, se tekst.
	Forfatterne oppga at de ikke hadde tillit til data, ikke hadde nok data eller unnlot å analysere
	Tomme celler betyr ikke vurdert.

Tillit til beregningene ifølge GRADE: ⊕⊕⊕ lav tillit til resultatet, ⊕ svært lav tillit (heterogenitet er vanligste årsak til trekk, mange har flere trekk i GRADE). Karipidis (2024) bruker ⊕⊕⊕ moderat tillit som den høyest oppnåelige. Forfatterens egen tillitsvurdering i blått ⊕, vår vurdering i svart ⊕ der forfatterne ikke selv har vurdert. Risiko for bias (ROBIS) er angitt som U (uklar), H (høy) og L (lav).

Glioni 10+ år har i undergruppe-analyse hos Karipidis blitt vurdert ulikt for bias-subgruppene (se tekst)

Eksponering fra mobiltelefonbruk

Akustikusnevrinom - vestibularis-schwannom (Karipidis 2024)

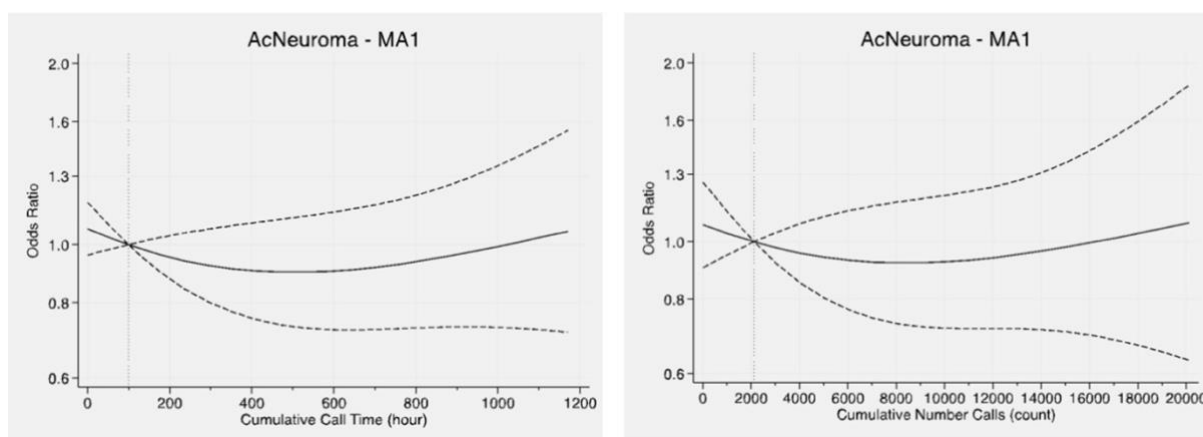
Akustikusnevrinom (Acoustic neuroma) blir ofte brukt, men vestibularis-schwannom er et mer presist navn på denne stort sett godartete svulstformen i hjernen. Se Tabell 3 for oversikt over de systematiske oversiktene som inkluderer dette utfallet, samt risikovurdering, risiko for bias og tillit til vurderingene.

Noensinne bruk versus ingen bruk av mobiltelefoner: Risikoen for vestibularis-schwannom i forhold til mobiltelefonbruk ble undersøkt i to kohortstudier (183 eksponerte tilfeller) og 9 kasus-kontrollstudier (1431 eksponerte tilfeller). Det var ingen økt risiko for vestibularis-schwannom i metaanalysen av noen av MA-datasettene. Den samlede RR var 1,03 (95 % KI = 0,85-1,24), med moderat heterogenitet ($I^2 = 51\%$).

Tid siden start for bruk (TSS) av mobiltelefoner og risiko for vestibularis-schwannom ble vurdert samlet for 2 kohortstudier og 7 kasus-kontrollstudier. Det var ingen klar trend til økt RR med økende kategorier av TSS. For den ferskeste brukergruppen (<5 års bruk) var RR = 0,95, mens den var svakt forhøyd for personer som hadde brukt mobiltelefoner i 5-9 år, RR = 1,34 (95 % KI = 1,00-1,79), mens den igjen var lavere blant langtidsbrukere (≥ 10 års bruk) RR = 1,22 (95 % KI = 0,86-1,74). De to siste estimatene viste en betydelig heterogenitet med I^2 på henholdsvis 65 og 76 %.

Kumulativ meta-regresjon basert på årstall for studien viste synkende og mer presise kumulative RR over tid. Dette indikerte en tidlig-effekt-bias (beskrevet ovenfor).

Metaanalyse av subgrupper basert på studie-bias viste at 10+år-gruppen i studiene med lavest bias (nivå 1) varierte fra RR = 1,15 (95 % KI 0,85-1,44, $I^2 = 0\%$) i MA1-datasettet til RR = 1,00 (0,78-1,29, $I^2 = 35\%$) i MA5-datasettet. I nivå 2-undergruppen (studier med trekk for bias)



Figur 4 Dose-respons for vestibularis-schwannom etter økt eksponering fra mobiltelefon

Ingen økt risiko (odds ratio) ble registrert innenfor de eksponeringer som var rapportert. Kumulativ total ringetid til venstre, kumulativt antall samtaler til høyre. AcNeuroma = vestibularis-schwannom, MA1 = datasettet med kun primærstudier.

(Figur 13 fra Karipidis (2024)) © [CC BY-NC-ND](#)

var det en ikke-signifikant økt RR på 1,58 (0,85-2,94, $I^2 = 16\%$, MA1-datasettet), og en så vidt signifikant risikoøkning i MA5-datasettet med RR = 1,89 (95 % KI 1,00-3,57, $I^2 = 69\%$, kun 2 studier). Forskjeller mellom undergrupper var nesten signifikant ($p = 0,07$) i MA5-datasettet. Kombinasjonen av studier ga utslag, selv om rådata kom fra de samme primærstudiene.

Dose-respons for mobiltelefonbruk og risiko for vestibularis-schwannom viste ingen klar indikasjon mot hypotesen om null-effekt for kumulativt antall ringeminutter ($w = 1,48$, $p = 0,48$, 9 studier i MA1, Figur 4 -venstre) eller kumulativt antall samtaler ($w = 0,61$, $p = 0,74$, 6 studier MA1, Figur 4 - høyre).

Andre oversikter: IARC (2013) konkluderte med «begrenset evidens» for en sammenheng mellom vestibularis-schwannom og mobiltelefonbruk. Alle senere oversikter (Tabell 3) har konkludert med ingen økt risiko etter regelmessig bruk av mobiltelefon. Rööslä (2019) vurderte også 10+ års bruk, og fant ingen økt risiko. Ingen andre oversikter har beregnet samlet RR for langtidseksponering og vestibularis-schwannom.

Konklusjon: Karipidis (2024) ga effektestimater moderat tillit (høyeste mulige score). Vi konkluderer at RF-EMF sannsynligvis ikke gir noen økt risiko for vestibularis-schwannom (*sannsynligvis* tilsvarer moderat tillit).

[↗ Lenker](#)

Gliom (Karipidis 2024)

De fleste gliomer er ondartede hjernesvulster, med 45 % - 60 % dødelig utfall det første året etter diagnosen (Kreftregister-data fra Norge). Det hurtige forløpet vil kunne medføre større risiko for bias enn for mindre aggressive svulster. Kasus-kontrollstudier gjort for å vurdere ulike årsaker til gliomer har gitt lite plausible resultater og har vært sterkt utsatt for bias (Johansen et al., 2017). IARC har derfor nedgradert verdien av kasus-kontroll-studier av årsaker til gliomer til kun hypotesegenererende og ikke egnet for hypotesetesting¹. En rekke simuleringsstudier har blitt gjort for å vurdere kilder til bias basert på gliom-data fra den store Interphone-studien, den siste studien er ny (Bouaoun et al., 2024). Vurdering av risiko for bias var viktig i vurderingen av gliomer i oversikten til Karipidis (2024), og vi har en mer detaljert gjennomgang av kilder til bias på slutten av denne seksjonen (på side 58).

Noensinne bruk versus ingen bruk av mobiltelefoner og gliom-risiko (3 kohortstudier og 10 kasus-kontroll, MA5 datasett, 4630 eksponerte tilfeller, 1293 i kohort-, 2907 i kasus-kontrollstudier). RR vektet på studietype var 1,01 (95 % KI = 0,89–1,13), med betydelig heterogenitet ($I^2 = 62\%$). Ingen forskjeller mellom kohort- og kasus-kontrollstudier ble funnet ($p = 0,68$).

Tid siden start av bruk (TSS) av mobiltelefoner og gliom-risiko (3 kohortstudier, 3 kasus-kontrollstudier). Samlet RR for de 3 eksponeringskategoriene (<5 år, 5-9 år, 10+ år) var henholdsvis 1,00, 1,05 og 1,13, der alle konfidensintervaller inkluderte 1 (null-effekt-verdien). For mellomlang (5-10 år) og langtids (10+ år) mobiltelefonbruk var det betydelig heterogenitet mellom studier.

¹ <https://www.iarc.who.int/reference/study-designs-may-influence-results-the-problems-with-questionnaire-based-case-control-studies-on-the-epidemiology-of-glioma>

Signifikante trender med økende OR for gliom med lengre eksponeringstid ble rapportert i to kasus-kontrollstudier med 1087 eksponerte kasus (Coureau 2014; Hardell 2015), men ikke i noen andre studier.

En **kumulativ meta-regresjon basert på årstall for studien** viste ingen generelt økende trend i RR som følge av økt eksponering over år, antall ringeminutter eller antall samtaler. Imidlertid var det en signifikant synkende trend med forbedret eksponeringsberegning.

Eksponeringsberegningen har 3 nivåer basert på spørreskjemaenes kvalitet og videre informasjonsinnhenting, som er detaljert beskrevet i Vedlegg 3 i Karipidis (2024), også delvis vist i kolonne 4 i Tabell 4.

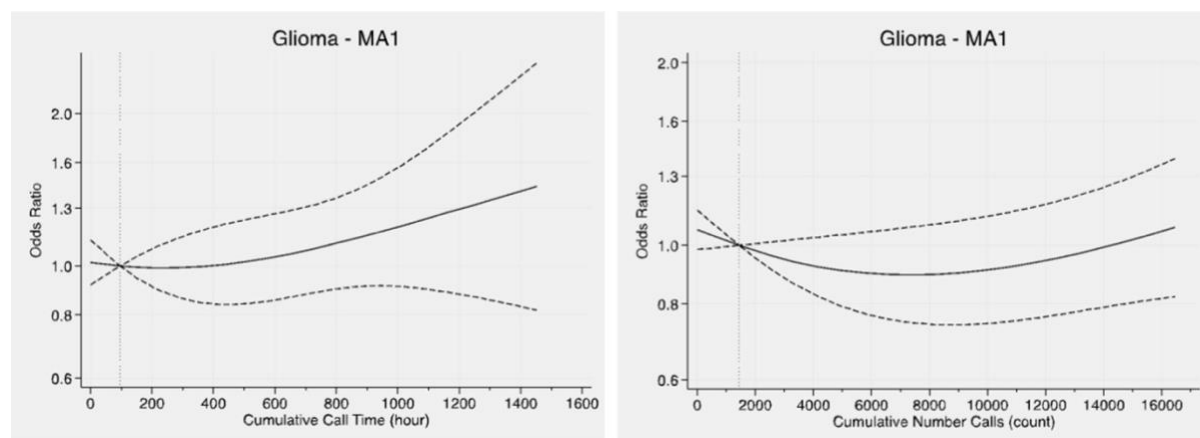
Metaanalyser på tvers av datasett (MA1 til M5) viste ingen store endringer.

Utelat-én-metaanalyse (leave-one-out) av langtids mobiltelefonbruk og gliom-risiko identifiserte 1 innflytelsesrik studie (Hardell 2015). Uten denne studien observerte de en betydelig reduksjon i RR og heterogenitet mellom studier.

Metaanalyse av gliom-risiko hos langtidsbrukere av mobiltelefon stratifisert etter risiko-for-bias-nivå. Risikovurderingen for systematiske feil (OHAT-inndelingen) kunne forklare den betydelige heterogeniteten i hoved-metaanalysen av 10+års-gruppen. I nivå 1 undergruppen var det verken økt RR eller heterogenitet på tvers av studier og datasett. Økt risiko for gliom ble observert i nivå 2 undergruppen (RR = 1,80, 95 % KI 1,15-2,82, $I^2 = 65\%$, MA1); RR = 1,63 95 % KI 1,38-1,94, $I^2 = 0\%$, MA5).

Bias-nivå forklarte mindre av heterogeniteten i metaanalysen for noensinne bruk. I MA5-datasettet var det ingen sammenhenger i nivå 1 (RR = 0,93 95 % KI 0,82-1,06, betydelig heterogenitet $I^2 = 61\%$), men økt risiko for gliom i nivå 2 (RR = 1,21 95 % KI 1,05-1,39, $I^2 = 0\%$). Det var statistisk signifikant forskjell mellom bias-nivå undergruppene.

Livstidsintensitet av mobiltelefonbruk og gliom-risiko (dose-respons). Basert på 14 studier inkludert i MA1-datasettet (primærstudier), var det ingen klar indikasjon mot hypotesen om ingen samlet effekt av total ringetid på gliom-risiko ($w = 1,74$, $p = 0,42$) (Figur 5, venstre). Tilsvarende, basert på 7 studier i MA1, var det ingen klar indikasjon mot hypotesen om ingen samlet effekt av kumulativt antall samtaler ($w = 3,33$, $p = 0,18$) (Figur 5, høyre).



Figur 5 Dose-respons for gliom etter økt eksponering fra mobiltelefon.

Ingen respons ble registrert innenfor de eksponeringer som var rapportert. Den heltrukne kurven for kumulativ total ringetid går over 1 (nullnivå) samtidig med at 95 % konfidensintervallet (stiplede kurver) utvider seg drastisk (venstre), mens det var ingen effekt av kumulativt antall samtaler (høyre). (Fig 6 fra Karipidis 2024), MA1-datasettet, kun primærartikler) © [CC BY-NC-ND](#)

Andre oversikter: IARC (2013) konkluderte med «begrenset evidens» for en sammenheng mellom gliom og mobiltelefon-bruk. Röösli (2019) påviste en viss risiko etter 10 års bruk (RR = 1,11 (95 % KI 0,85-1,46, 1018 kasus, 3 KK, 2 KO, stor heterogenitet). Choi (2020) rapporterte OR = 1,66 (95 % KI 0,80-3,44, kun 3 KK-studier). Det ble ikke oppgitt hvilken Hardell-studie som var inkludert, men den skilte seg ut med OR = 3,60. Både Röösli (2019) og Choi (2020) viste stor heterogenitet og store konfidensintervall.

Tre andre metaanalyser av kasus-kontrollstudier rapporterte en statistisk signifikant økt risiko for gliom hos personer med høy eller langvarig mobilbruk; Wang (2018) (OR = 1,33) og Prasad (OR = 1,33). Choi (2020) påviste feil hos Yang (2017) (ekskludert av oss) (OR = 1,44) og Wang, og fant selv ingen økt risiko. På den annen side hadde Choi selv utelatt flere studier da de vurderte langtidseksponering og enkeltsvulster, uten å gi referanser til hvilke studier de hadde vurdert.

Konklusjon: Karipidis (2024) ga moderat tillit til effektestimatene. Det betyr at de ikke trakk for heterogenitet ettersom den er delvis forklart ut ifra risiko-for-bias-vurderingen, og at nivå 1 studiene viste ikke-signifikante RR<1. I tillegg rapporterte 5 kasus-kontrollstudier usannsynlig høye effektestimater >1,5 for gliom blant 10+år-brukerne (Coureau et al., 2014; Hardell et al., 2006, 2013; Hardell & Carlberg, 2015; Schüz et al., 2006). Se også diskusjonen om hukommelsesbias [på side 60](#). Vi konkluderer at RF-EMF sannsynligvis ikke gir økt risiko for gliomer.

[Lenker](#)

Meningeom - hjernehinne-svulst (Karipidis 2024)

Meningeom er den vanligste primær-svulsten i hjernen, og er stort sett godartet.

Noensinne bruk versus ingen regelmessig bruk (3 kohortstudier; 621 eksponerte tilfeller, 7 kasus-kontrollstudier med 2369 eksponerte tilfeller) ble rapportert av Karipidis (2024) med en samlet RR = 0,92 (95 % KI = 0,82-1,02), noe som ikke indikerer noen sammenheng mellom eksponering og utfall.

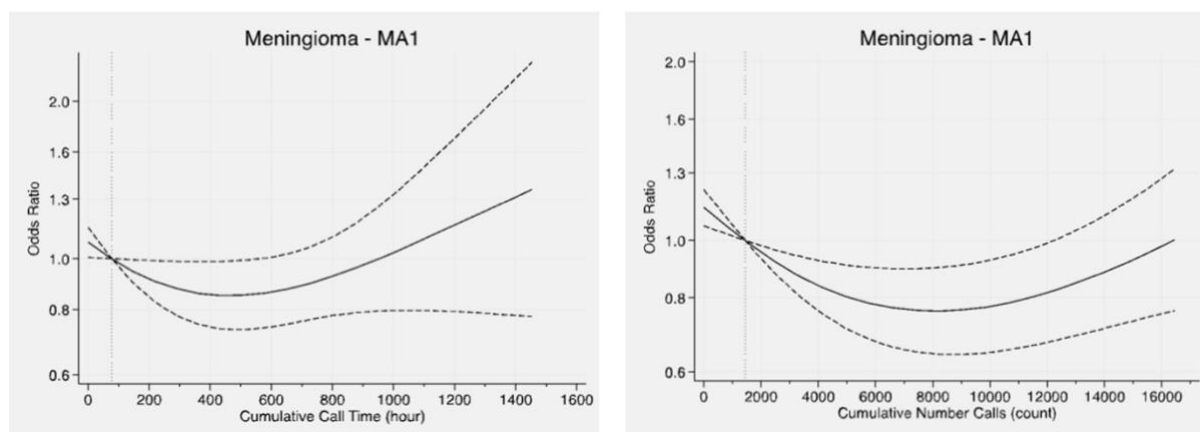
Tid siden start av bruk (TSS). Økende TSS medførte ingen økt meningeom-risiko. RR var under eller lik 1 i alle 3 tidsintervaller, og det var ingen eller ubetydelig heterogenitet på tvers av studier.

Metaanalyser på tvers av datasett (MA1 til M5) viste ingen store endringer, selv om det kan anmerkes at den øvre 95 % KI for RR blant korttidsbrukere (<5 år) var under null i 4 av datasettene (MA1, MA3, MA4 og MA5).

Den kumulative meta-regresjonen basert på årstall viste en signifikant nedgang i risiko etterhvert som nye studier ble publisert, og det er verdt å merke seg at meningeom-risiko blant langtidsbrukere viste en synkende trend i forhold til publiseringsår (MA1- og MA2-datasettet).

Livstidsintensitet av mobiltelefonbruk og meningeom-risiko basert på 10 studier i MA1 viste ingen sterk indikasjon mot hypotesen om samlet null-effekt av kumulativ total ringetid ($w =$

4,68, $p = 0,10$) på meningeom-risiko (Figur 6, venstre). Basert på 6 studier i MA1, var det en sterk støtte til null-hypotesen om ingen samlet effekt av kumulativt antall samtaler ($w = 12,63$, $p = 0,002$) på meningeom-risiko (Figur 6, høyre). Spesielt for eksponeringsverdier over medianen på 1440 samtaler (stiplet strek) var den samlede oddsratioen under én.



Figur 6 Dose- respons for meningeom etter økt eksponering fra mobiltelefon.

Ingen respons ble registrert innenfor de eksponeringer som var rapportert. Kumulativ total ringetid til venstre går over 1 (null risiko) etter at konfidensintervallet øker drastisk, kumulativt antall samtaler til høyre viser en signifikant redusert risiko. (Fig 9 fra Karipidis 2024), MA1 = datasettet basert på kun primærartikler)© [CC BY-NC-ND](#)

Andre oversikter: Chen (2021) rapporterte en redusert risiko for meningeom for noensinne bruk versus ikke-regelmessig bruk. For 10+ års-intervallet hadde de inkluderte samme kontrollgruppe flere ganger, men fant ingen effekt. Tilsvarende rapporterte de ingen effekt for ipsi- versus kontralateral eksponering. Rösli (2019) og 3 andre oversikter viste samme mangel på effekt av mobiltelefonbruk på meningeom-risiko, men antydte en redusert risiko.

Konklusjon: Karipidis (2024) ga moderat tillit til ingen påvisbar økt risiko for meningeom. Andre oversikter fant tilsvarende. En redusert risiko var mest sannsynlig. Vi konkluderer at RF-EMF sannsynligvis ikke gir økt risiko for meningeomer.

[Lenker](#)

Hypofysesvulster (Karipidis 2024)

Noensinne bruk versus ingen bruk av mobiltelefoner og risiko for **hypofysesvulster** (1 kohortstudie (KO); 175 kasus, 4 kasus-kontroll-studier (KK); 291 kasus) viste en $RR = 0,81$ (95 % KI 0,61-1,06), uten store forskjeller i resultater på tvers av studier ($I^2 = 44$ %). Metaanalysene av hypofysesvulst-risiko etter økende kategorier av tid siden start av bruk (TSS) for mobiltelefonbruk ga ingen indikasjoner på økt risiko ($RR =$ varierte fra 0,69 til 0,92, med størst heterogenitet for TSS <5 år, der en kohortstudie var den eneste signifikante, med $RR = 2,16$, mens ingen effekt ble ved lengre tids eksponering).

Andre oversikter: Rösli (2019) rapporterte noensinne versus ikke-regelmessig med $RR = 0,86$ (95 % KI 0,56-1,31, 375 kasus, 4 KK, 1 KO). For 10+ års bruk presenterte de en $RR = 1,07$

(95 % KI 0,64, 1,77, 42 kasus, 2 KK og 1 KO). Choi (2020) vurderte 3 kasus-kontrollstudier (OR = 0,71 for noensinne vs ikke-regelmessig bruk, $I^2 = 71$ % uten info om hvilke studier).

Konklusjon: Karipidis (2024) ga moderat tillit til effektestimatene for ingen effekt av RF-EMF på hypofysesvulster. Selv om antall studier og kasus er lavt, vurderer vi at RF-EMF sannsynligvis ikke gir økt risiko for hypofysesvulster.

[🔗 Lenker](#)

Hjernesvulster og mobiltelefon hos barn og ungdom (Karipidis 2024)

Noensinne bruk versus ingen bruk av mobiltelefoner og risiko for **pediatriske hjernesvulster** hadde tilgjengelige RR-estimer fra 3 kasus-kontrollstudier som inkluderte 733 eksponerte tilfeller. RR var 1,06 (95 % KI = 0,74-1,51), og det var ingen indikasjoner på økt risiko med moderat heterogenitet i resultater på tvers av studier ($I^2 = 45$ %).

Ingen trend etter økende latenstid ble observert i de to studiene med tilgjengelige data.

Konklusjon: Karipidis (2024) ga lav tillit til resultatet. Kanskje ville ytterligere trekk for lavt antall studier vært rimelig. Vi konkluderer likevel at RF-EMF muligens gir liten eller ingen forskjell i utfallet.

[🔗 Lenker](#)

Spyttkjertelsvulster (Karipidis 2024)

Noensinne bruk versus ingen bruk av mobiltelefoner og risiko for **spyttkjertelsvulster** (1 KO, 26 kasus og 7 KK med 9 uavhengige effektmål, 611¹ eksponerte kasus) ga en samlet RR = 0,91 (95 % KI 0,78-1,06, $I^2 = 0$ %) som indikerte lignende resultater på tvers av studier.

Resultatene av metaanalysene av spyttkjertelsvulstrisiko etter økende kategorier av TSS-mobiltelefonbruk ga ingen indikasjoner på økt risiko med økende TSS fra de samme studiene (<5år: RR = 0,85 (95 % KI 0,68-1,08, 213 kasus), 5-9 år: RR = 0,90 (95 % KI 0,69-1,15, 179 kasus), 10+ år: RR = 0,76 (95 % KI 0,49-1,18, 30 kasus), alle med $I^2 = 0$).

Andre oversikter: Rööslä (2019) rapporterte for Noensinne bruk en RR = 0,92 (95 % KI 0,80-1,06, 8 studier, 657 kasus), og etter 10+ års bruk en RR = 0,74 (95 % KI 0,48-1,15, 30 kasus, 4 KK). Choi (2020) rapporterte en OR = 0,92 (95 % KI 0,78-1,09, 7 KK, $I^2 = 0$) for Noensinne bruk. (Vijayan & Eslick, 2022)(ikke en systematisk oversikt) rapporterte OR = 1,06 (95 % KI 0,86-1,32) i sin metaanalyse.

Konklusjon: Karipidis (2024) rapporterte moderat tillit til effektestimatene for ingen effekt av RF-EMF på spyttkjertelsvulster. Alle RR er under 1, en redusert risiko virket mer sannsynlig. Vi konkluderer at RF-EMF sannsynligvis ikke medfører økt risiko for utfallet.

[🔗 Lenker](#)

Leukemi hos voksne (Karipidis 2025)

Noensinne versus aldri bruk av mobiltelefoner og risiko for leukemi (2 kohortstudier 829 eksponerte, 2 kasus-kontrollstudier 709 eksponerte tilfeller) viste ingen samlet økning i risiko (RR = 0,99, 95 % KI: 0,91 – 1,07, $I^2 = 0$)

¹ 585 eksponerte kasus står i teksten, 611 når skogplottet summeres opp (Fig. 16)

Tid siden start av bruk av mobiltelefoner (2 kohorter, 99 eksponerte, og 1 kasus-kontrollstudie, 161 eksponerte) medførte ingen økt risiko (RR = 1,03, 95 % KI = 0,85 – 1,24, $I^2 = 0$).

Kun 1 kasus-kontrollstudie rapporterte samlet **ringetid** eller **antall samtaler**, og ingen signifikant økt risiko for leukemi ble observert i de høyeste kategoriene av enten ringetid over 1156 timer (OR = 1,19, 95 % KI = 0,79 – 1,80), eller over 16 062 samtaler (OR = 1,03, 95 % KI = 0,68 – 1,56).

Effekten av mobiltelefonbruk på **leukemi-subtyper**, inkludert akutt lymfoblastisk leukemi (ALL), akutt myeloblastisk leukemi (AML) og kronisk myelogen leukemi (CML), ble rapportert i bare 1 eller 2 studier per subtype, så ingen metaanalyser ble gjennomført. Det var ingen signifikante eksponering-utfall-assosiasjoner for Noensinne vs. aldri bruk, langtidsbruk, eller kumulativ intensitet av bruk i noen av de individuelle studiene. Det var svært få eksponerte tilfeller i studiene som vurderte subtyper av leukemi.

Konklusjon: Karipidis (2025) hadde lav tillit til effektestimatene. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan muligens resultere i liten til ingen forskjell i risiko for leukemi.

[↗ Lenker](#)

non-Hodgkins lymfom (Karipidis 2025)

Noensinne versus aldri bruk av mobiltelefoner og risiko for non-Hodgkins lymfom. To kohortstudier med 1304 eksponerte kasus, og 3 kasus-kontrollstudier med 875 eksponerte tilfeller viste ingen økt risiko RR = 0,99 (95 % KI = 0,92 – 1,06, $I^2 = 0$).

Tid siden start av bruk 10+ års bruk av mobiltelefoner (1 kohort 176 eksponerte tilfeller og 3 kasus-kontrollstudier 119 eksponerte tilfeller). RR var 0,99 (95 % KI = 0,86 – 1,15). $I^2 = 0$ %.

1 kasus-kontrollstudie rapporterte om samlet **ringetid** og **antall samtaler**. Ingen statistisk signifikant økt risiko for non-Hodgkins lymfom ble observert i de høyeste kategoriene av enten ringetid over 208 timer (OR = 1,1, 95 % KI = 0,6 – 2,1), eller for gruppen som hadde mer enn 100 samtaler (OR = 0,9, 95 % KI = 0,6 – 1,4).

Konklusjon: Karipidis (2025) hadde lav tillit til resultatet. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan muligens resultere i en liten eller ingen forskjell i risiko for non-Hodgkins lymfom.

[↗ Lenker](#)

Lymfomer (Karipidis 2025)

Effekten av mobiltelefonbruk på andre lymfom-subtyper, inkludert Hodgkin's lymfom, og undergrupper av non-Hodgkin's lymfom (dvs. B-celle lymfom, T-celle lymfom, diffust lymfom, eller follikulært lymfom), ble rapportert i bare 1 eller 2 studier per svulsttype, så ingen metaanalyser ble gjennomført. Enkelt-studier viste generelt ingen signifikante assosiasjoner mellom utfall og eksponeringsmål. Den eneste statistisk signifikante assosiasjonen ble rapportert i 1 kasus-kontrollstudie for *uspesifisert* lymfom i kategorien «mer enn 6 års bruk» (OR = 3,2, 95 % KI = 1,2 – 8,4, 35 eksponerte kasus). En annen kasus-kontrollstudie rapporterte ingen signifikante assosiasjoner mellom Noensinne (OR = 1,5, 95 % KI = 1,0 – 2,1) eller langtids (OR = 0,9, 95 % KI = 0,6 – 1,6) mobiltelefonbruk og lymfomer generelt, eller mellom mobiltelefonbruk (Noensinne eller langtids) og lymfom-subtyper.

Andre oversikter: Choi (2020) vurderte Noensinne versus ingen bruk og risiko for leukemi/lymfom hos voksne (OR = 1,09 (95 % KI 0,88, 1,12) 2447 kasus og 2823 kontroller, 4 kasus-kontrollstudier. Estimater har svært lav tillit - ingen detaljer om analysen ble presentert.

Konklusjon: Karipidis (2025) hadde svært lav tillit til resultatet pga. liten konsistens og lav presisjon. Andre oversikter hadde liknende resultater. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan medføre økt eller ingen risiko for utfallet, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

[🔗 Lenker](#)

Skjoldbruskkjertelkreft (Karipidis 2025)

Risikoen for skjoldbruskkjertelkreft for Noensinne vs. ingen mobiltelefonbruk ble undersøkt i to kohortstudier (233 eksponerte tilfeller), og 1 kasus-kontrollstudie (360 eksponerte tilfeller). Ingen signifikant økt risiko ble observert (RR = 1,05, 95 % KI = 0,88 – 1,26 $I^2 = 0$ %).

1 kohortstudie rapporterte om 10+ års mobiltelefonbruk. Ingen økt risiko for skjoldbruskkjertelkreft ble observert med 32 eksponerte kasus i en referansepopulasjon på 497226 kvinner (RR = 1,06, 95 % KI = 0,71 – 1,61). En nyere kasus-kontrollstudie rapporterte heller ingen signifikant økt risiko etter 12-15 års mobiltelefonbruk (OR = 0,94, 95 % KI = 0,63 – 1,42, 129 eksponerte kasus) eller mer enn 15 års bruk (OR = 1,29, 95 % KI = 0,83 – 2,00, 99 eksponerte kasus).

Samme kasus-kontrollstudie rapporterte om samlet ringetid og antall samtaler, og fant ingen statistisk signifikant økning i risikoen for skjoldbruskkjertelkreft i de høyeste kategoriene samtaletid over 32 850 samtaler (OR = 1,20, 95 % KI = 0,78 – 1,84) eller ringetid over 9490 timer (OR = 1,58, 95 % KI = 0,98 – 2,54).

Konklusjon: Karipidis (2025) hadde svært lav tillit til resultatet. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan være uten betydning for risiko for skjoldbruskkjertelkreft, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

[🔗 Lenker](#)

Andre svulsttyper og mobiltelefonbruk

Effekten av mobiltelefonbruk på andre viktige kreftformer ble rapportert i bare 1 eller 2 studier per svulsttype, så ingen metaanalyser var mulig. Det var ingen signifikante assosiasjoner med noensinne/aldri bruk, langtidsbruk eller intensitet av bruk i noen enkeltstudier. En stor dansk kohortstudie rapporterte mange svulsttyper der OR var lavere hos menn enn hos kvinner (i lever, lunge, svelg, bukspyttkjertel), men det var usikkerhet om konfunderende faktorer og en senere engelsk kohortstudie viste ingen tilsvarende effekter hos kvinner (se Vedlegg 7, Tabell S7,1 i Karipidis (2025)).

Konklusjon: Karipidis (2025) hadde ikke tilstrekkelig grunnlag for å vurdere tillit ut fra GRADE, men ingen studier rapporterte assosiasjoner med RF-EMF-eksponering. Ingen andre oversikter har vurdert disse svulsttypene. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

[🔗 Lenker](#)

Eksposering fra trådløs telefon

Trådløs telefon gir mellom 1 % og 10 % av eksponeringen fra en GSM-telefon, men kan sammenlignes med eksponeringen fra nyere mobiltelefon-standarder (3G/4G/5G, Tabell 1). I

flere studier var det stort overlapp mellom brukere av trådløs og GSM/analog telefon (opptil 600 dobbelt-eksponerte). Trådløse telefoner er i dag så å si forsvunnet.

Noensinne bruk versus ingen bruk av trådløs telefon og risiko for svulster i hoderegionen viste:

Gliom: 5 kasus-kontrollstudier med mer enn 1022 eksponerte kasus (1 studie ikke oppgitt antall, se Tabell 5) var tilgjengelige i MA1, som viste en svak ikke-signifikant økning i risiko (RR = 1,23, 95 % KI = 0,87-1,74), med betydelig heterogenitet ($I^2 = 79\%$). Det var ingen sammenheng ut fra MA5-datasettet (RR = 1,04, 95 % KI = 0,74-1,46, $I^2 = 74\%$, kun 3 studier).

Meningeom: Ingen sammenheng ble funnet mellom bruk av trådløse telefoner og meningeomrisiko (RR = 0,99, 95 % KI = 0,81-1,21 for MA1, >1089 eksponerte kasus, RR = 0,91, 95 % KI 0,70-1,18 for MA5).

Vestibularis-schwannom: RR var forenlig med nullhypotesen i MA1 (RR = 1,09, 95 % KI = 0,85-1,38, >716 eksponerte kasus,), og svakt forhøyd, men ikke signifikant, i MA5 (RR = 1,16, 95 % KI = 0,83-1,61), med store konfidensintervaller i begge datasett.

Andre svulster ble vurdert i færre enn 3 studier for pediatriske hjernesvulster, hypofysesvulster, og spyttkjertelsvulster. Ingen kvantitativ syntese ble utført, men ingen viste statistisk signifikant sammenheng mellom trådløs telefonbruk og noen av disse svulsttypene.

Ingen analyse av forskjellige eksponeringsintervaller ble gjort.

Konklusjon: Karipidis (2024) ga moderat/lav tillit til effektestimatene for trådløs telefon. Dokumentasjonen tyder på at RF-EMF sannsynligvis gir liten eller ingen forskjell i svulstrisiko etter bruk av trådløs telefon.

[↗ Lenker](#)

Miljømessig og yrkesmessig eksponering

Hjernesvulster hos barn - eksponering fra faste sendere (Karipidis 2024)

Effekten av RF-eksponering fra kringkastingssendere eller basestasjoner på risiko for pediatriske hjernesvulster ble undersøkt i to studier per kilde (1 kohort og 3 kasus-kontroll, 1056 eksponerte kasus). Samlet sett var det ingen eksponering-utfall-sammenheng (RR = 0,97, 95 % KI 0,73-1,29), men en betydelig heterogenitet på tvers av studier ($I^2 = 80\%$). Det var ingen statistisk signifikante forskjeller mellom undergruppene medium og høyt eksponeringsnivå.

Konklusjon: Karipidis (2024) ga lav tillit til effektestimatene. Vi konkluderer at dokumentasjonen tyder på at RF-EMF muligens gir liten eller ingen forskjell i utfall.

[↗ Lenker](#)

Barneleukemi - eksponering fra faste sendere (Karipidis 2024)

Få studier var kvalifisert for inkludering hos Karipidis (2024), og den relativt største undergruppen undersøkte risikoen for barneleukemi ved fjernfelteksponering fra enten kringkastingssendere (1 kohort og to kasus-kontrollstudier), eller basestasjoner (to kasus-kontrollstudier). Eksponeringsvurderingen i alle disse studiene var basert på modellerte estimater av RF-nivå ved barnas boliger. En subgruppe-metaanalyse ble gjort etter økende kategorier av estimert eksponeringsnivå. Alle studiespesifikke effektmål var nær null, til tross for forskjellene i eksponeringskilde og beregningsmetoder. Det var liten heterogenitet og ingen

signifikante forskjeller innenfor og mellom eksponeringsnivågrupper (RR = 0,93; 95 % KI 0,85-1,03, $I^2 = 28\%$).

Konklusjon: Karipidis (2024) ga moderat tillit til effektestimatene. Vi konkluderer at RF-EMF sannsynligvis gir liten eller ingen økt risiko for leukemi hos barn etter miljøeksponering.

[↪ Lenker](#)

Gliom og yrkesmessig RF-eksponering (Karipidis 2024)

Karipidis (2024) inkluderte 3 insidensbaserte studier av yrkesmessig eksponering for RF-EMF og hjernesvulst/gliomrisiko (1 kohort-nestet kasus-kontrollstudie og 2 populasjonsbaserte kasus-kontrollstudier, til sammen 313 eksponerte kasus). Alle studiene brukte yrkeseksponeringsmatriser (job exposure matrix - JEM) for å beregne hvor mye hver person hadde vært utsatt for av stråling over tid. Selv om alle brukte JEM, var det forskjeller mellom studiene i hvordan de beregnet eksponeringen, hvilke strålingskilder de vurderte, hvordan de grupperte eksponeringen og hvilke måleenheter de brukte.

Med dette grunnlaget viste metaanalysen av Eksponert versus ueksponert ingen statistisk signifikant effekt av eksponeringen på utfallet (RR = 1,06, 95 % KI 0,72-1,54, $I^2 = 86\%$). En subgruppe-metaanalyse etter økende eksponeringsnivå ble gjort, men uten en samlet RR.

Ingen andre oversikter vurderte miljømessig eller yrkesmessig eksponering og risiko for hjernesvulster.

Konklusjon: Karipidis (2024) ga lav tillit til effektestimatet. Vi vurderer at svært lav tillit til resultatet på grunn av lav presisjon med få kasus og stor heterogenitet på tvers av studier er rimelig. Vi konkluderer derfor at RF-EMF kan ha liten eller ingen effekt på gliomrisiko ved yrkeseksponering, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

[↪ Lenker](#)

Lymfom-risiko og RF-eksponering fra faste sendere (Karipidis 2025)

Kun 1 studie undersøkte effekten av miljømessig RF-eksponering fra mobilbasestasjoner på risikoen for lymfom samlet og for 3 lymfom-undertyper hver for seg (B-celle lymfom, diffust storcellet B-celle lymfom, og kronisk lymfatisk leukemi). Det var ingen statistisk signifikante sammenhenger mellom modellerte RF-nivåer og forekomst av svulster/leukemi (se Vedlegg 7, Tabell S7,3 Karipidis (2025)). Det var ingen inkluderte studier om kreftisiko i forhold til RF-eksponering fra kringkastingsantennner eller andre faste sendere.

Konklusjon: Ikke tilstrekkelig grunnlag for å vurdere tillit med GRADE, men ingen studier rapporterte assosiasjoner med RF-EMF-eksponering.

[↪ Lenker](#)

Lymfo-hematopoetiske svulster og yrkesmessig RF-eksponering (Karipidis 2025)

4 dødelighetsbaserte kohortstudier vurderte yrkesmessig eksponering for RF-EMF og risiko for lymfo-hematopoetiske svulster. En studie brukte en JEM (jobbeksponeringsmatrise) for å beregne økt risiko ved eksponering hos Motorola-ansatte. 3 studier vurderte dødelighet hos militært radarpersonell versus annet personell. Metaanalysen inkluderte 226 eksponerte tilfeller og ga en ikke-signifikant RR = 1,05 (95 % KI: 0,87 – 1,28).

Effekten av yrkeseksponering på forskjellige leukemi- og lymfom-undertyper ble også rapportert, men det var ingen signifikant økt risiko i forhold til eksponert/ikke eksponert, eksponeringsnivå eller eksponeringsvarighet i noen av studiene.

Konklusjon: Dose-beregningen var svak i to av studiene, så Karipidis (2025) hadde lav tillit til resultatet. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan muligens resultere i liten til ingen forskjell i risiko for utfallet.

[↗ Lenker](#)

Munnhule-/svelgkreft og yrkesmessig RF-eksponering (Karipidis 2025)

De ovennevnte 3 kohortstudiene på militært radarpersonell undersøkte risiko for munnhule-/svelgkreft, og metaanalysen viste ingen assosiasjoner (RR = 0,68 95 % KI = 0,42 – 1,11, 34 eksponerte tilfelle). Igjen ble dette resultatet tolket med forsiktighet på grunn av få studier, få eksponerte tilfeller, og forskjeller i definisjon av eksponering på tvers av studiene.

Konklusjon: Karipidis (2025) hadde svært lav tillit til resultatet. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan ha ingen betydning for risiko, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Andre svulster og yrkesmessig RF-eksponering (Karipidis 2025)

Risiko for **testikkelkreft** ble rapportert fra to kasus-kontrollstudier og en kohort. Kasus-kontrollstudiene var insidensbaserte, mens kohortstudien var dødelighetsbasert, så ingen metaanalyse var mulig. Det var ingen statistisk signifikant økt risiko for testikkelkreft i noen enkeltstudier i forhold til noen eksponeringsmål, inkludert eksponert/ikke eksponert, eksponeringsnivå eller -varighet (se Vedlegg 7, Tabell S7,4 Karipidis (2025)). 1 studie refererte derimot signifikant redusert risiko for **kreft i lunger og luftveier** (RR = 0,73, 95 % KI = 0,63 – 0,83), en annen arbeidslivsstudie for viste tilsvarende redusert risiko for **meningeom** (OR = 0,60, 95 % KI 0,38-0,97).

Konklusjon: Ikke tilstrekkelig grunnlag for å vurdere tillit ut fra GRADE, men ingen studier rapporterte økt risiko for utfallet med RF-EMF-eksponering.

[↗ Lenker](#)

Radioamatører og risiko for andre viktige svulster (Karipidis 2025)

Bare 1 dødelighetsbasert kohortstudie undersøkte risikoen for svulster blant radioamatører, spesielt lymfo-hematopoetiske svulster (se Vedlegg 7, Tabell S7,5 Karipidis (2025)). Det var ingen statistisk signifikante sammenhenger, unntatt en økt risiko for «andre lymfatiske kreftformer», som inkluderer myelomatose og non-Hodgkins lymfom (SMR¹ = 1,62, 95 % KI = 1,17 – 2,18, 45 kasus), men samtidig en redusert risiko for bukspyttkjertelkreft (SMR = 0,64, 95 % KI = 0,42 – 0,94).

Konklusjon: Ikke tilstrekkelig grunnlag for å vurdere tillit ut fra GRADE, men en studie rapporterte økt risiko og en rapporterte redusert risiko for ulike utfall.

[↗ Lenker](#)

...

¹ Standardisert mortalitetsrate, dvs 1,62 betyr 62 % høyere dødsrate blant de eksponerte enn forventet ut ifra populasjonsgjennomsnittet for det samme utfallet.

SoF tabell 1 Svulstforekomst i mennesker (Karipidis 2024, 2025)

Populasjon: Voksne, barn, arbeidslivsstudier					
Setting: Insidens fra sykejournaler, ikke dødsregistre					
Eksponering: Noensinne eksponert for mobiltelefoner eller faste installasjoner eller yrkeseksponering					
Sammenligning: Aldri/sjelden bruk av mobiltelefon / ingen eller lavere eksponering					
Utfall (Karipidis 2024, 2025) ¹	Absolutte effekter		Relativ effekt (95 % KI) ²	Antall studier og personer ³	Tillit til estimatet (GRADE)
	K	E			
P: Voksne					
E: Nærfelt, eksponering lokalisert til hodet; mobiltelefon					
Gliomer Målt som: Insidens i voksne ⁴	-		RR 1,01 (0,89–1,13)	3 KO,10 KK 4200 eksponerte kasus	⊕⊕⊕○ Moderat ⁵
Hypofysesvulst Målt som: Insidens i voksne ⁶	-		RR 0,81 (0,63–1,06) ⁷	1 KO,4 KK > 466 eksponerte kasus	⊕⊕⊕○ Moderat
Meningeom Målt som: Insidens i voksne ⁸	-		RR 0,92 (0,82–1,02)	3 KO,7 KK 2990 eksponerte kasus	⊕⊕⊕○ Moderat
Vestibularis schwannom Målt som: Insidens i voksne ⁹	-		RR 1,03 (0,85–1,24)	2 KO,9 KK 1614 eksponerte kasus	⊕⊕⊕○ Moderat
Spyttkjertel-svulst Målt som: Insidens i voksne ¹⁰	-		RR 0,91 (0,78–1,06)	1 KO,9 KK 611 eksponerte kasus	⊕⊕⊕○ Moderat
E: Nærfelt, eksponering lokalisert til hodet; trådløs telefon					
Gliomer Målt som: Insidens i voksne	-		RR 1,04 (0,74–1,46)	3 KK > 1,022 eksponerte kasus ¹¹	⊕⊕○○ Lav ^{K 12}
Meningeom Målt som: Insidens i voksne	-		RR 0,91 (0,70–1,18)	3 KK >1,089 eksponerte kasus ¹³	⊕⊕⊕○ Moderat (^{K 14})
Vestibularis schwannom Målt som: Insidens i voksne	-		RR 1,16 (0,83–1,61)	4 KK >716 eksponerte kasus ¹⁵	⊕⊕○○ Lav ^{K 16}
E: Mobiltelefoner (Langtidsbruk, 10+ år)					
Non-Hodgkins lymfom Målt som insidens	-		RR: 0,99 (0,86 - 1,15)	295 kasus (1 KO og 3 KK)	⊕⊕○○ Lav ^K
Lymfohematopoetiske svulster Målt som insidens	-		RR: 1,03 (0,85 - 1,24)	260 kasus (2 KO og 1 KK)	⊕⊕○○ Lav ^K
E: Mobiltelefoner (Noensinne vs Aldri bruk)					
Skjoldbruskkjertel- kreft Målt som insidens	-		RR: 1,05 (0,88 - 1,26)	1040 kasus (2 KO og 1 KK)	⊕⊕○○ Lav ^K
Lymfohematopoetiske svulster Målt som insidens	-		RR: 0,99 (0,91 - 1,07)	1538 kasus (2 KO og 2 KK)	⊕⊕○○ Lav ^K
Non-Hodgkins lymfom Målt som insidens	-		RR: 0,99 (0,92 - 1,06)	2179 kasus (2 KO og 3 KK)	⊕⊕○○ Lav ^K
E: Yrkeseksponering					

Gliomer Målt som: Insidens i arbeidslivsstudier ¹⁷	-		RR 1,06 (0,72–1,54)	3 KK 313 eksponerte kasus	⊕⊕○○ Lav ^K
Munnhule/ svelgkreft Målt som insidens	-		RR: 0,68 (0,42 - 1,11)	34 kasus (3 KO)	⊕○○○ Svært lav ^{K P}
Lymfohematopoetiske svulster Målt som insidens	-		RR: 1,05 (0,87 - 1,28)	215 kasus (4 KO)	⊕○○○ Svært lav ^{K P}
P: Barn					
E: Nærfelt, eksponering lokalisert til hodet; mobiltelefon					
Hjernesvulster Målt som: Insidens i barn	-		RR 1,06 (0,74–1,51)	3 KK 733 eksponerte kasus	⊕⊕⊕○ Moderat
E: Fjernfelt, helkroppseksponering; basestasjoner, TV/radio-sendere					
Hjernesvulster Målt som: Insidens i barn ¹⁸	-		RR 0,97 (0,73–1,29)	1 KO, 3 KK 1056 eksponerte kasus	⊕⊕○○ Lav ^K
Leukemi Målt som: Insidens i barn ¹⁹	-		RR 0,93 (0,85–1,03)	1 KO, 4 KK 2219 eksponerte kasus	⊕⊕⊕○ Moderat

^K Stort konfidensintervall for I²; nedgradert med ett nivå

^P To studier hadde ratio mellom øvre og nedre konfidensgrense >10; nedgradert ett nivå

1 Forfatterne startet med Moderat tillit til estimatene dersom det ikke var grunn til å gi trekk.

2 RR: metaestimat av relativ risiko, der odds ratio fra KK-studier og hazard ratio fra kohorter er gjort om til RR.

Tolkning: RR på 1 betyr ingen endring i risiko, dersom konfidensintervallet inkluderer 1 betyr det at RR ikke er signifikant forskjellig fra "ingen risiko" ved 5 % signifikansnivå (p<0.05).

3 KO = Kohort, KK = Kasus-kontroll. Karipidis (2024, 2025) oppgir kun eksponerte kasus, men alle rådata er oppgitt i deres Supplement 5

4 Gliomer: I tillegg til disse resultatene var det ingen økning i gliomrisiko med økende tid siden oppstart av mobilbruk eller kumulativ mobilsamtaletid eller kumulativt antall mobilsamtaler

5 Til tross for I² = 62 % (moderat heterogenitet) nedgraderte forfatterne ikke fordi heterogeniteten var drevet av resultatene i den øvre kategorien av tid siden start på bruk (TSS), som igjen ble forklart av funnene fra leave-one-out metaanalysen samt av forskjellen mellom nivå 1 og nivå 2-studier for RoB

6 Hypofysetumorer: I tillegg til disse resultatene var det ingen økning i risiko for hypofysetumorer med økende tid siden oppstart av mobilbruk

7 Ingen informasjon om antall eksponerte tilfeller for 1 studie (Hardell 2002)

8 Meningeom: I tillegg til disse resultatene var det ingen økning i meningeomrisiko med økende tid siden oppstart av mobilbruk eller kumulativ mobilsamtaletid det var en nedgang i meningeomrisiko med kumulativt antall mobilsamtaler

9 Vestibularis-schwannom: I tillegg til disse resultatene var det ingen økning i risiko for vestibularis-schwannom med økende tid siden oppstart av mobilbruk eller kumulativ mobilsamtaletid eller kumulativt antall mobilsamtaler

10 Spyttkjerteltumorer: I tillegg til disse resultatene var det ingen økning i risiko for spyttkjerteltumorer med økende tid siden oppstart av mobilbruk

11 Ingen informasjon om antall eksponerte tilfeller for 1 studie

12 I² = 74 %, nedgraderte for inkonsistens

13 Ingen informasjon om antall eksponerte tilfeller for 1 studie

14 I² = 59 %, de skrev de nedgraderte for inkonsistens, men likevel «moderat» - inkonsistens i tabellen!

15 Ingen informasjon om antall eksponerte tilfeller for 1 studie

16 I² = 63 %, nedgraderte for inkonsistens

17 I tillegg til disse resultatene var det ingen økning i gliomrisiko med økende eksponeringsnivå

18 I tillegg var det ingen økning i risiko for hjernesvulster hos barn med økende eksponeringsnivå

19 I tillegg til disse resultatene var det ingen økning i risiko for barneleukemi med økende eksponeringsnivå.

[↗ Lenker](#)

Utfyllende bevis i tillegg til metaanalysene

Karipidis (2024) vurderte sine funn opp mot utfyllende bevis i tråd med en trianguleringstilnærming av utfyllende bevis (Arroyave et al., 2021; Lawlor et al., 2017; Steenland et al., 2020). De 3 inkluderte kategoriene utfyllende bevis var:

- (a) hvorvidt studier beregnet mengden og retningen av målefeil for eksponering eller andre bias-studier. 26 slike studier ble brukt som støtte under risiko-for-bias-vurderingen av de enkelte epidemiologiske studier. Karipidis (2024,2025) sine risiko-for-bias-vurderinger av hver enkelt studie er godt dokumentert. Noen andre oversikter over svulstforekomst har brukt andre kvalitetsverktøy, men mangler risiko-for-bias-vurdering.
- (b) RF-dosemodellering spesifikk for mobiltelefon og andre kilder – 10 slike studier ble vurdert i den siste fasen av vurderingen av bevisets kvalitet.
- (c) simuleringsstudier basert på tidstrender for insidens av spesifikke typer hjerne-svulster. 13 slike studier og 2 relevante kommentarer fra 7 forskningsmiljøer ble vurdert for tidstrender for insidensraten for gliomer.

Gliom-risiko var hovedfokus i disse vurderingene. Tidsstudiene var mindre informative for godartete svulster fordi prosedyrer for registrering og diagnostikk av meningeom og vestibularis schwannom har blitt forbedret mye over tid (Dolecek et al., 2015; Reznitsky et al., 2019; Withrow et al., 2021). 3 av de inkluderte simuleringsstudiene for gliomer rapporterte at RR-estimer $>1,5$ for 10+ års gruppen var definitivt usannsynlige sett i forhold til den faktiske forekomsten av gliom/hjernerkeft observert i flere land over lange tidsperioder (Chapman et al., 2016; Deltour et al., 2022; Villeneuve et al., 2021) for henholdsvis Australia, Norden og Canada. $RR>1,5$ ble brukt som subgruppe-inndeling i metaanalysen av gliomer (røde celler i heatmap)

Tillit til vurderingen: Vi vurderer at triangulering (Whaley et al., 2020) og inklusjon av tidstrender (Olsen, 2008) er en plausibel måte å vurdere samlet bevismengde. Metoden var beskrevet i protokoll for oversikten (Lagorio et al., 2021), var med i søkeprofilen, og var ikke en post-hoc vurdering. Synkende insidensdata (ikke simuleringer) for gliom i tiden etter de siste simuleringsstudiene (etter 2015, Norge, USA) (Ingebrigtsen et al., 2024; Price et al., 2024) eller for hjernesvulster generelt (IARC Nordcan, 2024) indikerer også at $RR>1,5$ ikke er sannsynlig. GRADE vurdering er ikke relevant.

Vi konkluderer at trianguleringen støtter nullhypotesen at det ikke er noen økt risiko for gliomer som følge av RF-EMF-eksponering.

Bias i primærstudier

Valideringsstudier er en viktig del av ikke-randomiserte befolkningsstudier. Det betyr at forskerne gjennomfører tilleggsanalyser på egen data for å undersøke risiko for bias. Valideringsstudier krever at dette er en del av forsøksdesign/prosjektplan. Mange valideringsstudier ble gjort i Interphone-studiene og i en del kohortstudier. Ingen andre kass-kontrollstudier har blitt validert. Studier der man har validert egne data, får høyere tillit.

En systematisk oversikt skal inneholde en biasvurdering av primærstudiene. Kun 3 av oversiktene brukte bias/kvalitets-verktøy. Karipidis (2024, 2025) brukte en videreutviklet versjon av OHAT mens Choi (2020) og Prasad (2017) brukte Newcastle-Ottawa skalaen (NOS) (Hartling et al., 2013; Rooney et al., 2014). Karipidis (2024) brukte en to siders OHAT-tabell for risiko for bias for hver studie, mens de som brukte NOS manglet tilsvarende dokumentasjon. OHAT leder til en inndeling i 3 nivåer for bias (kun nivå 1 og nivå 2 ble brukt), mens NOS ga en score på en skala fra 5 til 10 som ga pussige utslag i metaanalysene på grunn av de mange nivåene, og i tillegg skulle ha vært stokket om etter feilvurderingene i Choi (2020) (de Vocht 2021).

Seleksjonsbias

Usikkerhet om utvalget av kasus og kontroller er representativt for populasjonen, medfører risiko for bias. Ettersom mobilbruk endret seg raskt i tidsrommet for de store kasus-kontrollstudiene, var det viktig at kontroller ble matchet så godt som mulig med kasus for tidspunkt for rekruttering og alder.

Matching-bias forekom i de senere Ørebro-studiene fordi aldersmatchingen i designet ble brutt ved analysen (unconditional logistic regression), mens alder ble lagt inn som justeringsfaktor i den statistiske modellen. Dette gir ukorrekt forhøyde OR-estimer for langtidsbrukerne fordi alder i seg selv er en kjent risikofaktor for hjernesvulster (Mansournia et al., 2018), mens Hardell et al. selv har argumentert med at det ikke spilte noen rolle. Seleksjonsbias kan ikke vurderes i mange av Hardell-studiene.

Interphone analysene brøt ikke matchingen (conditional logistic regression), men observerte også økt risiko for langtidsbrukerne. Matching-bias ble studert i Interphone-data (Turner et al., 2016). De viste gjennom re-matching av kasus og kontroller med mer stringente grenser for lik alder og lik intervju-dato enn originalt publisert ga mer presise, men nesten identiske, resultater.

Interphone-konsortiet vurderte om det var forskjeller i mobiltelefonbruk mellom de som valgte å delta i hele studien og de som avsto. Det viste seg at de som avsto å delta i mindre grad brukte mobiltelefon enn de som deltok. Simuleringer av seleksjonsbias viste at odds ratio for Noensinne eksponerte sannsynligvis skulle ha vært justert opp med omtrent 10 % (Vrijheid et al., 2009).

Både Choi (2020), Karipidis (2024,2025) og Prasad (2017) anmerket mulig seleksjonsbias i nesten de samme studier, blant annet Ørebro-studiene. Interphone-studiene fikk mindre trekk enn Ørebro-studiene hos Karipidis (2024) på grunn av høyere vurdering av matching og seleksjon (Tabell 4). Choi og Prasad vurderte Ørebro-studiene høyere enn Interphone-studiene.

Frafallsbias (attrition bias)

Frafallsbias forekommer dersom frafall av kasus (død, for syk til å svare, skiftet adresse osv) ikke er lik for kasus og kontroller eller for eksponeringsgrupper. Mangler informasjon om frafall og manglende datapunkter (missing – av en eller annen grunn) gir det trekk for bias. Kun Karipidis (2024, 2025) vurderte denne typen bias, og Ørebro-studiene fikk høy bias fordi de manglet slik informasjon. Karipidis (2024) ga trekk for bias fordi den høye deltakelsen (>80 %) var beregnet med en «non-standard calculation» fordi verken frafall på grunn av at en annen diagnose eller ueksponerte kontroller ble oppgitt i klartekst (men ofte mulig å regne seg tilbake

fra tabellene). Interphone studiene fikk bare litt trekk for dokumentasjon av frafall, mens andre studier varierte (Tabell 4).

NOS skalaen har ikke med denne typen bias, men har derimot med en score for *non-response rate*. Hardell-gruppen scoret best i NOS hos Prasad og Choi fordi de rapporterte veldig høy deltakelse. Karipidis mente *non-response* beregningene til Hardell ikke var gjort med standard metode, noe som har blitt diskutert helt siden Hardells første studierapport (Ahlbom & Feychting, 1999).

Eksponeringsbias – hukommelsesbias (recall bias)

Hukommelsesbias oppstår i kasus-kontroll-studier dersom kasus og kontroller ikke er husker like godt – for eksempel kan kasus huske dårligere på grunn av sykdommen, eller de husker bedre fordi de har vurdert mulige årsaker til at de har fått kreft. Interphones valideringsstudier viste at de som rapporterte lave antall og kort lengde på samtaler *underrapporterte* sin bruk, mens storbrukerne *overrapporterte* begge deler - sammenlignet med operatørdata. De så ingen forskjeller mellom kasus og kontroller.

En nyere simuleringsstudie basert på Interphone-data rapporterte i tillegg at storbrukerne blant kasus i gjennomsnitt overrapporterte telefonbruk i større grad enn kontrollene (Bouaoun et al., 2024). I tillegg var variansen i feilrapportering større blant kasus enn kontroller. Simuleringene viste at huskebias helt og holdent *kunne* forklare den rapporterte økte risikoen for gliom blant langtidsbrukerne i Interphone. Andre svulsttyper ble ikke vurdert.

Andre grupper diskuterte huskebias uten å gjøre valideringsstudier (Coureau et al., 2014; Hardell, Hallquist, et al., 2002).

Rapporteringsbias: Finansieringskilde

Ettersom Interphone og noen andre studier var delfinansiert av telekom-industrien, har det blitt framsatt som årsaken til at så få forskningsgrupper har påvist en økt svulst risiko. Interphone/IARC hevdet at del-finansieringen fra mobil-industrien var akseptert under forutsetning av at de ikke kunne påvirke forskere eller sammensetningen av forskergrupper. IARC er ikke ukjent med problemstillingen fra for eksempel tobakksforskningen.

Prasad (2017) fant ingen støtte for at finansieringskilde hadde noen betydning i sin meta-regresjon. Choi (2020) la vekt på finansieringsbias for Interphone-studiene, men medga at de hadde oversett at Hardell-gruppen var delfinansiert av både Telia og interessegrupper (Myung et al., 2021; de Vocht & Albers, 2022). Karipidis (2024) vurderte ikke finansieringsbias. Karipidis og 4 medforfattere har selv tilknytning til internasjonale og nasjonale rådgivningsorganer, men ingen tilknytning til industrien.

Deteksjonsbias: Manglende blinding

Blinding betyr at av forsker/eksperimentator og forsøksobjektet ikke selv skal vite hvilken eksponeringsgruppe/testgruppe de tilhører. Dette er en meget viktig årsak til bias i eksperimentelle studier, men er mer problematisk i kasus-kontroll studier. Blinding er ikke helt realistisk i intervjuer av kreftpasienter – verken for intervjuer eller intervjuobjekt (Mann, 2003; Schulz & Grimes, 2002). Standardiserte intervjuprotokoller og intervjueteknikk ble i stedet brukt av Interphone og andre. NOS har blinding med som sjekkpunkt, og kun Hardell fikk pluss-score av Choi (2020) og Prasad (2017) for dette fordi de hadde med en beskrivelse av blinding.

Interphone og andre intervjuet ikke blindt, men brukte standardiserte intervjuprotokoller. Karipidis (2024, 2025) hadde ikke med blinding som et punkt i sin bias-vurdering.

Table 7
Heat map illustrating the risk of bias assessment results.

SR-A Mobile phones	Selection	Attrition	Exposure	Outcome	Confounding	Selective reporting	Statistical methods	Summary bias tier
Paediatric Brain Tumours								
Aydin et al. 2011b	(+)	(++)	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	1
Feltbower et al. 2014	(+)	(NR)	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	2
Castano-Vinyals et al. 2022	(+)	(++)	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	1
Glioma								
Hardell et al. 1999	(NR)	(--)	(NR)	(++)	(NR)	(++)	(++)	2
Muscat et al. 2000	(+)	(+)	(NR)	(++)	(+)	(+)	(++)	1
Inskip et al. 2001	(+)	(+)	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	1
Auvinen et al. 2002	(+)	(++)	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	1
Hardell et al. 2002b	(NR)	(--)	(--)	(++)	(NR)	(++)	(++)	2
Christensen et al. 2005	(++)	(+)	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	1
Lonn et al. 2005	(+)	(+)	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	1
Hardell et al. 2006	(--)	(--)	(--)	(++)	(+)	(++)	(++)	2
Hepworth et al. 2006	(+)	(+)	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	1
Schuz et al. 2006a	(+)	(+)	(+)	(++)	(+)	(+)	(++)	1
Hours et al. 2007	(+)	(NR)	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	2
Klaeboe et al. 2007	(+)	(+)	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	1
Lahkola et al. 2007	(+)	(+)	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	1
Takebayashi et al. 2008	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(++)	1
Interphone SG 2010	(+)	(+)	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	1
Spinelli et al. 2010	(NR)	(NR)	(--)	(++)	(--)	(+)	(++)	2
Baldi et al. 2011	(++)	(++)	(--)	(+)	(+)	(++)	(++)	2
Frei et al. 2011	(++)	(+)	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	1
Hardell et al. 2013a	(--)	(--)	(--)	(++)	(+)	(++)	(++)	2
Coureau et al. 2014	(+)	(NR)	(-)	(++)	(+)	(++)	(++)	2
Hardell and Carlberg 2015	(--)	(--)	(--)	(++)	(+)	(++)	(++)	2
Yoon et al. 2015	(--)	(NR)	(--)	(NR)	(+)	(+)	(++)	2
Turner et al. 2016	(+)	(+)	(+)	(++)	(+)	(+)	(++)	1
Momoli et al. 2017	(+)	(+)	(+)	(++)	(+)	(++)	(++)	1
Schuz et al. 2022	(+)	(+)	(++)	(++)	(+)	(+)	(++)	1

Tabell 4 Heatmap: OHAT risiko for bias - gliom etter mobiltelefonbruk (Karipidis 2024)

5 graderinger for hvert hovedtema (++) lav risiko, + sannsynligvis lav risiko, - sannsynligvis høy bias, -- høy bias, NR ingen informasjon) slått sammen til nivå 1 eller nivå 2 (Summary bias tier) [utsnitt av tabell 7 i oversikten]

© CC BY-NC-ND

Bias i primærstudier oppsummert

Oversikten deres (Tabell 4) viser røde celler for alle Hardell-studier, langt færre for andre studier. Karipidis (2024) sine bias-vurderinger ble detaljert dokumentert for hvert utfall og studie. Karipidis (2024). konkluderte likevel med at effekten av bias på studieresultatene (mengde og retning) viste seg vanskelig å forutsi, og risiko-for-bias-verktøyet var ute av stand til å redegjøre for effekten av konkurrerende bias.

Karipidis (2024) sin vurdering av bias i Hardell-studiene var streng. Hardell-gruppens rotete framstilling av resultater og mangel på kritisk vurdering av egne data har nok vært lite tillitsvekkende. Hardell har ikke besvart Karipidis henvendelser om utfyllende studie-detaller, ei heller har rådata vært tilgjengelige for andre forskere, noe som kanskje kunne avklart bias-anmerkningene. Prasad (2017) og Choi (2020) rangerte Hardell-studiene høyere, men begge manglet detaljerte risiko-for-bias-vurderinger.

Vi var i utgangspunktet skeptisk til bias-vurderingene i Karipidis (2024) ettersom andre oversikter konkluderte forskjellig. Etter denne gjennomgangen av kilder til bias, sammenholdt med dokumentasjonen i *Supplementary* hos Karipidis (2024), sier vi oss enige i at mangelen på transparens og selvkritikk hos Ørebro-gruppen, gjør at vi er enige i Karipidis (2024) sine risiko

for bias-vurderinger. At oversiktsforfatterne ikke fikk svar fra Hardell/Carlberg på spørsmål om mangelfulle data om antall eksponerte tilfeller og kontroller, detaljert prosedyre for utvalg av kontrollgruppe, svarprosent blant kontrollene med mere, styrket ikke troverdigheten.

Bias i oversikter - valg av primærstudier

Risiko for bias i oversikter ble vurdert med ROBIS. Tabellen i [Vedlegg 2: ROBIS av studier vurdert i full tekst](#) summerer opp våre vurderinger ut ifra spørsmålene formulert under tabellen. Vi vurderte nærmere risiko for seleksjonsbias i de 7 inkluderte systematiske oversiktene ved å sette opp hvilke primærstudier som ble inkludert av de enkelte forfattergruppene ([Tabell 5](#)). Ettersom det var komplisert å sette sammen datasett for metaanalysene, ville valget av primærstudier gi ulike meta-estimer. [Tabell 5](#) følger oppsettet til Karipidis (2024) av kombinasjoner av data fra ulike publikasjoner, som ble brukt for å unngå å ta med de samme data flere ganger i metaanalysene.

Som nevnt over, utelukket flere oversikter kohortstudier i metaanalysene. [Tabell 5](#) viser hvordan noen oversikter også manglet viktige kasus-kontroll-studier (merket med !!), og noen steder er det uklart hvilke data som er vurdert i metaanalysene (?). Lysegrønne felt viser studier som har overlapp av kasus med andre studier referert i samme oversikt. Vi har ikke gått nærmere inn på hvilke følger det har fått for estimatene i hver oversikt, bortsett fra at kohortstudiene generelt viste lavere risiko for svulster enn kasus-kontroll-studiene. Dette var et bevisst valg fra Bortkiewicz (2017), Prasad (2017) (begge uten begrunnelse, men kun henholdsvis 2 og 3 kohorter var publisert inntil da) og Choi (2020) (begrunnet med at kohortstudier var mindre pålitelige). Alle 3 fikk trekk på noen enkeltspørsmål i ROBIS for dette. Karipidis (2024) fant ikke avgjørende forskjeller ved å gjennomføre samme metaanalyse på hvert av sine datasett (MA1 – MA5), men alle datasettene inkluderte også kohortstudier.

Tilleggsstudier (Karipidis 2024)

Karipidis (2024) omtalte 4 studier som hadde blitt publisert etter at de hadde avsluttet sitt litteratursøk. I de første analysene av kreftisiko i den prospektive kohortstudien COSMOS, som inkluderte over 260 000 deltakere, ble det ikke observert noen økt risiko for intrakraniale svulster (gliom, meningeom eller akustikusnevrinom) med økende kumulativ taletid (Feychting et al., 2024). Eksponeringsvurderingen i COSMOS var basert på informasjon rapportert ved baseline (før diagnose eller tilfellebestemmelse) og kombinert med operatørdatabaser, og var dermed immun mot tilbakekallingsskjevhet. Videre var det et gjennomgående fravær av sammenheng mellom mobilbruk og risiko for gliom ved samlet brukstid (TSS) på over 10 år i metaanalysen av data fra COSMOS og tidligere kohortstudier, med en metaanalysert relativ risiko (mRR) på 0,94 (95 % KI = 0,84–1,04), basert på 764 eksponerte tilfeller. På grunn av den fortsatt korte oppfølgingstiden (median 7,2 år) og den lave insidensen av svulster i sentralnervesystemet, var det relativt få tilfeller (særlig av akustikusnevrinom) tilgjengelig for de første analysene av kreftisiko i COSMOS. Likevel anså Karipidis (2024) at studien var svært informativ, ettersom omtrent en tredjedel av deltakerne hadde begynt å bruke mobiltelefon minst 15 år før baseline.

Videre viste Karipidis (2024) til to tilleggsstudier basert på data fra UK Biobank-kohorten. Der ble det rapportert ingen sammenheng mellom mobiltelefonbruk og risiko for godartede spyttkjertelsvulster (Gao et al., 2024) eller hjerne-/CNS-kreft (Zhang et al., 2024).

Til sist nevnte de simuleringsstudien til Bouaoun (2024) der Karipidis (2024) ment at dette fullt ut forklarte den J-formede eksponerings-respons-sammenhengen som ble observert i analysene av kumulativ taletid i Figur 6 og Figur 5.

Selv om studiene ikke fikk samme grundige vurdering som resten av datamaterialet, mente Karipidis (2024) at disse studiene styrket deres konklusjoner i oversikten.

Tabell 5 Heatmap: Hvilke studier er med i hvilke oversikter over svulstforekomst?

Karipidis (2024) og Röösli (2019) satte sammen 5 datasett fra primærlitteraturen, mens andre brukte kun ett. Referansene brukt i IARC 2013 er med for å vise i hvor mange studier som er kommet etter beslutningen om å vurdere RF-EMF som «mulig kreftfremkallende». Referanser til primærartiklene følger Karipidis (2024)

Primærstudier og samlestudier: Førsteforfatter, årstall	Kasus-kontroll / Kohort	Primærstudie / Samling	Eksponering				Svulsttype/organ						Karipidis (2024) datasett					Andre oversikter						
			MOB.tif Noen gang vs aldri	MOB.tif Tid siden start	Trådløs: Noen gang vs aldri	Trådløs: Tid siden start	Hjernesvulst, barn	Gliom globlastom	Meningeom	Vestibulært schwannom	Hypofyse-svulst	Spytkjertel-svulst	MA1: kun primærstudier	MA2	MA3	MA4	MA5: flest kasus	IARC (2013) ikke systematisk	Borkiewicz (2017) (Høy bias)	Prasad (2017) (Uklar bias)	Wang (2018) (Høy bias)	Röösli (2019) (Uklar bias)	Choi (2020) (Høy bias)	Chen (2021) (Uklar bias)
Auvinen 2002	KK	Pri	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	•					•	•	•		•		
Auvinen 2002	KK	Pri	✓	✓ ³	-	-	-	✓	✓	-	-	-	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Aydin 2011b	KK	Pri	✓	-	[✓]	-	✓	-	-	-	-	-	•					•	•					
Baldi 2011	KK	Pri	✓	-	-	-	-	✓	✓	✓	-	-	•	•	•	•	•	•				•	?	
Benson 2013	6	Inkludert i Schüz 2022																			•	•		•
Carlberg 2013	KK	Pri	✓	✓	✓	✓		-	✓	-	-	-	•	•					•	!!			!!	
Carlberg 2015	KK	Sam	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	-	-	-			•		•							•
Castano-Vinyals 2022	KK	Pri	✓	[✓]	[✓]	[✓]	✓	-	-	-	-	-	•											
Christensen 2004	KK	Pri	✓	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	•		•			•	•				•	
Christensen 2005	KK	Pri	✓	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-	•		•			•	•				•	
Cooke 2010	6	Leukemi																•					•	

Corona 2012	KK	Pri	✓	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	.	.	.	.	.			!!				
Coureau 2014	KK	Pri	✓	✓	-	-	-	✓	✓	-	-	-	.	.	.	.	.							
Duan 2011	KK	Pri	✓		-	-	-	-	-	-	-	✓	.											
Elliott 2010	KK	Pri	basestasjoner					leukemi hos barn						.										
Elliott 2011	KK	Pri	basestasjoner					kreft hos barn						.										
Feltbower 2014	KK	Pri	✓	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	.											
Frei 2011	Koh	Pri	✓	✓	-	-	-	✓	✓	-	-	-	.	.	.	.	.							
Grayson 1996	KK	Pri	Yrkeseksponert						✓															
Ha 2007	KK	Pri	Radio-TV stasj					leukemi hos barn						.										
Ha 2008	KK	Pri	Radio-TV stasj					leukemi hos barn						.										
Han 2012	KK	Pri	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓	-	-	.	.	.	.	.			!			!	
Hardell 1999	KK	Pri	✓	-	-	-	-	✓	✓	✓	-	-	.	.	.	.	.							
Hardell 2002a	KK	Pri	✓ ¹	-	✓ ¹	-	-	- ¹⁰	✓ ¹	✓ ¹	-	-	.	.					!!				!	
Hardell 2002b	KK	Pri	✓	✓ ¹	✓	✓	-	✓	-	-	-	-	.	.						!!				
Hardell 2003a	⁶	identiske data: Hardell 2002a																						
Hardell 2004	KK	Pri	✓	✓	[✓]	[✓]	-	-	-	-	-	✓	.											
Hardell 2004b	⁶	identiske data: Hardell 2002a,b																						
Hardell 2005	KK	Pri	✓ ²	✓ ²	✓	✓	-	-	✓	✓	-	-	.	.									!	
Hardell 2005b	⁶	non-Hodgkin lymphoma																						
Hardell 2006	KK	Pri	✓ ²	✓ ²	✓	✓	-	✓	-	-	-	-	.	.						!!				
Hardell 2007	⁶	Testikkel-svulster ⁶																						
Hardell 2010	^{6,4}	Ondartete svulster som dødsårsak																						

Hardell 2011	⁶	Melanomer ⁶																								
Hardell 2013a	KK	Sam	✓	✓	✓	✓	-	✓	-	-	-	-	.	.												
Hardell 2013b	KK	Sam	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓	-	-			.		.									
Hardell 2015	KK	Sam	✓	✓	✓	✓	-	✓	-	-	-	-			.		.									
Hauri 2014	Koh	Pri	Radio-TV stasj				leukemi hos barn ⁶																			
Hepworth 2006	KK	Pri	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	.		.											
Hours 2007	KK	Pri ³	✓	✓	-	-	-	✓	✓	✓	-	-	.		.											
Inskip 2001	KK	Pri ³	✓	✓	-	-	-	✓	✓	✓	-	-	.	.	.	.	.									
Interphone 2010	KK	Sam	✓		-	-	-	✓	✓	-	-	-		.			.								?	
Interphone 2011	KK	Sam	✓		-	-	-	-	-	✓	-	-		.			.								?	
Karipidis 2007	KK	Pri	Yrkeseksponert					✓																		
Kaufman 2009	⁶						Leukemi ⁶																			
Klaeboe 2007	KK	Pri	✓	✓	-	-	-	✓	✓	✓	-	-	.		.											
Lahkola 2007	KK	Sam	✓		-	-	-	✓	-	-	-	-				.										
Lahkola 2008	KK	Sam	✓		-	-	-	-	✓	-	-	-				.										
Li 2012	KK	Pri	basestasjoner				leukemi hos barn ⁶																			
Linet 2006	⁶	non-Hodgkin lymphom																								
Lonn 2004	KK	Pri	✓	✓	✓	-	-	-	-	✓ ¹	-	-	.		.											
Lonn 2005	KK	Pri	✓	✓	✓	-	-	✓ ¹	✓ ¹	-	-	-	.		.											
Lonn 2006	KK	Pri	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	✓	.													
Merzenich 2008	KK	Pri	Radio-TV stasj				leukemi hos barn ⁶																			
Momoli 2017	KK	Pri	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	.													

Momoli 2017	KK	Pri	✓	–	–	–	–	✓	✓	✓	–	–	.		.								
Muscat 2000	KK	Pri	✓	✓ ³	–	–	–	✓	–	–	–	–	.	.	.	.	.						
Muscat 2002	KK	Pri	✓	✓ ³	–	–	–	–	–	✓	–	–	.	.	.	.	.						
Pettersson 2014	KK	Pri	✓	✓	✓	✓	–	–	–	✓	–	–	.	.	.	.	.						
Sadetzki 2008	KK	Pri	✓	✓	–	–	–	–	–	–	–	✓	.										
Schlehofer 2007	KK	Pri	✓	✓	–	–	–	–	–	✓	–	–	.		.	.							
Schoemaker 2005	KK	Sam	✓		–	–	–	–	–	✓	–	–				.							
Schoemaker 2009	KK	Pri	✓		–	–	–	–	–	–	✓	–	.										
Schuz 2006a	KK	Pri	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓	–	–	–	.										
Schuz 2006b	Koh	Pri	✓	–	–	–	–	–	–	✓ ⁷	–	–	.	.	.	.	.						
Schuz 2006b	Koh	Pri	✓	–	–	–	–	–	–	–	–	✓	.										
Schuz 2011	Koh	Pri	–	✓ ⁷	–	–	–	–	–	✓ ⁷	–	–	.	.	.	.	.						
Schuz 2022	Koh	Pri	✓	✓	–	–	–	✓	✓	✓	–	–	.	.	.	.	.						
Schuz 2022	Koh	Pri	✓	✓	–	–	–	–	–	–	✓	–	.										
Shrestha 2015	KK	Pri	✓		–	–	–	–	–	–	✓	–	.										
Söderqvist 2012	KK	Pri	✓	✓	[✓]	[✓]	–	–	–	–	–	✓	.										
Spinelli 2010	KK	Pri	✓	– ⁴	–	–	–	✓	–	–	–	–	.	.	.	.	.						
Stang 2009			Melanomer ⁶																				
Takebayashi 2006	KK	Pri	✓	✓ ³	–	–	–	–	–	✓	–	–	.		.	.							
Takebayashi 2008	KK	Pri	✓	✓	–	–	–	–	–	–	✓	–	.										
Takebayashi 2008	KK	Pri	✓	✓ ³	–	–	–	✓	✓	–	–	–	.		.	.							

Turner 2016	KK	Sam	✓	⁸	–	–	–	✓	–	–	–	–				.								
Vila 2018	KK	Pri	Yrkeseksponert					✓																
Warren 2003	^{6,5}	Facialisnerve-svulst, uklar definisjon																						
Yoon 2015	KK	Pri	✓	✓	–	–	–	✓	–	–	–	–	.	.	.	.	.							

- Karipidis (2024) datasett** kalles MA1 til MA5:
- MA1 Alle primærpublikasjoner
 - MA2 Interphone samlestudier 2010/2011 + ikke-overlappende primærstudier
 - MA3 Hardell 1999 + Ørebro samlestudier + alle ikke overlappende primærstudier
 - MA4 Interphone samlestudier 2010/2011 + ikke overlappende Interphone lokale studier + resterende ikke overlappende primærstudier
 - MA5 Interphone samlestudier 2010/2011 + Hardell 1999 + Ørebro-gruppens samlestudier + resterende ikke overlappende primærstudier (omfatter flest kasus)

Fargebruk i venstre felt

	Ørebro/Hardell studier i Sverige
	Ørebro/Hardell samlestudier/ny analyse, helt eller delvis identiske data med primærstudier
	Interphone/IARC studier i 13 land
	Interphone/IARC samlestudier i 13 land, helt eller delvis identiske data med primærstudier
	Vurdert i andre oversikter og vi har ikke registrert dobbelttelling
	Vurdert i andre oversikter der vi har registrert dobbelttelling
	Studier inkludert i 5 meta-datasett hos Karipidis (2024) for å unngå dobbelttelling av individer.

Fotnoter

- 1

Mangler antall eksponerte for 5 utfallsmål. Umulig å vurdere forholdet eksponerte/kontroller.
- 2

ikke oppgitt for mobiltelefon totalt, omregnet: 29-37 % brukte både analog og digital, digital brukt i metaanalysene til Karipidis (2024). Overlapp av brukere ville gi usikker eksponering.
- 3

Tid siden start (TSS) mangler, TSS beregnet fra mål på varighet i artiklene
- 4

Eksponeringsdata mangelfulle
- 5

studiegruppe uklar, biased utvalg, flere diagnoser blandet
- 6

utfall ikke med i Karipidis (2024), men inkludert i Karipidis (2025)
- 7

Effektmålene for akustisk nevrom i den danske abonnentkohorten ble hentet fra 2. oppfølging for bruk/ikke-bruk (Schuz et al. 2006b), og fra 3. oppfølging for langtidsbruk (Schuz et al. 2011)

- 8 Turner (2016) matcher kasus og kontroller i 5 Interphone studier på nytt og får både sterkere og svakere assosiasjoner blant langtidsbrukere og for lang samtaletid og flest samtaler
- 9 Eksponering over 20 år ikke plausibel, ettersom håndholdte mobiltelefoner ble introdusert i Sverige i 1987, og studien var i 2007-2009. 45 eksponerte, 113 ikke eksponerte kasus
- 10 Gliom-subtyper oppgitt som subtyper av ondartete (som ikke er mye feil). Uvisst hvorfor de ikke er tatt med av Karipidis (2024).
- [✓] Studien rapporterer effektmål, men en kvantitativ syntese vurdert som lite holdbar
- !! Manglende studie som har betydning for resultatet, ! - med liten betydning for resultatet. Resultat av dårlig søkestrategi eller manglende begrunnelse for eksklusjon
- ? Manglende studie som kan betydning for resultatet, men som er delvis dekket i andre artikler. Mangler begrunnelse for eksklusjon

Svulster og kreft i dyreforsøk

HOVEDFUNN SVULSTFOREKOMST OG KREFTRISIKO i dyreforsøk:

En oversikt (2 publikasjoner) gjorde metaanalyser for hvert utfall, mens den andre oversikten gjorde dose-respons-analyser for om mulig å påvise en økt fare (hazard).

De aller fleste funn var ikke statistisk signifikant forskjellige fra 1 –null effekt. Metaanalysene var ofte dominert av gjentatt bruk av en kontrollgruppe, som gir en bias i retning av for høy signifikans. Fare-analysen var basert på resultater fra enkeltforsøk fra to 2års-studier med SAR = 1.5 til 10 W/Kg, og ikke et samlet effektestimat.

Begge oversiktene vurderte god- og ondartete svulster, enten etter ren RF-eksponering eller kombinert med et kreftfremkallende stoff.

Signifikant økt risiko etter eksponering ble rapportert for svulster i 5 organer:

Hjerte: Dose-respons var signifikant i et forsøk med en eksponering, og kun i hannrotter, men ingen tilsvarende effekt i mus eller hunnrotter. Insidensen var svært lav. Metaanalysen påviste en stor signifikant effekt, men forfatterne hadde svært lav tillit til resultatene på grunn av sterk bias. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget om risiko for ondartete hjertesvulster er svært usikkert, selv om det ble funnet en statistisk signifikant økning.

Hjerne: Dose-respons var signifikant i et forsøk med én eksponering i hannrotter. Eksponerte rotter i andre forsøk i den samme studien fikk svulster, men aldri hos kontrolldyr. Insidensen var svært lav i denne studien. Metaanalysen viste en økt risiko. 4 forsøk med gjentatte kontroller, og 3 forsøk viste en lite plausibel høyeste risiko ved laveste eksponering. Vi har lav tillit til effektestimatene, og konkluderer at det muligens er en svakt økt risiko for hjernesvulster i dyreforsøk.

Andre organer: Signifikante effekter ble rapportert for lymfomer og lunge-, lever- og binyresvulster i enkeltforsøk. Metaanalysene viste noen ganger en økt risiko for lunge-, lever- og binyresvulster. Vi konkluderer at det er en mulig økt risiko for binyresvulster, mens det er sannsynlig at det er ingen økt risiko for de andre svulsttypene.

Det var ingen klare effekter av eksponering under grenseverdiene ($SAR < 0,08 \text{ W/Kg}$) eller eksponering som førte til mindre enn 1°C økning i kroppstemperatur.

2 systematiske oversikter i 3 publikasjoner har gått gjennom studier i forsøksdyr med svulstforekomst som utfall. Pinto (2023) og Pinto (2024) ble scoret til Lav bias, mens Mevissen (2025) scoret til Uklar bias ved ROBIS klassifiseringen fordi konklusjonene i tekst og tabeller virket selvmotsigende og biased, selv om presentasjonen og

gjennomgangen av rådata var særdeles grundig. Mevissen (2025) vurderte kun *fare* ut fra enkelteksperimenter, og dermed ikke vurdert de samlede effektestimatene som evidens for en *risiko*. Derfor veier Pintos vurderinger tyngre enn Mevissens i vår konklusjon.

Presentasjon og sammenligning av oversiktene

Inkluderte studier Pinto et al. rapporterte i to publikasjoner, først eksponering med RF-EMF alene (27 studier, Pinto 2023) og deretter effekten av RF-EMF i kombinasjon med kjente karsinogener (25 studier Pinto 2024). Mevissen (2025) vurderte RF-EMF effekter i alle typer studier, men la større vekt på rene RF-EMF-eksperimenter (10 studier) enn eksperimenter kombinert med karsinogener (24 studier) eller utført i transgene mus (18 eksperimenter). Hensikten med å kombinere RF-EMF med karsinogener var primært å øke sannsynligheten for svulstutvikling, men også for å studere mulige kombinasjonseffekter. Hensikten med transgene mus var å vurdere om disse var ekstra følsomme for eksponering i forhold til standard mus (villtyper).

Oversiktene vurderte eksponeringsfrekvenser mellom 100 kHz og 300 GHz, både kontinuerlige og pulsede signaler. Pinto (2023) inkluderte eksponeringer med SAR-verdier $\leq 0,1$ W/Kg (3 studier), $0,1$ til 2 W/Kg (19 studier) og >2 W/Kg (12 studier). Pinto (2024) inkluderte 25 andre studier (64 eksponering-utfall kombinasjoner); 7 med SAR $<0,1$ W/Kg, 36 med $0,1$ til 2 W/Kg, 11 med 2 til 6 W/Kg og 5 med SAR >6 W/Kg. 6 ulike karsinogener ble brukt i 23 studier, 1 studie brukte ultrafiolett lys (UV) og den siste bruke ioniserende stråling (røntgen). Mevissen (2025) vurderte stort sett de samme studiene.

Begge oversiktene klassifiserte utfall etter organ og skilte mellom godartede og ondartede svulster. Hjernesvulster ble i tillegg analysert for tumortypene gliom og meningeom, ettersom disse har vært i fokus i humane studier. Varigheten på eksponeringen var hovedsakelig over 52 uker og opptil 18 timer daglig.

Pinto (2023,2024) slo sammen data for hunner og hanner, mens Mevissen (2025) vurderte kjønnene hver for seg. I annen risikovurdering, som vanligvis er basert på langt færre enkeltstudier, vil man vurdere kjønnene hver for seg. Resultatene tillegges mindre vekt dersom funn kun var i ett kjønn, om det ikke fins en plausibel forklaring. Selv om det ikke har hatt noen betydning for metaanalysen, er det verdt å merke seg at de aller fleste eksperimenter viste svulst-funn i hannrotter og veldig sjelden i hunnrotter. Dette kan ha en sammenheng med større kropp og tilvekst hos hanner.

Bias vurdering av primærstudier OHAT ble brukt til bias-vurdering og sortering av studier i 3 kvalitetsnivåer¹. Pinto (2023,2024) inkluderte alle studier av "akseptabel til prima kvalitet" ut fra 9 risiko-for-bias-kriterier (nivå 1 og 2 med OHAT). Mevissen (2025) brukte i tillegg et eget sensitivitetsverktøy² for å vurdere studiedesign/dyremodell, statistisk styrke, eksponeringsvarighet/dosevurdering og

¹ National Toxicology Program, N. OHAT Risk of Bias Rating Tool for Human and Animal Studies. in: NIEHS/NTP, ed; 2019.

² US National Toxicology Program sin NTP Report on Carcinogens (RoC) og Handbook for Preparing Report on Carcinogens Monographs. Part E: Cancer Studies in Experimental Animals fra 2015

observasjonsperiode som mål på hvor godt studiene var egnet for å kunne oppdage en svulst.

Metaanalyse ble gjort av Pinto (2023, 2024) av studier av tilfredsstillende kvalitet, og beregnet relativ risiko (RR) og risikoforskjell (RD) mellom eksponert/ikke-eksponert som effektmål. Metaanalyser gir skogplott - *forest plots* - med risiko-estimat og konfidensintervaller, spredningen av enkeltstudier, en samlet effektstørrelse på tvers av studier og datagrunnlag for deler av GRADE-vurderingen.

Pinto bemerket en svakhet ved egen metaanalyse: De fleste dyreforsøkene var designet som toksikologiske forsøk med 1 kontrollgruppe og flere eksponerte grupper. I metaanalysen satte de opp flere kontraster fra samme forsøk, med en og samme kontroll-gruppe opp mot hver eksponert gruppe. Derfor ble sammenligningene korrelerte, med feil vektning og for smale konfidensintervaller. Pintos rapporterte RR ble derfor ofte ikke helt korrekte og med kunstig smale konfidensintervaller. Dette øker faren for type 1-feil (falsk positiv): at de konkluderte med en signifikant effekt selv om det ikke var det, se også [Figur 7](#). I stedet for å fordele insidensen i delte kontrollgrupper på hver kontrast¹, valgte Pinto (2023) å rapportere *risikodifferansen* (RD) som et absolutt mål på prosentvis forskjell i risiko. RD ble liten fordi samlet svulstforekomst i studiene var lav.

Mevissen (2025) anså metaanalyse som uegnet fordi studiene var for heterogene.

Tilleggsstudier: Pinto (2023, 2024) omtalte studier separat som ikke passet inn i metaanalysene fordi de hadde et upassende design eller målemetode. Mevissen (2025) brukte en narrativ presentasjon av studieresultater, sammen med en fullstendig presentasjon av rådata på websider². Deretter gjorde de en full risikovurdering for de organer der minst 1 studie rapporterte eksponeringsrelaterte effekter (lymfom, hjerne, hjerte, binyre, lever og lunge). Mevissen vurderte ikke organer der de fant ingen eller minimal sammenheng mellom utfall og RF-EMF-eksponering.

Dose-respons Pinto (2023,2024) gjorde en enkel lineær dose-respons vurdering for hvert utfall, og fant ingen slike sammenhenger. De gjorde ingen ikke-lineære analyser, til forskjell fra Karipidis (2024), og Cordelli (2023, 2024). Mevissen (2025) vurderte dose-respons med en benchmark-dose-analyse (BMD³). De analyserte hvert enkelt forsøk i hver studie, men gjorde ingen dose-respons-analyse på tvers av forsøk, studier og eksponeringer innen samme utfall. Det skyldtes at det var kun en håndfull enkelteksperimenter i hele datamaterialet som ga grunnlag for en BMD-beregning

Tillit til effektestimatene: Begge forfattergruppene vurderte tilliten til effektestimatene med GRADE. Pinto fulgte standard metode for GRADE blant annet

¹ En løsning for å få en mer korrekt metaanalyse med delte kontrollgrupper er å fordele kontrollgruppa likt mellom sammenligningene slik det beskrives i *Cochrane handbook for Systematic Reviews* <https://training.cochrane.org/handbook/current/chapter-23#section-23-3-4> For NTP (2018) studiene betyr det at kontrollgruppa på 180 rotter skulle fordeles med 30 kontroller i hver av de 6 sammenligningene som bruker samme kontrollgruppe. Pinto (2023) valgte ikke en slik løsning.

² Mevissen (2025) har den mest omfattende dokumentasjon av alle studier i noen systematisk oversikt for EMF. (Health Assessment Workplace Collaborative (HAWC)- <https://hawcproject.org/assessment/1170/>)

³ BMD-analysen går ut på å beregne mange matematiske kurver som passer med insidens-verdiene for hver eksponering/dose. Dersom dataene passer med en eller annen type dose-respons, slås de beste kurveberegningene sammen og resulterer i en SAR-verdi – BMD med konfidensintervall, der den laveste verdien for - BMDL - brukes til risikovurdering (EPA/Toxcast BMD).

basert på metaanalysen. I mangel av tall fra en metaanalyse (I^2/τ , konfidensintervall og spredning/presisjon, publikasjonsbias) vurderte Mevissen (2025) GRADE-kategoriene narrativt. Vi siterer forfatterens GRADE-analyser i SoF tabell 2 med samlet vurdering i Tabell 6.

Mevissen (2025) understreket at de ikke hadde gjort noen risikovurdering, men kun vurdert fare (hazard).

Alder må vurderes i alle langtids svulstforsøk ettersom det er den største risikofaktor for utvikling av de fleste svulster. Sannsynligheten for å utvikle svulster er størst hos de som lever lengst. Dersom frafallet underveis i forsøket ikke er likt i alle grupper, gir det en bias dersom insidens ikke korrigeres for alder. NTP¹ korrigerer derfor total insidens for livslengde². Pinto eller Mevissen kunne ikke korrigere for frafall fordi nødvendige data kun var tilgjengelige for NTP-studiene. Kombinasjonsforsøkene med kreftfremkallende stoffer kan ha vært for korte for svulstutvikling. Derfor kan de ikke tillegges like stor vekt som 2-års studiene, som er gjort i henhold til internasjonale retningslinjer. Studier som fortsetter til alle dyr dør av seg selv, er problematiske etisk og designmessig slik det ble gjennomført av Falcioni (2018).

Kulleffekter skyldes at avkom av samme mor er mer like (50 % genetisk, 100 % maternal effekt) enn tilfeldige andre individer. Målinger på kullsøsken er korrelerte og skal korrigeres for i den statistiske analysen. NTP (2018) korrigerer alltid for dette, andre har ikke korrigert for kulleffekten (for eksempel Tillmann 2010, Lerchl 2015, Falcioni 2018).

Organer der svulster ble vurdert

Schwannomer i hjerte

Funnene av økt insidens av hjerte- og hjernesvulster i to store rottestudier (Falcioni et al., 2018; NTP, 2018b) førte til kontrovers i fagmiljøet. Fagfellegruppen som vurderte NTP studiene³ konkluderte med at forekomsten av schwannomer i hjertet var «*Clear evidence of carcinogenic activity*» etter avstemming. Rapportens forfattere holdt på «*equivocal evidence*» - uklare bevis – fordi forekomsten var for lav til å konkludere, og ikke høyere enn i historiske kontroller. Både Pinto (2023) og Mevissen (2025) vurderte utfallet i disse studiene detaljert.

Hjertesvulster hos rotte er nesten uten unntak schwannomer som forekommer spontant i 1 % av kontrolldyrene i NTPs historiske data (NTP 2019⁴). Ingen av de 180 kontrolldyrene i NTP 2018-studien utviklet hjerteschwannomer, mens 4 av 814 kontrolldyr fikk spontane svulster i Falcioni (2018). Det ble registrert 25 hjerteschwannomer blant 1079 eksponerte rotter i NTP-studien og i 37 av 1631 eksponerte hos Falcioni (2018), litt over 2%. Historiske kontroller er uansett kun en indikator. Kontrollverdiene i de enkelte eksperimenter er det som gjelder.

¹ NTP = USAs National Toxicology Program som gjør toksisitetstester etter kvalitetssikrede prosedyrer

² Alle NTP data ble analysert med metoder som korrigerer for frafall (Poly K) og kull-effekter

³ Bakerst i begge rapportene fra NTP (2018). Viktig vurdering av evidens, styrker og svakheter ved studien

⁴ Siden NTP-studiene er sentrale, og grunnlag for alle konklusjoner i Mevissen (2025), viser vi til NTP-data. Alle fins på NTP sine websider *Historical Controls*. National Toxicology Program.

<https://ntp.niehs.nih.gov/data/controls>

Hjertesvulster hos mus er sjeldne, 1 av 1000 historiske kontrollmus har fått diagnosen hemangiosarkom hos NTP, mens det ble registrert 2 hemangiosarkomer i 1080 eksponerte NTP-mus (NTP, 2018a). Kun Pinto (2023) har med disse i metaanalysen.

NTP (2018a, 2018b) og Falcioni (2018) er de eneste studiene som ble tatt med i oversiktene over hjertesvulster.

Flere andre studier har registrert hjerte-histologi, men de er ikke blitt rapportert fordi de var negative, og hjertesvulster ble vurdert som mindre interessante den gang studiene ble gjort. Pinto (2023) har oppgitt at utelatelsen av slike studier var et problem og ga referanser på slike studier uten å ta dem med i metaanalysene. Derfor ga de trekk for publikasjonsbias i GRADE.

Risiko for bias i primærstudiene. Pinto (2023) og Mevissen (2025) vurderte Falcioni (2018) til Nivå 1 (ingen signifikante bekymringer). Pinto (2023) ga litt trekk for eksponeringskarakterisering (+, ikke ++). Mevissen (2025) hadde store bekymringer angående usikkerhet i dosimetrien (SAR-beregningene) i sin sensitivitsanalyse, men trakk ikke studien for bias, en pussig selvmotsigelse.

Vi har lav tillit til effektestimaterne fra Falcioni (2018) fra Ramazzini-instituttet (RI), der regulatoriske myndigheter har underkjent deres kreftstudier på grunn av mangelfull dokumentasjon av dyrekvalitet (SPF, genetikk) og design (EFSA, 2005, 2009; Gift et al., 2013). Selv om noe av denne kritikken har blitt imøtegått, er det pussig at RI kan avvike fra OECD Guidelines og FELASA¹ sine anbefalinger (Mähler et al., 2014; Nicklas et al., 2002; OECD, 2018) uten at det skulle påvirke troverdigheten.

Pinto (2023) vurderte begge primærstudiene til kvalitetskategori 2 på grunn av den delte kontrollgruppen på tvers av 6 behandlingsgrupper («definitivt høy risiko for bias» for korrelerte estimater). Vi bemerker at svakheten ligger i metaanalysen, og ikke i studiedesignet. Uten problemet med en metaanalyse, vurderte Mevissen NTP-studiene til Nivå 1 og hadde ingen sensitivitsbekymringer med NTP (2018).

Funn: Pinto (2023) registrerte en sterkt forhøyd risiko for hjertesvulst, RR: 3,238 (95 % KI: 2,105 - 4,983) i de 3 studiene de hadde med i metaanalysen (2 fra NTP). Den absolutte forskjellen i risiko, RD, var lav 0,8 % (95 % KI: 0,3-1,0). Mevissen (2025) vurderte 2 studier som viste statistisk signifikant dose-respons i ondartede hjerteschwannomer hos hannrotter. Dose-respons analysen fra de to studiene viste BMD-er på 1,92 W/Kg (95 % KI 0,71 - 4,15) og 0,177 W/Kg (95 % KI 0,125 - 0,241). Forekomsten av svulster var henholdsvis 0-2-3-6 for kontroll-lav-moderat - høy dose, 90 rotter/gruppe (NTP), og 0 %-0,7 %-0,5 %-1,4 % for kontroll-lav-moderat - høy dose, 207-412 rotter/gruppe (Falcioni 2018).

Tillitsvurdering: Pinto (2023) trakk ned i GRADE på grunn av betydningen av null svulster i NTPs kontrollgrupper som ble brukt 6 ganger i metaanalysen². Hjertedataene var fra kun to studier, og derfor er innvendingen om uavhengighet i metaanalysen mye mer skjør enn for andre prøver. Pinto trakk for publikasjonsbias fordi negative funn for hjerteschwannomer i andre studier ikke hadde blitt rapportert med data som kunne

¹ FELASA: Federation of European Lab Animal Scientists

² Pinto valgte likevel ikke å fordele kontrollgruppene på de eksponerte gruppene. Det er enkelt å gjenta Pintos metaanalyser med verktøyet de brukte ([Meta-Essentials](#)), og med korrigerte kontrollgrupper (30 i stedet for 180) blir den kombinerte meta-RR = 1.22, 95% KI: 0.76-1.95, og ikke lenger signifikant.

inkluderes i metaanalysen (5 kroniske rottestudier gjorde histologi på hjerte, hvorav 1 rapporterte 3 godartete neurinomer¹ og ingen ondartete).

Pinto (2024) trakk også for publikasjonsbias fordi Falcioni (2018) rapporterte kun hjerte- og hjerne-data som oppfølging av NTPs funn². Pinto refererte også NTPs egen kommentar om redusert tillit til effektestimaterne i forhold til historiske kontrolldata. Men historiske kontrolldata kan ikke brukes til å avvise kontrollverdier i de enkelte forsøk.

Mevissen (2025) ga plusspoeng i GRADE for sjeldent utfall og dose-respons og ingen trekk. Ingen andre studier eller eksperimenter ble lagt til grunn for deres konklusjon.

Mevissens BMD-analyser var uvanlige ved å velge en effektstørrelse for 1 % økt risiko (BMD₀₁). Det begrunnet de med at BMD₀₁ ga minst usikkerhet med den lave svulstforekomsten i RF-EMF-dataene. EFSA³ og US EPA⁴ bruker benchmark dosen for 10 % ekstra risiko (BMD₁₀) for å beregne svulst risiko (der nedre 95 % KI = BMDL₁₀). BMD₁₀ kommer et stykke over høyeste eksponeringsnivå og ville ha betydd større usikkerhet⁵. Mevissens hensikt var å detektere dose-respons, og dermed fare (hazard), og ikke en mulig human risiko.

En balansert tillitsvurdering må brukes ettersom konklusjonene er på forskjellig grunnlag. Pinto (2023) har gjort en tilnærmet standard metaanalyse, og oppga svært lav tillit til resultatet. Mevissen (2025) gjorde en farevurdering ut fra en dose-respons analyse av ett NTP eksperiment, med støtte fra en annen studie av uklar kvalitet.

Konklusjon: Pinto (2024) konkluderte med svært lav tillit til effektestimaterne, og manglende evidens for human helseeffekt SoF tabell 2. Pinto kommenterte den lave absolutte risikoforskjellen fra metaanalysen. Vår gjentatte metaanalyse med riktige kontrollgrupper viste ingen økt risiko (se fotnote over).

Mevissen (2025) konkluderte på sin side med at rotterresultatene hadde høy tillit og var en indikasjon på fare⁶. På grunn av uklar bias i ROBIS og svært få observerte kasus, har vi lav tillit til at det betyr økt *risiko* for hjertesvulster.

Vår **konklusjon** blir at RF-EMF kan muligens medføre ingen eller en liten økt risiko for hjertesvulster. Vi oppgraderer Pintos tillit til lav, da vi ikke tviler på metaanalysen med justerte kontrollgrupper.

[↪ Lenker](#)

Hjernesvulster

Hjernesvulster har fått oppmerksomhet i dyreforsøk etter funnene i epidemiologiske studier. Å skille godartete meningeomer/schwannomer og ondartete hjernesvulster (oftest gliomer) gjennomføres i rotter. Historisk spontan insidens i NTPs kontrollrotter

¹ = schwannomer, eldre betegnelse

² Falcioni et al har fremdeles ikke publisert resterende resultater (juni 2025).

³ European Food Safety Authority

⁴ Environmental Protection Agency (USA)

⁵ Vi gjorde en justert Mevissen-analyse i henhold til EFSA standard (BMR = 0.1 i stedet for 0.01) ga BMD₁₀ = 8.5, BMDL₁₀ = 5.96 W/Kg. Mevissens originale analyse – her kan parameterne endres:

<https://bmdsonline.epa.gov/analysis/c7959d8f-bd9e-4578-a871-9df2efa9955a/zztrcx4cjaxp/#/data>

⁶ High certainty of evidence (CoE), Serious importance of outcome.

var for gliomer 2,5-4 % i hanner, 0-2 % i hunner. Hjernesvulster er svært sjeldne i mus og blir ikke rutinemessig registrert.

Metaanalysen til Pinto (2023) viste en signifikant økt risiko for ondartede svulster i sentralnervesystemet (CNS) (RR = 1,40; 95 % KI: 1,07 - 1,84) og hjernesvulster (RR = 1,39; 95 % KI: 1,07 - 1,81; 9 studier, 26 sammenligninger). 18 sammenligninger viste en RR > 1, mens 8 hadde en RR ≤ 1 (Figur 7). Metaanalysene av glia- og hjernehinne-relaterte svulster hver for seg viste en økt risiko (henholdsvis RR: 2,63; 95 % KI: 1,69 - 4,11; 16 studier og RR: 1,6; 95 % KI: 1,05 - 2,45; 15 studier). Pinto (2023) vurderte nok en gang at fraværet av svulster blant 90 kontroller, gjentatt 6 ganger for NTP, påvirket metaanalysen sterkt¹. Da de fjernet de gjentatte sammenligningene fra NTP (2018) ble samlet RR redusert og uten statistisk signifikans. Pinto (2024) rapporterte ingen endret risiko for hjernesvulster etter kombinert eksponering (RR = 0,94, 95 % KI: 0,86-1,03, 11 studier, 2096 eksponerte). I disse studiene var eksponeringen ofte langt kortere enn i NTP (2018).

Dose-respons: Mevissen (2025) vurderte 20 studier, derav 5 to-års-studier, men konkluderte ut fra to langtidsstudier som viste en økt forekomst av ondartete gliomer i hannrotter (NTP (2018) og Falcioni 2018). BMD analysen viste dose-respons i 1 studie (NTPs CDMA eksponerte hannrotter, NTP 2018, BMD₀₁ = 4,25 W/Kg, 95 % KI: 2,70, 10,24). De fant ingen effekter, verken BMD eller enkelt-signifikanser, i andre studier eller for andre typer hjernesvulst. Pinto (2023) påviste ingen lineær sammenhenger mellom SAR-verdi og hjernesvulster.

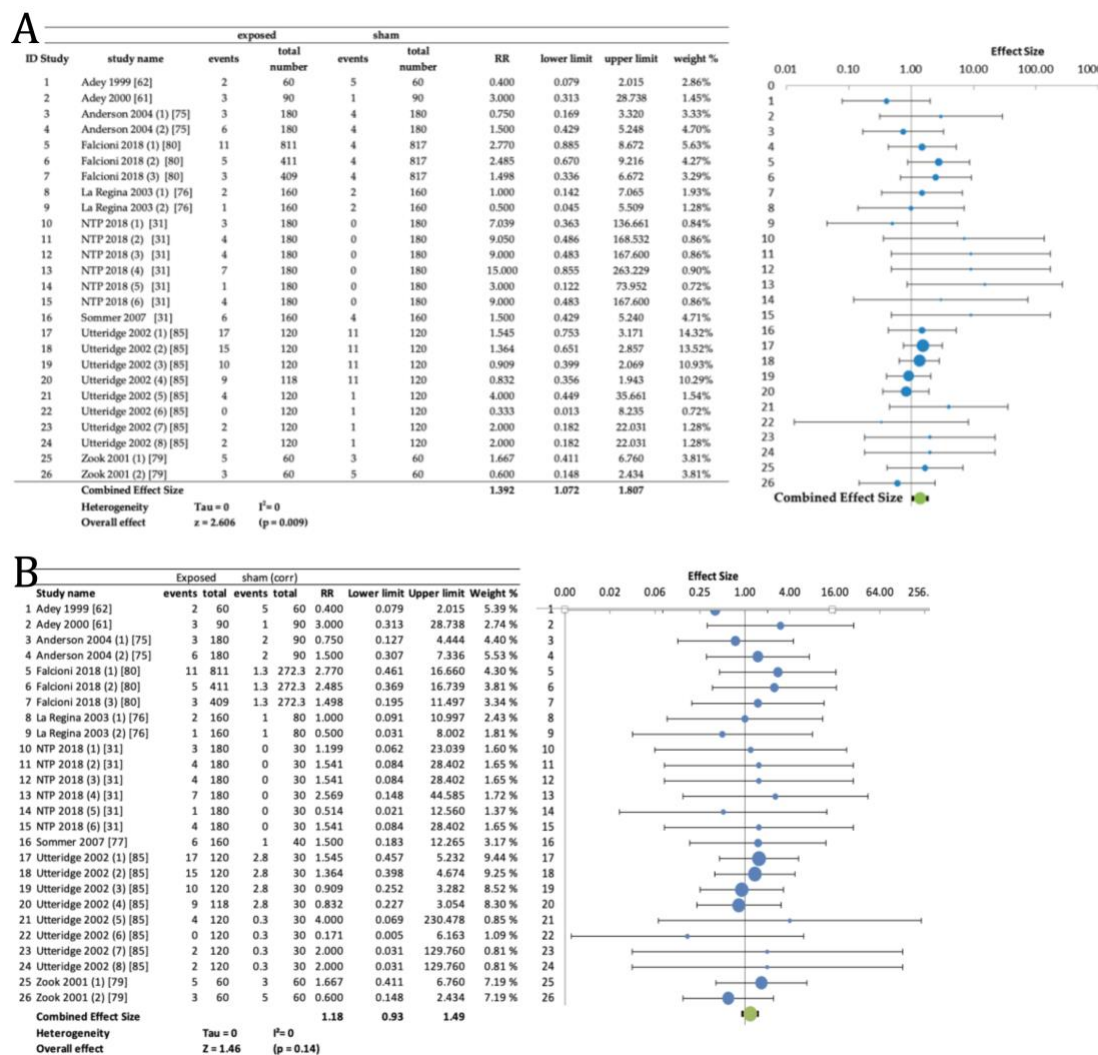
Konklusjon: Pinto hadde lav og svært lav tillit til den høye risikoen de fant med egne metaanalyser av henholdsvis ond- og godartete hjernesvulster (trakk for gjentatte kontroller, og selektiv rapportering fra Falcioni (2018)). De oppga lav tillit til null effekt på godartete svulster. De hadde derimot moderat tillit til null effekt i metaanalysen for ondartete hjernesvulster i de kombinerte studiene. I Pinto (2024) poengterte de at «det er viktig å merke seg at funnene i denne systematiske oversikten ikke bekreftet funnene i den forrige (Pinto 2023) systematiske oversikten om *in vivo*-karsinogenesestudier.».

Mevissen (2025) hadde høy tillit til at det er en økt risiko for ondartete svulster ut fra NTP 2018, med støtte i Anderson (2018). Deres konklusjon var basert på 6 positive rotter fordelt på 3 dosenivåer i to langtidsstudier av høy kvalitet med til sammen 450 eksponerte og 180 kontroller. Mevissen (2025) konkluderte også at det ikke var noen økt forekomst av godartete hjernesvulster. På grunn av uklar bias i ROBIS og svært få observerte kasus, har vi lav tillit til at det betyr økt fare for ondartete gliomer ved høy eksponering.

Ingen vurderte tilliten til de separate signifikante estimatene for glia- og hjernehinne-relaterte svulstene.

Vår **konklusjon** blir at RF-EMF muligens gir en liten eller ingen økt risiko for ondartete gliomer, mens det muligens ikke er noen økt risiko for godartete hjernesvulster.

¹ De gjorde ingen analyse med fordelte kontrollgrupper mellom eksponeringene.



Figur 7 Skogplott og metaanalyse av hjernesvulster (Pinto 2023)

Figuren illustrerer effekten av å bruke samme kontrollgruppe flere ganger i en metaanalyse, 6 av 9 studier er representert med gjentatte kontrollgrupper. **A** = Original Figur 5, Pinto et al (2023) © CC BY-NC-ND (sham-events og total number går igjen etter hverandre). **B** = Vår gjentatte analyse av samme rådata (Table S1.6. Brain Malignant) med fordelte kontrollgrupper. Meta-RR er ikke lenger signifikant fordi konfidensintervaller og vektning ble forskjellig. Vi brukte Meta-Essentials som Pinto (2023).

Binyre

Binyresvulster var alle feokromocytom fra binyremargen som produserer adrenalin/noradrenalin. Kontroller hos NTP (spontan): 18 % i rotte, 7 % i mus. Forekomst er satt i sammenheng med nyresvikt og fôr. Ondartete er sjeldne. Feokromocytomer regnes av mange toksikologer som irrelevante for human risikovurdering (Greim et al., 2009; Hartwig et al., 2016).

Metaanalysen til Pinto (2023) viste ingen økt risiko for ondartete (RR = 1,016 (95 % KI 0,684, 1,51, ut fra 3538 eksponerte og 1166 kontroller i 8 studier med 24 sammenligninger), men en svakt forhøyd risiko for godartete svulster (RR = 1,433 (95

% KI 1,09 til 1,89), 26 sammenligninger, 3656 eksponerte og 1107 kontroller i 8 studier).

Dose-respons ga ikke resultat med BMD-analyse¹ hos Mevissen (2025), de la vekt på signifikante respons i midt-dosene hos NTP-hannrotter GSM-eksponert og CDMA-eksponerte hunner, det var ingen økning ved den høyeste dosen (6 W/Kg). De andre NTP-rottegruppene viste ingen respons, likeså ingen andre studier. Svulstene hos eksponerte kasus ble betegnet som godartete i 76 av 86 tilfeller (hvorav 6 bekreftet ondartete), tilsvarende var 10 av 11 kontroll-kasus godartete. Deri ligger forskjellen mellom god- og ondartet-gruppene i Pinto (2023), mens Mevissen (2025) ikke skilte her.

Konklusjon: Pinto (2023) hadde moderat tillit til ingen økt risiko for ondartete feokromocytomer og en svak økning i risiko for godartete. Ingen feokromocytomer ble rapportert i kombinasjonsforsøkene. Mevissen (2025) hadde en moderat tillit til at RF-EMF medfører en økt fare for feokromocytom. Vi kan ikke se noen vitenskapelig begrunnelse for en $\cap$ -formet dose respons, selv om den opptrer i to eksperimenter hos NTP (med identiske kontroller) (2018). Dette svekker grunnlaget for risikovurderingen av binyresvulster, også hos Pinto (2023), ettersom lav/midt dosene fra NTP (2018) gir det positive estimatet i metaanalysene (figur S2,1 og S2-26). NTP selv antydte en stress-respons, men kunne ikke underbygge det med fôrforbruk, aktivitet eller hormoner (ikke målt). Vi justerer ned til lav tillit til effektestimaterne for godartete svulster. Vår **konklusjon** blir at RF-EMF muligens gir en liten økt risiko for feokromocytom samlet, mens det sannsynligvis ikke er noen økt risiko for ondartete feokromocytomer.

[Lenker](#)

Lymfomer

Lymfomer er ondartete svulster som kan være i alle organer. Det er stor forskjell mellom studiene angående spontane lymfomer i kontrolldyr. NTP studien hadde ingen forekomst i noen rottestudier, mens 8 av 180 kontrollmus hadde lymfomer. NTPs historiske kontrolldata viste 17 % forekomst i kontrollmus. Forekomsten i eksponerte var 74 av 1079 mus, derav 43 i hunner. Ingen dosegruppe hadde over 17 % forekomst.

Metaanalysen til Pinto (2023) viste ingen økt risiko for lymfomer (RR = 1,003², 95 % KI 0,969 til 1,038, ut fra 41 sammenligninger med 5645 eksponerte og 2184 kontrolldyr i 15 studier). Pinto (2024) rapporterte en ikke-signifikant økning i relativ risiko basert på kombinerte studier (RR = 1,30 95 % KI: 0,87 til 1,94, ut fra 8 sammenligninger med 587 eksponerte og 278 kontrolldyr i 4 studier).

Dose-respons analyse med BMD ga intet estimat³, så Mevissen konkluderte ut fra 3 signifikante effekter ved lav og midt-dose i NTP hunnmus, GSM og CDMA kombinert, slik at alle ble sammenlignet mot samme kontroll (2 lymfomer i 90 mus). Det betyr at korreksjon for multiple tester vil gjøre at p-verdiene på 0,035 for 5W/Kg GSM og 2,5W/Kg CDMA ikke lenger er signifikante på 5 %-nivå. Da blir Mevissen (2025)

¹ EN $\cap$ -formet dose respons avvises ofte i BMD analyser, strikte kriterier for å godta en polynomial modell

² Pinto 2023 oppgir to tall for RR, ingen kommentar i tekst. Det står 1.04 (1.03-1.05) i deres tabell 10.

³ $\cap$ -formet dose respons avvises ofte i BMD analyser, da kriteriene for å godta en polynomial respons er strikte

stående igjen med 1 signifikant effekt – 2,5W/Kg GSM hunnmus. De støttet konklusjonen på studien i transgene mus til Repacholi (1997), men som har blitt gjentatt uten å finne noen effekter (diskutert i detalj av Mevissen 2025).

Konklusjon: Pinto hadde moderat tillit til metaanalysene. Mevissen (2025) oppga moderat tillit til at det er en økt fare for lymfomer med utgangspunkt i NTP-data som NTP selv konkluderte med «uklar evidens», en konklusjon som ble støttet av patolog-ekspertpanelet.

Vår **konklusjon** blir da i tråd med Pinto (2023); det er sannsynlig at det er ingen økt risiko for lymfomer forbundet med RF-EMF-eksponering.

[🔗 Lenker](#)

Lever

Primære leversvulster kommer fra mange celletyper hos gnagere. De vanligste 3 typene kommer fra leverceller og skillet mellom god- og ondartet er diffust. NTP klassifiserer dem hver for seg og vurderer dem i tillegg samlet, andre er mindre grundige.

Forekomsten i historiske kontroller for leversvulster samlet varierer fra 8 % til 80 % i mus og 2-7 % i rotter (NTP 2019). Funn i mus blir sjelden lagt vekt på i NTP-studier fordi spontan forekomst varierer så sterkt.

Metaanalysen til Pinto (2023) viste ingen økt risiko verken for godartete eller ondartete leversvulster i studier med RF-EMF alene, mens Pinto (2024) viste en økt risiko for ondartede svulster i lever i kombinasjonsforsøk (4 artikler, 8 studier RR: 1,39 (95 % KI 1,08-1,80).

Dose-respons kunne ikke påvises. Mevissen (2025) noterte økt forekomst av hepatoblastomer hos NTPs hannmus ved 5,0 W/Kg CDMA, men en nedgang i forekomst for hepatocellulært karsinom ved 2,5 W/Kg hannmus CDMA. Til tross for denne motsigelsen støttet de sin vurdering av en økt risiko på observasjonene av hepatocellulært karsinom hos Lerchl (Lerchl et al., 2015) og hos Tillmann (Tillmann et al., 2010). Kun den kombinerte eksponeringen med karsinogenet N-etyl-N-nitrosourea ENU¹ viste forskjeller, de fikk ingen forskjeller uten ENU. To av kontrollgruppene i disse andre forsøkene hadde høyere forekomst enn de ENU-eksponerte. Tillmann (2010) rapporterte bare økt forekomst ved ENU+0,58 W/Kg, men forekomsten var lik kontrollverdiene ved ENU+5,76 W/Kg. Lerchl (2015) hadde en påtakelig lik respons ved alle eksponeringer (ENU+ SAR på 0,04, 0,4 og 2 W/Kg), også kritisert av (Nesslany et al., 2015). Ingen gjorde statistisk analyse med hensyn til kulleffekter, til tross for at maternal eksponering ble brukt. Vi regnet ut at all signifikans ville forsvinne dersom kulleffekten var til stede (det er uklart i hvor stor kulleffekten kunne ha vært, vi har ikke fått svar fra Lerchl om kulldata). Alle unntatt 1 signifikante effekt vil også forsvinne etter FDR-korreksjon for antall tester. Tilsvarende kommentarer gjelder også for lunge-dataene omtalt nedenfor.

Konklusjon: Pinto (2023) hadde moderat tillit til begge metaanalysene av RF-EMF alene som viste ingen effekter. Pinto (2024) hadde derimot moderat tillit til økt risiko for ondartete svulster i kombinasjonsforsøkene, mens tilliten var lav til null effekt for

¹ ENU (N-etyl-N-nitrosourea) er et svært potent etylerende mutagen som induserer punktmutasjoner i DNA ved overføring av etylgrupper til nukleotidbaser.

godartete svulster. Mevissen (2025) oppga moderat tillit til at det er en økt fare for leversvulster, til tross for inkonsistensen nevnt over.

Vi opprettholder moderat tillit til ingen effekt (Pinto 2023), men vil gi svært lav tillit til økt risiko etter kombinert eksponering. Rene RF-EMF forsøk veier mer enn kombinerte forsøk. Relevansen av svulster i muselever diskuteres stadig i andre risikovurderinger, og foreslått virkningsmekanisme må støtte vurderingen dersom de skal tillegges vekt.

Vi **konkluderer** at det er sannsynlig at RF-EMF ikke medfører økt risiko for leversvulster.

[🔗 Lenker](#)

Lunge

Primære lungesvulster kommer fra alveole- og bronkiolceller der skillet mellom godartete adenomer og ondartede karsinomer er flytende. Som for leversvulster; NTP klassifiserer dem hver for seg og vurderer dem i tillegg samlet, andre er mindre grundige. Forekomsten i NTPs historiske kontroller for lungesvulster samlet varierte fra 7-28 % i mus og de inkluderte studiene hadde kontrollverdier mellom 14 og 26 % hos hannmus – der effektene hos Mevissen (2025) ble vist.

Metaanalysene til Pinto (2023, 2024) viste ingen samlet endring i risiko for ondartete eller godartete lungesvulster i studier uten karsinogener (henholdsvis RR: 0,89 95 % KI: 0,77, 1,02) og RR: 0,99 95 % KI: 0,87, 1,14). Eksponering med karsinogener og RF-EMF viste heller ingen effekt for ondartete svulster (RR = 1,06 95 % KI: 0,91-1,22), mens metaanalysen viste en økt risiko for godartede lungesvulster (4 artikler, 8 studier, RR = 1,65 95 % KI: 1,35-2,02). Tillmann (2010) og Lerchl (2015) rapporterte også her en påtakelig lik respons som for lever ved tilsvarende eksponeringer (EMU+SAR på henholdsvis 0,58 (ikke 5,76) og 0,04, 0,4 og 2 W/Kg). De brukte uegnet statistisk metode, RF-alene-eksperimenter hadde kontrollgrupper med flere svulster enn ENU+RF eksponerte og i tillegg hadde kontrolldyrene *flere* karsinomer enn de samme eksponerte musene. FDR¹ og Kulleffekt beregninger gjort av oss antyder at signifikansen blir borte i de fleste tilfeller. Vi anser at disse to studiene har høy bias.

Dose-respons BMD₀₁ ble beregnet av Mevissen (2025) for bronkoalveolære adenomer eller karsinomer (kombinert) fra NTP (2018): BMD₀₁ = 0,73 W/Kg, nedre 95 % KI = 0,20, øvre KI ikke estimerbart) og bronkoalveolære karsinomer alene viste en BMD₀₁ = 2,32 W/Kg, 95 % KI 0,50 til 24,32). Ingen direkte parvise sammenligninger var statistisk signifikante. Mevissen (2025) kommenterte at det var overraskende.

Konklusjon: Pinto (2023) hadde moderat tillit til at det ikke var noen sammenheng mellom RF-EMF og lungesvulster i rotter eller mus. Unntaket var at eksponering med karsinogener og godartete lungesvulster (Pinto 2024), basert på studier med høy bias og vi justerer ned til svært lav tillit. Mevissen (2025) oppga en moderat tillit til at det var en økt fare for lungesvulster, noe vi vurderer som tilfeldige funn.

Vår **konklusjon** er at det er sannsynlig at RF-EMF ikke øker risikoen for lungesvulster hos mus.

[🔗 Lenker](#)

¹ FDR – false detection rate – brukes til å korrigere signifikansnivå når mange statistiske analyser gjøres på samme materiale

Nyre

Metaanalysen til Pinto (2024) viste en signifikant økt risiko for ondartede nyresvulster i kombinasjons-studiene, $RR = 2,34$ (95 % KI: 1,34-4,03), uten at primærartiklene rapporterte statistisk signifikante effekter. Også her kan de sannsynligvis feilestimerte konfidensintervallene fra Lerchl (2015) og Tillmann (2010) ha slått ut med 4 kontraster. Det var bare 1 studie i tillegg til disse to, med 4 kontraster. Pinto (2023) viste ingen økt risiko for nyresvulster i studier uten karsinogener ($RR = 0,949$ 95 % KI: 0,572, 1,573), estimatet for godartete svulster tilsa en redusert risiko ($RR = 0,515$ 95 % KI: 0,374, 0,708).

Dose-respons: Mevissen (2025) vurderte nyre-funn som negative.

Konklusjon: Pinto (2023, 2024) ga moderat tillit til alle estimer, men kommenterte at det positive funnet med kombinasjonen med 3 karsinogener i 4 artikler i Pinto (2024) tilsa en forsiktig tolkning av resultatene.

Vår **konklusjon** er at det er sannsynlig at RF-EMF gir ingen eller en svakt økt risiko for nyresvulster hos mus.

[🔗 Lenker](#)

Hud

Metaanalysen fra kombinasjons-eksponeringene (Pinto 2024) en signifikant økt risiko for ondartede hudsvulster ($RR = 1,22$ 95 % KI: 1,03-1,45 $I^2 = 40$ %, 6 artikler og 15 sammenligninger), men ingen økt risiko for godartede ($RR = 0,64$ 95 % KI: 0,39-1,05 $I^2 = 0$, 3 studier med ulike karsinogener). Pinto (2023) viste ingen effekter på hudsvulster etter ren RF-eksponering.

Konklusjon: Pinto (2023) hadde moderat tillit til effektestimatene. Pinto (2024) hadde lav tillit til resultatet for ondartede hudsvulster. 2 utslagsgivende benzopyren-studier manglet blinding og randomisering, hadde mangelfull rapportering og var designet for å detektere latensperiode, ikke eksponeringseffekter, så de hadde høy risiko for bias.

Pinto oppga høy tillit til null-estimatet for godartete hudsvulster ut fra det konsistent lave effektestimatet, men 3 studier med 3 forskjellige karsinogener «kan ikke anses som konkluderende». Mevissen (2025) vurderte hud-funn som negative.

Vår **konklusjon** er at RF-EMF ikke øker risikoen for hudsvulster hos mus.

[🔗 Lenker](#)

Jursvulster

Metaanalysen til Pinto (2023) viste ingen økt forekomst i metaestimatet for ondartede jursvulster etter ren RF-eksponering. Pinto (2024) viste ingen økt forekomst i metaestimatet for ondartede jursvulster ($RR = 1,06$ 95 % KI: 0,93-1,21), men undergruppeanalysen for alle som ble eksponert for DMBA¹ viste et høyere samlet metaestimat ($RR = 1,95$ 95 % KI: 0,93-1,20). De enkelte effektestimatene ved eksponering under 1,5 W/Kg viste ingen økning i RR (Supplementary 3 i Pinto 2024). Mevissen (2025) vurderte jur-funn som negative.

¹ DMBA (7,12-dimetylbenz[a]antracen) er et polysyklisk aromatisk hydrokarbon (PAH) som er et potent kreftfremkallende stoff. Kan brukes for å indusere svulster i dyremodeller.

Konklusjon: Pinto (2024) hadde moderat tillit til effektestimaterne Vår **konklusjon** er at det er sannsynlig at RF-EMF ikke øker risikoen for jursvulster, og det var ingen effekt ved eksponering under grenseverdiene.

Andre svulster

Narrativ gjennomgang ble gjort av Pinto (2023) for 10 studier. Ingen av disse viste noen effekter av RF-EMF alene eller sammen med karsinogen. En artikkel (De Seze 2020) viste effekter med pulser med svært høye eksponeringer (1 MV/m – som er så sterkt felt at det ødelegger elektroniske systemer¹)

[🔗 Lenker](#)

Overlevelse

Pinto (2023) presenterte en metaanalyse av overlevelse i svulstforsøkene med RF-EMF alene (39 eksponeringsgrupper i 17 studier). En samlet standard overlevelsesanalyse var ikke mulig fordi studiene varierte med ulike opptelling av levende og døde dyr, og hvor lenge dyrene gikk etter eksponeringsslutt. Eksponerte dyr hadde en svakt økt sannsynlighet for å leve lengre enn kontrolldyrene (RR = 1,08, 95 % KI 1,03 - 1,14). Estimater var sterkt påvirket av NTP 2018 der eksponerte rotter levde signifikant lengre enn kontrolldyrene. Kun 1 studie viste redusert overlevelse etter en meget høy akutt eksponering (1 MV/m i nanosekund-pulser, se forrige side).

Overlevelse i de kombinerte forsøkene (Pinto 2024) var ikke forskjellig mellom EMF-eksponerte og kontroller (RR = 0,98, 95 % KI 0,96-1,01, I² = 0, 33 studier, 2109 eksponerte/1085 kontroller). Relativ risiko for forkortet livslengde var ikke signifikant økt i noen enkeltanalyse for hvert karsinogen (RR = fra 0,96 til 1,09).

Konklusjon: Pinto (2023,2024) vurderte en høy tillit til effektestimaterne og dette ble vurdert som evidens for ingen helseeffekt i mennesker.

Vi **konkluderer** at RF-EMF ikke medfører økt risiko for redusert livslengde, og det er holdepunkter for at det er overførbart til mennesker.

[🔗 Lenker](#)

SoF tabell 2 Svulster i dyreforsøk (Pinto 2023, 2024; Mevissen (2025))

Populasjon: Gnagere og kaniner, kun villtyper (Pinto 2023) og ekstra følsomme transgene (Pinto 2024, Mevissen (2025))					
Setting: Eksperimentell eksponering, enten kun RF-EMF (Pinto 2023, Mevissen (2025)) eller sammen med kjente karsinogener (Pinto 2024, Mevissen (2025))					
Eksponering: Ulike radiofrekvenser, eksponeringstider/-mål, pulset / kontinuerlig– ikke mobiltelefon					
Sammenligning: Ikke eksponerte, men håndtert som andre dyr («sham»). Burkontroller ekskludert.					
Utfall: Svulst, målt som insidens i eksponert gruppe i forhold til i kontrollgruppe	Eksponering ^{† 1}	Forventede absolutte effekter (95 % KI) ³	Relativ effekt (95 % KI) ⁴	Antall deltakere (# studier, # sammenligninger) ⁵	Forfatterens tillit til effekt-estimatet (GRADE) ⁶
	Malignitet ^{‡ 2}	Eksponert			

¹ 1 MV/m er 200 millioner ganger sterkere enn 5 mV/m, som vanligvis er den sterkeste feltstyrken observert for miljøeksponering fra WiFi/4G.

[†] Eksponering brukt i studien: **E** = kun EMF **K** = EMF + karsinogen i studien, **E K** = E og K samlevurdering

[‡] Histologisk vurdering av malignitet: **O** = ondartet **G** = godartet **H** = hyperplasi, ikke svulst

♀urin/kjønnsorg Pinto (2023)	E O	RD: 0,1 % (-1, 1)	RR: 0,92 (0,72, 1,07) ⁷	2354 eksp, 822 ktrl. (9 studier, 32 sml.)	⊕⊕⊕○ Moderat ^{F B A}
♀urin/kjønnsorg Pinto (2023)	E G	RD: 1,1 % (-1, 3)	RR: 1,021 (0,888, 1,174)	2219 eksp, 822 ktrl. (8 studier, 23 sml.)	⊕⊕⊕○ Moderat ^{F B}
♂urin/kjønnsorg Pinto (2023)	E O	RD: 0,6 % (-2, 1)	RR: 1,756 (1,034, 2,982)	880 eksp, 260 ktrl. (3 studier, 10 sml.)	⊕⊕○○ Lav ^{F B}
♂urin/kjønnsorg Pinto (2023)	E G	RD: -1,8 % (-3, -0,4)	RR: 0,951 (0,915, 0,987)	1523 eksp, 451 ktrl. (5 studier, 17 sml.)	⊕⊕○○ Lav ^{F B}
Beinmarg Pinto (2023)	E O	RD: -0,7 % (-1,2, -0,3)	RR: 0,558 (0,304, 1,024)	1175 eksp, 279 ktrl. (2 studier, 7 sml.)	⊕⊕○○ Lav ^{F B}
Binyre Pinto (2023)	E O	RD: -0,4 % (-1, 0,1)	RR: 1,016 (0,684, 1,51)	3538 eksp, 1166 ktrl. (8 studier, 24 sml.)	⊕⊕⊕○ Moderat ^{F B A}
Binyre Pinto (2023)	E G	RD: 1 % (-0,4, 2,5)	RR: 1,433 (1,088, 1,888)	3656 eksp, 1107 ktrl. (8 studier, 26 sml.)	⊕⊕⊕○ Moderat ^{F B}
Binyre Mevissen (2025) BMH	E K O G H	NTP: økt ved lav/mid dose, ikke ved høy, kun 5 rotter ondartet		540 eksp, 180 ktrl. (1 studier, 2 sml.)	⊕⊕⊕○ Moderat ^K
Blære Pinto (2023)	E O	RD: -0,1 % (-0,4, 0,2)	RR: 0,904 (0,54, 1,512)	2495 eksp, 770 ktrl. (4 studier, 15 sml.)	⊕⊕⊕○ Moderat ^{F B}
Brystkreft/jursvulst Pinto (2023)	E O	RD: -0,1 % (-1, 0,2)	RR: 1,034 (0,839, 1,275)	3362 eksp, 1274 ktrl.. (10 studier, 29 sml.)	⊕⊕○○ Lav ^{F B}
Brystkreft/Jursvulst Pinto (2023)	E G	RD: 1,5 % (-1, 4)	RR: 0,993 (0,93, 1,06)	2975 eksp, 929 ktrl. (8 studier, 26 sml.)	⊕⊕○○ Lav ^{F B}
Brystkreft/jursvulst Pinto (2024)	K O	-	RR: 1,06 (0,93- 1,21)	899 eksp, 364 ktrl. (4 stud, 8 sml.)	⊕⊕⊕○ Moderat ^F
Brystkreft/jursvulst Pinto (2024)	K G	-	RR: 0,89 (0,68- 1,16)	504 eksp, 232 ktrl. (4 stud, 8 sml.)	⊕⊕○○ Lav ^{F K}
Bukspyttkjertel Pinto (2023)	E O	RD: -0,1 % (-1, -0,6)	RR: 1,167 (0,94, 1,45)	2713 eksp, 555 ktrl. (3 studier, 18 sml.)	⊕⊕⊕○ Moderat ^{F B A}
Bukspyttkj Pinto (2023)	E G	RD: 0,4 % (-0,1, 1)	RR: 1,082 (0,906, 1,293)	3333 eksp, 1007 ktrl. (7 studier, 23 sml.)	⊕⊕⊕○ Moderat ^{F B P}
Histiocytært sarkom Pinto (2023)	E O	RD: 0,3 % (-0,1, 1)	RR: 0,979 (0,735, 1,305)	3724 eksp, 1155 ktrl. (8 studier, 26 sml.)	⊕⊕⊕○ Moderat ^{F B A}
Histiocytært sarkom Pinto (2024)	K O	-	RR: 0,75 (0,40- 1,40)	587 eksp, 278 ktrl. (4 stud, 8 sml.)	⊕⊕⊕○ Moderat ^F
Hjerne Pinto (2023)	E O	RD: 0,8 % (0,3, 1,2) ⁸	RR: 1,392 (1,072, 1,807)	4779 eksp, 2007 ktrl. (9 studier, 26 sml.)	⊕⊕○○ Lav ^{2F B A}
Hjerne uten NTP2018 Pinto (2023)	E O	-	RR: 1,267 (1,003, 1,603)	3699 eksp, 1827 ktrl. (8 studier, 20 sml.)	ikke oppgitt ^{F B}
Hjerne, SNS Pinto (2023)	E G	RD: 0,6 % (0,3, 0,9)	RR: 2,163 (1,371, 3,411)	2711 eksp, 997 ktrl. (2 studier, 9 sml.)	⊕○○○ Svært Lav ^{F B b}
Hjerne Pinto (2024)	K O	-	RR: 0,94 (0,86- 1,03)	2096 eksp, 1585 ktrl (11 stud, 21 sml.)	⊕⊕⊕○ Moderat ^b

Hjerne Pinto (2024)	K G	-	RR: 0,54 (0,24-1,19)	886 eksp, 428 ktrl. (5 stud, 10 sml.)	⊕⊕⊖⊖ Lav ^{F b}
Glia-svulster Pinto (2023)	E O	-	RR: 2,63 (1,69, 4,11)	3601 eksp, 1487 ktrl. (6 studier, 16 sml.)	ikke vurdert ^{F B}
Hjerne, gliom Mevissen (2025)	E O	NTP: BMD ₀₁ : 4,24 W/Kg (KI 2,70, 10,24), ♂rotte CDMA + Trend i Anderson 2004 ⁹		NTP: 270 eksp, 90 ktrl. Anderson: 180 eksp 90 ktrl. 16 studier vurdert	⊕⊕⊕⊕ Høy
Hjernehinne ¹⁰ Pinto (2023)	E O	-	RR: 1,6 (1,05, 2,45)	3541 eksp, 1487 ktrl. (6 studier, 15 sml.)	ikke vurdert ^{F B}
Hjernehinne Pinto (2023)	E G	-	RR: 2,16 (1,37, 3,41)	2711 eksp, 997 ktrl. (6 studier, 15 sml.)	ikke vurdert ^{F B}
Hjerte Pinto (2023)	E O	RD: 0,8 % (0,3, 1)	RR: 3,238 (2,105, 4,983)	3790 eksp, 1117 ktrl. (3 studier, 15 sml.)	⊕⊖⊖⊖ Svært lav ^{F B 2b (A)}
Hjerte, schwannom Mevissen (2025)	E K O	BMD ₀₁ : 1,918 W/Kg (0,71 - 4,145) (NTP) ¹¹		270 eksp, 90 ktrl. (NTP ♂rotte CDMA)	⊕⊕⊕⊕ Høy
		BMD ₀₁ : 0,177 W/Kg (0,125, 0,241) (Falcioni)		817 eksp, 412 ktrl. (Falcioni ♂rotte GSM)	Lav, uspesifisert (uklar dosimetri)
Hud Pinto (2023)	E O	RD: -0,9 % (-2, 0,2)	RR: 0,755 (0,566, 1,008)	2456 eksp, 658 ktrl. (5 studier, 15 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^{F B A}
Hud Pinto (2023)	E G	RD: 0,3 % (-0,5, 1,2)	RR: 1,14 (0,797, 1,63)	2260 eksp, 460 ktrl. (3 studier, 13 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^{F B}
Hud Pinto (2024)	K O	-	RR: 1,22 (1,03-1,45)	917 eksp, 452 ktrl. (6 stud, 15 sml.)	⊕⊕⊖⊖ Lav ^{F B}
Hud Pinto (2024)	K G	-	RR: 0,64 (0,39-1,05)	338 eksp, 212 ktrl. (3 stud, 8 sml.)	⊕⊕⊕⊕ Høy
Hypofyse Pinto (2023)	E O	RD: 0,2 % (-0,1, 0,5)	RR: 0,981 (0,774, 1,243)	3193 eksp, 887 ktrl. (7 studier, 25 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^{F B A}
Hypofyse Pinto (2023)	E G	RD: 0,5 % (-0,4, 1,3)	RR: 1,033 (0,972, 1,097)	4105 eksp, 1195 ktrl. (8 studier, 31 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^{F B}
Leukemi Pinto (2023)	E O	RD: 0,6 % (0,2, 1)	RR: 0,884 (0,738, 1,059)	2939 eksp, 800 ktrl. (5 studier, 17 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^{F B A}
Lever Pinto (2023)	E O	RD: 0,2 % (-0,2, 1)	RR: 0,958 (0,861, 1,066)	3497 eksp, 1086 ktrl. (8 studier, 25 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^{F B A}
Lever Pinto (2023)	E G	RD: -0,4 % (-1, 1)	RR: 1,044 (0,945, 1,153)	3915 eksp, 1346 ktrl. (10 studier, 28 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^{F B}
Lever Pinto (2024)	K O	-	RR: 1,39 (1,08-1,80)	586 eksp, 278 ktrl. (4 stud, 8 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^F
Lever Pinto (2024)	K G	-	RR: 1,05 (0,79-1,39)	586 eksp, 278 ktrl. (4 stud, 8 sml.)	⊕⊕⊖⊖ Lav ^{F K}
Lever Mevissen (2025)	E K O G	NTP: økt ved mid dose redusert ved lav dose		NTP: 270 eksp, 90 ktrl. (21 studier, ? sml)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^K
Lunge Pinto (2023)	E O	RD: 0 % (-0,3, 0,4)	RR: 0,886 (0,769, 1,021)	3394 eksp, 1031 ktrl. (7 studier, 23 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^{F B A}

Lunge Pinto (2023)	E G	RD: -0,4 % (-0,8, 0)	RR: 0,994 (0,87, 1,135)	3314 eksp, 911 ktrl. (7 studier, 24 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^{F B}
Lunge Pinto (2024)	K O	-	RR: 1,06 (0,91- 1,22)	587 eksp, 278 ktrl. (4 stud, 8 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^F
Lunge Pinto (2024)	K G	-	RR: 1,65 (1,35- 2,02)	587 eksp, 278 ktrl. (4 stud, 8 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^F
Lunge Mevisen (2025)	E K O G H	NTP: BMD01: 0,729 (BMDL: 0,197) adenom + karsinom		270 eksp, 90 ktrl. (NTP ♂ mus GSM)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^K
Lymfeknuter (brysthule) Pinto (2023)	E O	RD: -0,2 % (-1, -0,6)	RR: 0,822 (0,436, 1,551)	2241 eksp, 631 ktrl. (4 studier, 16 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^{F B A}
Lymfom Pinto (2023)	E O	RD: -0,2 % (-0,8, 0,3)	RR: 1,003 ¹² (0,969, 1,038)	5645 eksp, 2184 ktrl. (15 studier, 41 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^{F B A}
Lymfom Pinto (2024)	K O	-	RR: 1,30 (0,87- 1,94)	587 eksp, 278 ktrl. (4 stud, 8 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^F
Lymfom Mevisen (2025)	E K? O	NTP: økt i lav/mid doser, ikke ved høy dose, ikke dose-respons		540 eksp, 90 ktrl. (NTP ♂ mus GSM CDMA)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^K
Mage Pinto (2023)	E O	RD: -0,3 % (-0,8, 0,1)	RR: 0,777 (0,321, 1,881)	1179 eksp, 280 ktrl. (2 studier, 7 sml.)	⊕⊕⊖⊖ Lav ^{F B}
Mage Pinto (2023)	E G	RD: -0,3 % (-0,5, -0,1)	RR: 0,719 (0,525, 0,985)	2330 eksp, 548 ktrl. (4 studier, 14 sml.)	⊕⊕⊖⊖ Lav ^{F B}
Milt Pinto (2023)	E O	RD: 0,1 % (-1,2, 1,3)	RR: 1,067 (0,35, 3,22)	2282 eksp, 506 ktrl. (4 studier, 14 sml.)	⊕⊕⊖⊖ Lav ^{F B P A}
Milt Pinto (2024)	K O	-	RR: 0,59 (0,12- 2,81)	487 eksp, 228 ktrl. (3 stud, 6 sml.)	⊕⊕⊖⊖ Lav ^{F P}
Milt Pinto (2024)	K G	-	RR: 1,03 (0,42- 2,53)	487 eksp, 228 ktrl. (3 stud, 6 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^F
Nyre Pinto (2023)	E O	RD: -0,4 % (-1, 0)	RR: 0,949 (0,572 - 1,57)	2460 eksp, 519 ktrl. (3 studier, 14 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^{F B A}
Nyre Pinto (2023)	E G	RD: -1 % (-1,5, -0,5)	RR: 0,515 (0,374 - 0,708)	2296 eksp, 513 ktrl. (4 studier, 14 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^{F B}
Nyre Pinto (2024)	K O	-	RR: 2,34 (1,34- 4,03)	585 eksp, 278 ktrl. (4 studier, 8 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^F
Nyre Pinto (2024)	K G	-	RR: 0,84 (0,47- 1,51)	585 eksp, 278 ktrl. (4 stud, 8 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^F
Sensorisk system Pinto (2023)	E O	RD: 0,1 % (-0,2, 1)	RR: 1,028 (0,681, 1,552)	3034 eksp, 712 ktrl. (4 studier, 20 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^{F B A}
Sensorisk system Pinto (2023)	E G	RD: 1 % (-0,7, 2,6)	RR: 1,007 (0,754, 1,345)	1976 eksp, 479 ktrl. (3 studier, 15 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^{F B}
Sentralnervesystem (inkl hjerne) Pinto (2023)	E O	RD: 0,9 % (0,4, 1,3)	RR: 1,405 (1,07, 1,84)	4779 eksp, 2007 ktrl. (9 studier, 26 sml.)	⊕⊕⊖⊖ Lav ^{2F B (A)}
Skjoldbruskkjertel Pinto (2023)	E O	RD: -0,1 % (-0,5, 0,2)	RR: 1,229 (0,963, 1,567)	3790 eksp, 1094 ktrl. (7 studier, 26 sml.)	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^{F B A}
Skjoldbruskkjertel Pinto (2023)	E G	RD: 0,5 % (0, 1)	RR: 1,139 (0,979, 1,327)	3574 eksp, 1080 ktrl.	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^{F B}

				(7 studier, 24 sml.)	
Tarm Pinto (2023)	E 	RD: -0,8 % (-1,2, -0,4)	RR: 0,585 (0,399, 0,857)	2376 eksp, 505 ktrl. (3 studier, 14 sml.)	 Lav ^{2F B A}
Tarm Pinto (2023)	E G	RD: 0 % (-1, 5)	RR: 1,137 (0,488, 2,651)	2055 eksp, 345 ktrl. (2 studier, 12 sml.)	 Lav ^{F B P}
Tymus/Brissel Pinto (2023)	E 	RD: 0 % (-0,3, 0,4)	RR: 0,912 (0,582, 1,429)	1938 eksp, 527 ktrl. (3 studier, 14 sml.)	 Lav ^{F B}
Tymus Pinto (2023)	E G	RD: -0,2 % (-0,5, 0,2)	RR: 0,83 (0,645, 1,067)	2104 eksp, 527 ktrl. (3 studier, 15 sml.)	 Lav ^{F B}
Overlevelse, EMF-eksponering med kjente karsinogener					
Levealder i forsøket, RR>1 = eksponerte dyr levde lengre . Pinto (2023)	E	-	RR: 1,08 (1,03- 1,13)	2109 eksp, 1085 ktrl. (12 stud, 33 sml.)	 Moderat for økt Høy for ikke redusert levealder
Levealder i forsøket, RR<1 betyr lengre (omvendt over) Pinto (2024)	K	-	RR: 0,98 (0,96- 1,01)	2109 eksp, 1085 ktrl. (12 stud, 33 sml.)	 Høy

- 1 Eksponering : **E** = kun EMF **K** = EMF + karsinogen i studien, **E K** = E og K samlevurdering (som over)
- 2 Histologisk vurdering: = ondartet = godartet **H** = hyperplasi, ikke svulst (som over)
- 3 RD = risiko differanse, absolutt prosentvis endring i risiko mellom kontroll-risiko og eksponert-risiko
- 4 RR = relativ risiko; Relativ effekt på 1 er ingen effekt. Om konfidensintervall (KI) går fra under 1 til over 1 er det ikke signifikant på 95 %-nivå
- 5 Forsøksdesign: XB = randomisert blokkdesign
- 6 Forfatterens vurdering, vi har konkludert i teksten ut fra en samlet vurdering av evidens for hvert organ, godartet og ondartet, samlet for de 3 publikasjonene
- 7 Ulike tall i Tabell 3 og tabell 10 i Pinto (2023), liten betydning
- F Nedgradert et nivå for svakheter i design, vanligvis at kontrollgruppe er <50 % av testgruppe – som når kontrollgruppe brukes i flere sammenligninger
- K Nedgradert et nivå for inkonsistens (heterogenitet)
- A Oppgradert for sammenlignbar respons i to dyrearter
- 8 3 rotter med gliom ved høyeste dose (3 %), 0 i de 3 andre gruppene, alle grupper var på 90 rotter.
Historiske kontroller: 1-4 %
- 2F Nedgradert to nivåer for svakheter i design; (tampreparater ofte autolysert og uten/dårlig histologi)
- 9 NTP (2018) Rotte CDMA ♂: insidens for gliom: 3/90 for høyeste dose, andre: 0/270. Anderson 2004, insidens for oligodendrogliom: 0/90 (ktrl) 1/90 (0.16 W/Kg) 2/90 (1.6 W/Kg)
- 10 Hjernehinne-svulster
- 2b Nedgradert to nivåer for publikasjonsbias; hjerte. Mange null-funn er urapportert i primærlitteraturen.
(A) Oppgradert for sammenlignbar respons i to dyrearter; schwannomer i rotte, hemangiomer/hemangiosarcom i mus. Hemangiomer er godartet, men likevel med i denne metaanalysen.
- 11 ingen kontrollrotter med hjerteschwannom, 2 ved lav dose, 3 ved mid dose, 6 ved høy dose, alle grupper var på 90 rotter. Historiske kontroller: 1-4 %
- B Nedgradert et nivå for bias; når flere inkluderte studier har Nivå 2 og 3 i OHAT
- 12 Fra Tabell 3 i Pinto (2023), tabell 10 i Pinto (2023) har andre tall. Gjelder lymfom, jursvulst,
- P Nedgradert et nivå for lav presisjon; RR viser positive og negative effekter med store KI

Diskusjon: Svulstrisiko i dyreforsøk

Pinto (2023) vurderte ut fra metaanalyser at RF-EMF-eksponering i dyreforsøk gir:

- ingen forkortet livslengde.
- sannsynligvis liten eller ingen endring i risiko for i alt 14 ondartede og 10 godartede svulsttyper.
- sannsynligvis en liten reduksjon i risiko for godartede svulsttyper i nyrer.
- muligens en liten økt risiko ($\leq 1\%$) for gliom, meningeom og hjerne/CNS-svulster samlet.
- muligens en liten eller ingen endring i risiko for i alt 6 ondartede og 2 godartede svulsttyper i andre organer.
- en svakt økt eller ingen effekt på risiko for ondartede svulster i hjerte og godartede svulster i hjerne (vurdert samlet), men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Pinto (2024) fant mindre avvik fra dette mønsteret i kombinasjonsforsøk med karsinogener. De anmerket at ingen hjerteschwannomer eller hjernesvulster ble registrert i disse forsøkene, som riktig nok ikke varte i 2 år.

Mevissen (2025) konkluderte ut fra ett nivå 1 forsøk (NTP 2018) at RF-EMF gir en liten økning i hjerteschwannomer og en mindre økning i gliomer. Begge utfall viste en dose-respons. Mevissen (2025) konkluderte videre ut ifra tilsvarende enkeltstudier at RF-EMF sannsynligvis medfører en økt fare for lymfomer og svulster i lever, binyrer og lunge. Videre vurderte de at det var ingen eller minimal evidens for en sammenheng mellom svulster i gastrointestinal/fordøyelsessystem, nyrer, jur, urinveier, endokrint system, muskel- og skjelettsystem og reproduksjonssystem.

Pinto (2023, 2024) gjennomførte en standard metaanalyse, Mevissen (2025) konkluderte ut fra enkeltresultater fra enkeltstudier. Begge oversiktene var sterkt påvirket av NTP (2018) studiene, som var de beste dyreforsøkene ut ifra design, kvalitet på dyr, dyrehold, eksponeringskontroll og patologiske undersøkelser.

NTP (2018) har fått noen kritiske kommentarer av en del punkter ((ICNIRP, 2020b) og USAs legemiddeltilsyn (FDA, 2020) som er verdt å diskutere i forhold til alle resultater i disse 2 oversiktene:

- Mange signifikant sammenhenger vil dukke opp ved en tilfeldighet når man vurderer mange utfall (Type I feil), og p-verdiene skal korrigeres for antall tester (f. eks. Bonferroni-korreksjon eller False Detection Rate). ICNIRP har for eksempel kommet med dette argumentet.
 - I diskusjon med FDA-representanter understreket NTP at hjerte- og hjernesvulstene ikke kunne tilskrives tilfeldigheter ut ifra en rekke statistiske og kliniske kriterier (Wyde et al., 2016). Wyde kommenterte at det ikke gjaldt andre endepunkter.
 - Mevissen (2025) konkluderte ut fra dose-respons i ett enkeltutfall for hjertesvulster i NTP (2018) (♂rotter, CMDA). Selv om de ikke nevnte det, var det sporadisk forekomst av hjertesvulster hos ♂rotter, GSM, og i enkelte ♀rotter – men aldri i kontrolldyrene. Hjertefunnene kan vanskelig avvises som selektiv rapportering («cherry picking»).

- Mevissen (2025) konkluderte ut fra ett enkeltutfall for hjernesvulster som viste en dose respons i NTP (2018) (3♂rotter, CMDA). De støttet konklusjonen på resultater fra 3♂F344-rotter fra en annen stor NTP-studie (Anderson et al., 2004). Funnet har tvilsom statistisk styrke med så få tilfeller.
- Mevissen (2025) slo sammen adenomer (godartete) og karsinomer (ondartete) i lunge, lever og binyre. Forfatterne skrev at de la mindre vekt på kombinerte studier enn rene EMF-eksponeringer, men støttet likevel konklusjonene for lymfom, lunge og lever på 2 svake kombinasjonsstudier. Resultatene har høy risiko for bias.
- Liten effektstørrelse er gjennomgående
 - Mevissens ustandard BMD₀₁ beregninger var ikke robuste nok til risikovurdering. Standard BMD analyse ville blitt usikker, med BMD₁₀ langt over øverste dose og vide konfidensintervall.
 - RD-verdiene var aldri over 2 % hos Pinto (2023), som tilsier en svært liten effekt. Dette har betydning for en risikovurdering, men er ikke relevant for en fare-vurdering. Til sammenligning var RD for hjerteschwannomer i NTPs CDMA-hanner på 2,3, 3,3 og 6,7 %
- Ikke helt sammenlignbare funn i oversiktene
 - Mevissens (2025) analyserte enkelt-utfall fra enkelte studier i hanndyr og støttet konklusjonen med utvalgte *positive* funn. De balanserte ikke mot *negative* studier, for eksempel null funn i hunnrotter eller mus.
 - Pinto (2023) trakk ned i GRADE for design når metaanalysen ble biased av gjentatt bruk av kontrollgrupper, og trakk ned der negative funn var åpenbart underrapportert. Pinto ga på sin side plusspoeng i GRADE der mus og rotter viste samme tendens.
- Oppvarming er en mulig mekanistiske forklaring
 - NTP 2018, hovedkilden til rapporterte effekter, brukte det høyeste mulige eksponeringsnivå uten dødelig oppvarming (6W/Kg i rotte, 10W/Kg i mus). Beregninger har vist at det var betraktelig termisk stress i høyeste hannrottegruppe (Kuhne et al., 2020), men da basert på pilotstudien ettersom kroppstemperatur ikke ble monitorert i hovedstudien. Mevissen (2025) vurderte om oppvarming kunne ha vært årsaken ved 1,5 W/Kg gjennom et økt oksidativt stress, selv om de ikke støttet den ene eller andre mekanistiske hypotesen.
 - BMD₀₁ verdiene var ikke så langt fra postulert oppvarming, mens BMD₁₀ vil ligge langt over anslått grense for termisk effekt.
 - Tidligere høy-kvalitets-studier som rapporterte null effekter har eksponert med lavere SAR enn NTP (2018). Uten å korrigere for økning i kroppsvekt i løpet av 2-års eksponering hadde SAR-verdiene gått ned i løpet av disse studiene.¹
 - Ved 106 ukers eksponering med 1,5 W/Kg (NTPs laveste SAR) er termiske effekter aktuelle. Kontinuerlig eksponering med SAR = 0,08 W/Kg (grenseverdien for mennesker) vil ikke kunne gi oppvarming ifølge ICNIRP. Realistisk eksponering ble anslått til å gi en samlet effektavsetning fra RF-EMF til hjerne på cirka 1 J/døgn (Tabell 1). Muligheten for en oppvarmingseffekt i lang tids dyreforsøk var på en helt annen skala enn hva som realistisk kan forekomme hos mennesker.

- Mevissen (2025) hevdet at oppvarming ikke tidligere har blitt vist som en risikofaktor for svulstdannelse og at dyreforsøk hittil ikke har kunnet skille mellom varmeeffekter og ikke-termiske effekter. FDA (2020) kunne heller ikke vise til studier av varmeeffekter og kreft/svulstforekomst, selv om de vurderte at varmeeffekter var den mest sannsynlige forklaringen av resultatene i NTP-studiene.

Andre oversikter

Ingen andre systematiske oversikter over dyreforsøk med RF-EMF og svulster/kreft ble funnet.

Konklusjon

Pinto (2023,2024) konkluderte med at deres funn ikke var egnet til risikovurdering for mennesker, og framhevet årsaker som design (kontrollgrupper passet ikke for metaanalyse), bias (bl.a. manglende blinding) og at GRADE-metoden ikke var optimal. Mevissen (2025) konkluderte med at de hadde påvist en fare ved RF-EMF-eksponering, men ikke hadde nok grunnlag for å angi en terskelverdi eller sikkert nivå for RF-EMF-eksponering. Mevissen (2025) anbefalte at det ikke gjøres flere store dyrestudier, men at fokus nå bør være på mekanistiske studier for å skille varmeeffekter fra mulige andre helseeffekter.

Vår konklusjon er at kreftforsøk i dyr ikke har gitt evidens for at RF-EMF-eksponering *under grenseverdiene* gir noen økning i risiko for kreft hos mennesker. Ved høyere eksponering over lang tid kan man ikke utelukke varme- eller andre stresseffekter i dyrestudiene.

Tabell 6 Retning og tillit: Svulstrisiko i dyreforsøk (Pinto (2023, 2024), Mevissen (2025))

Utfall / eksponering	Gliom	Meningeom	Hjertesvulster	Hjerne samlet	Lymfom	Binyre	Lever	Lunge	Andre svulster vurdert	
									Moderat tillit (M)	Lav tillit (L)
Forfatternes vurdering av retning og tillit til effekt av RF-EMF på svulstforekomst i dyreforsøk										
Svulster, ondartet / RF-EMF alene	L ↑ M/H ↑ ^M	L ↑ (↔ ^M)	SL ↑ ^a H ↑ ^{Ma}	1L ↑	M↔ M↑ ^M	M↔ M↑ ^M	M↔ M↑ ^M	M↔ M↑ ^{Mc}	11M ↔	7L ↔
Svulster, godartet / RF-EMF alene	Ingen funn		i ^M	1SL ↑ (↔ ^M)	-	M↑ i ^M	M↔ i ^M	M↔ i ^M	7M ↔	5L ↔
Svulster, ondartet / RF-EMF + karsinogen				1M ↔ (↔ ^M)	M ↔ M↑ ^M	(↔ ^M) i ^M	M↔ i ^M	2M ↔ 1M↑ ^{b e}	1L ↔ 1L ↑	
Svulster, godartet / RF-EMF + karsinogen				1L ↔ (↔ ^M)	-	(↔ ^M)	M↔	M↔	2M ↔	1L ↔ 1H ↔

Tillit til effektestimatet: høy (H), moderat (M), moderat /høy (M/H), lav (L), svært lav (SL).

Retning: reduksjon ↓, økning ↑, liten eller ingen endring ↔

^M Vurdert av Mevissen (2025), eventuelt med en annen konklusjon. Alltid NTP-studier, eventuelt støttet på 1-2 andre studier. (↔^M): ingen effekt i deres oversikt. i^M: godartete/kombi-eksponering tatt med for å støtte konklusjonen gjort i første linje i tabellen

^a Hjerte, Pinto (2023): svært lav tillit, Mevissen (2025): høy tillit, dose-respons påvist i et NTP-forsøk

^b Nyre, Pinto (2024) (↑), Mevissen (2025): negativt

^d Hjerne, Lunge: Mevissen (2025): dose respons påvist i ett NTP-forsøk

^{e f h} Pinto (2023) kommenterte at «Although a slightly increased risk for malignant tumors, numerically significant, was observed in the kidney and liver, as well as for benign tumors in the lung, the limited number of eligible papers (4) and the use of different carcinogens (3) do not establish a robust foundation for assessing a “moderate” level of evidence for health effects.» (side 25).(selv om SoF tabellen oppga moderat tillit)

Reproduksjon og utvikling

HOVEDFUNN:

Sædcelle-effekter i menn vurdert i epidemiologiske studier viste ingen statistisk signifikante effektestimater i metaanalysene. Alle studiene fikk trekk for bias og inkonsistens og indirektehet. 4 studier vurderte realistisk eksponering fra bukselomme versus lengre avstand fra testiklene. Ingen effekt ble påvist. **Eksperimentell** eksponering av sædceller i klinikker/laboratorier (*ex vivo/in vitro*) antydte en liten reduksjon i spermie-vitalitet etter eksponering, men viste ingen utslag på spermie-kromatin. **Yrkesmessig** eksponering viste ingen signifikante effekter. Effekten av RF-EMF-eksponering på sædceller (konsentrasjon, morfologi (ytre form), bevegelighet og antall) ble vist i flere studier. Ingen tillitsvurdering ble gitt i oversikten fordi studiene var for ulike.

Kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert for alle sædcelle-effekter i menn.

Mannlig fertilitet ble undersøkt i et fåtall studier, men ingen effekt ble observert.

Kvinnelig fertilitet og utviklingsforstyrrelser ble vurdert for pre-termin fødsler, fødselsvekt, spontanabort og misdannelser. Kun risikoen for SGA, som betyr at barnet er lite for svangerskapsalder, var signifikant økt. Vi konkluderer at RF-EMF nok har liten eller ingen effekter på kvinnelig fertilitet, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Eksperimentell EMF-eksponering i dyreforsøk ble vurdert i studier med til dels meget høy eksponering, og en rekke effekter kunne tilskrives høye SAR-verdier og sannsynlig oppvarming. RF-EMF-eksponering kan sannsynligvis medføre redusert befruktningsevne, men har sannsynligvis ingen eller en svært liten påvirkning på kullstørrelse. RF-EMF kan muligens medføre en redusert spermiekonsentrasjon. Kunnskapsgrunnlaget fra alle andre utfall basert på spermieanalyser er svært usikkert, selv om hannlig fertilitet viste tendens til midlertidig nedgang og sædkvalitet var konsistent forringet i eksponerte grupper.

Hunnlig fertilitet var ikke¹ påvirket for kullstørrelse og preimplantasjonstap, men det var en mulig økt risiko for post-implantasjonstap. Mindre fødselsvekt var sannsynligvis koblet til EMF-eksponering, og det var muligens en negativ effekt på fødselslengde hos avkom.

Forekomst av hjernepatologi blir sannsynligvis ikke påvirket, mens det kan muligens gi en økt forekomst av misdannelser. Atferdstesting av avkom viste ulike effekter, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert. Klinisk relevans for human eksponering ved gjeldende grenseverdier er utilstrekkelig.

¹ GRADE terminologi: høy tillit i dette tilfellet, mens «sannsynligvis» tilsvarer moderat tillit, «muligens» til lav tillit og svært lav tillit uttrykkes med «kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert»

Fertilitet hos menn og hanndyr

Studier av mannlig fertilitet er overveiende gjort i sædcelle-analyser, som kan deles i 3 grupper:

- Humane epidemiologiske studier tverrsnittstudier baserer seg på analyser av spermieprøver der eksponeringen vanligvis beregnes ut fra mobiltelefon-bruk registrert med spørreskjemaer. Prøvene kan være fra friske givere, men også fra pasienter ved fertilitetsklinikker. Pasienter ved fertilitetsklinikker er ikke representative for friske personer, så det innebærer en bias. Siste og beste oversikt på dette er Kenny (2024).
- *In vitro* humane studier, der spermieprøver – ejakulat – eksponeres for RF-EMF. Det har betydning om prøvene kommer fra pasienter eller friske. Flere faktorer kan bidra til variasjon i prøvematerialet ved behandling av ejakulat fra prøvetaking til forbehandling og utførelse av forsøk i laboratoriet. Samlet kan dette føre til økt heterogenitet og dermed resultater som er vanskeligere å tolke. Siste og beste oversikt på dette er Cordelli (2024).
- Dyrestudier hvor hele dyret eksponeres for RF-EMF og sædceller tas fra bitestikkel, fersk eller frossen prøve. Dette inkluderer også testikkelanalyser (histologi, DNA-analyser m. fl). Siste og beste oversikt på dette er også Cordelli (2024).

Der vi oppgir referanser for enkeltstudier, må disse hentes fra Cordelli (2024) og Kenny (2024), og er ikke med i vår referanseliste.

Eksponering fra mobiltelefon i epidemiologiske studier

Den nyeste og beste oversikten med lav bias over epidemiologiske studier av mannlig spermiekvalitet (Kenny 2024) (lav bias i ROBIS) rapporterte fra 8 primærstudier; 7 epidemiologiske studier og 2 studier av yrkesmessig eksponering. Tverrsnittstudier, pre-kliniske studier, studier basert på påmelding på eget initiativ og *in vitro*-studier ble ikke vurdert. Utfallene måtte være vurdert av kliniske eksperter. Metaanalysene ble gjort som dose-respons i forhold til samtaletid, basert kun på 2-3 studier. Vi refererer Kennys metaanalyser i [SoF tabell 3](#), og i tillegg refererer vi oppsummeringen av enkeltstudier som ikke ble tatt med i metaanalysene. Oversikten over kvinnelig fertilitet (Johnson 2024) har i tillegg vurdert effekten av mannlig eksponering på kvinnelige fertilitetsmål i 2 studier (omtales på side 98).

Sædcellekonsentrasjon (5 studier)

Varighet av telefonbruk. 3 studier kunne kombineres for dose-respons metaanalyse. Dose-responsanalysen, basert på brukstid/kontakt med mobiltelefon, ble kategorisert mellom 0 og 300 minutter. Evidensen var svært usikker for effekten av å bruke mobiltelefon i 1 time per dag sammenlignet med ingen bruk på sædcellekonsentrasjon (MD = $1,6 \cdot 10^6$ /mL; 95 % KI -1,7- 4,9 10^6 /mL, n = 713, p = 0,34, se Fig. 2; svært lav tillit). Heterogenitet var svært høy ($I^2 = 90$ %).

Tilleggsstudier: 2 andre studier kunne ikke inkluderes i metaanalysen: I en justert analyse var det en svak ikke-signifikant nedgang ved å sammenligne mobiltelefon-bruk i 0–5 år med 11–25 år når det gjelder sædcellekonsentrasjon per 10^6 /mL ($\beta = -0,33$, p = 0,14).

Den andre studien rapporterte effektene av mobiltelefoner, datamaskiner og andre elektroniske enheter på sædcellekonsentrasjon. Den rapporterte at 3,1 til 4,5 timers daglig bruk og >4,5 timer bruk ikke var statistisk signifikant forskjellig fra 0-3 timers bruk per dag (henholdsvis 1,2 % mindre, 95 % KI 10,2 % mindre til 8,7 % høyere; og 2,5 % mindre, 95 % KI 10,5 mindre til 6,2 % høyere). Data i denne studien ble imidlertid ikke rapportert på deltakernivå, men som et gjennomsnitt over tid av alle sædprøver levert av hver enkelt deltaker.

Konklusjon: Kenny (2024) hadde svært lav tillit til effektestimater. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert

Telefonens posisjon. En studie med 2 kohorter rapporterte at spermiekvaliteten ikke ble signifikant påvirket av å ha mobiltelefonen i bukselomma i 3–7 timer og ≥8 timer sammenlignet med 0–2 timer (justert prosentvis forskjell 9,6 % (95 % KI: –13,7 til 39,2 %), 13,8 % (95 % KI: –7,4 til 39,7 %)). Tilsvarende fant en annen studie ingen signifikante effekter på sædcellekonsentrasjon av å bære mobiltelefonen i buksen (prosentvis endring –0,3, 95 % KI: –7,6 til 7,7). 2 andre studier rapporterte heller ingen statistisk signifikante effekter på sædcellekonsentrasjon når man sammenlignet å bære en telefon i lommen med andre steder (for eksempel skjorte, belte) eller med ikke-brukere. Imidlertid rapporterte disse 2 studiene kun om antall personer som bar telefonen på forskjellige steder uten å vurdere eksponeringstider. Ingen metaanalyse kunne gjennomføres.

Sædcellemorfologi (4 studier)

4 studier rapporterte effektene av mobiltelefoneksponering på morfologi i form av prosentandel normale spermier, en av disse ble bare vurdert narrativt.

Varighet av telefonbruk. En dose-respons metaanalyse ble gjennomført på 3 studier basert på brukstid/kontakt med mobiltelefon, kategorisert mellom 0 og 300 minutter. Bevisene ble svært usikre om effekten av å bruke mobiltelefon i 1 time per dag sammenlignet med ingen bruk (MD = 0,15 % unormale sædceller; 95 % KI –0,21 til 0,51). Svært høy heterogenitet ($I^2 = 83,3$ %, $\tau = 0,0044$). Kenny (2024) ga resultatet svært lav tillit (SoF tabell 3).

Tilleggsstudier: 1 studie rapporterte en positiv sammenheng mellom prosentandelen atypiske sædceller hos personer med mer enn 11 års mobiltelefonbruk sammenlignet med 0-5 års bruk (beta-koeffisient = 19; $p = 0,002$), prosentandelen hodeavvik (beta-koeffisient = 17,58; $p = 0,01$), men ingen effekter på nakke- eller haleavvik.

Telefonens posisjon: 2 studier fant ingen signifikante forskjeller i sædmorfologi hos menn som bar telefonen på forskjellige steder.

Konklusjon: Kenny (2024) oppga ingen tillitsvurdering. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert (SoF tabell 3).

Total sædcelle-bevegelighet (%).

Kenny (2024) fant 4 studier som rapporterte effektene av mobiltelefoneksponering på total sædcelle-bevegelighet. Ingen studier var egnet for metaanalyse eller GRADE-vurdering.

Narrativ gjennomgang: **Varighet av telefonbruk.** En studie som gjennomførte justert analyse antydte en liten forskjell i sædcelle-bevegelighet mellom menn som ikke brukte mobiltelefon; versus de som brukte den <2timer/dag ($\beta = 6,38$ % høyere, 95 % KI: 1,2 % lavere til 14 % høyere), og versus de som brukte den >1-2timer/dag ($\beta = 3,59$ % høyere, 95 % KI: 6,61 % lavere til 13,79 % høyere). Den neste studien antydte ingen forskjell mellom

3,1-4,5 timer og >4,5 timer per dag versus ≤ 3 timer/dag, henholdsvis 1,7 % økning, (95 % KI 3,1 % reduksjon til 6,8 % økning) og 0,9 % reduksjon (95 % KI: -5,2 % reduksjon til 3,5 % økning). Den tredje studien antydte at det kan være en signifikant nedgang i sædcelle-bevegelighet hos menn som har brukt mobiltelefoner i 11–25 år sammenlignet med 0–5 år ($\beta = 11,08$ % reduksjon, $p = 0,02$).

Telefonens posisjon. Den fjerde studien antydte at bevegeligheten var 3,6 % lavere hos de som hadde telefonen i lomma i 3–7 timer/dag eller 0,3 % lavere i 8+timer-gruppen sammenlignet med de som har telefonen i lomma i 0–2 timer/dag (store 95 % konfidensintervall, henholdsvis: 14,6 % lavere til 8,8 % høyere og 11,9 % lavere til 12,9 % høyere – noen trykkfeil i Kenny 2024, disse tallene er fra primærstudien).

Den andre studien fant heller ingen signifikant effekt av å bære mobiltelefonen i bukselomma på total motilitet (1,4 % økning, 95 % KI 2,5 % reduksjon til 5,4 % økning).

Den tredje studien rapporterte en ikke-signifikant økning i % *bevegelige spermier* hos de som hadde mobiltelefon i bukselomma ($\beta = 6,2$ % høyere, 95 % KI: 1,32 % lavere til 13,71 % høyere) eller andre steder ($\beta = 3,56$ % høyere, 95 % KI: 7,38 % lavere til 14,5 % høyere), alt sammenlignet med ikke-brukere. Økningen i *totalt antall* bevegelige sædceller for dem som bar den i bukselomma var riktig nok signifikant ($\beta = 1,65 \cdot 10^6$ /mL høyere, 95 % KI: 1,02 til $2,67 \cdot 10^6$ /mL høyere).

Konklusjon: Ingen tillit ble vurdert. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert fordi studiene kunne vanskelig vurderes samlet på grunn av ulikheter i design og registrering. Ingen signifikante effekter av varighet eller posisjon på mobiltelefonen ble observert.

Progressivt bevegelige spermier

2 av studiene rapporterte effektene av mobiltelefon-eksponering, mens en studie rapporterte effektene av mobiltelefoner, datamaskiner og andre elektroniske enheter.

Varighet av telefonbruk. 2 studier ble inkludert i dose-respons-analysen. Brukstil ble kategorisert mellom 0 og 300 minutter. Det var ingen signifikant effekt av å bruke mobiltelefon i 1 time per dag sammenlignet med ingen bruk på progressiv spermie-motilitet (MD = 0,46 % lavere; 95 % KI 1,04 % lavere til 0,13 % høyere)

1 *tilleggsstudie* presenterte ingen signifikante forskjeller i progressiv spermie-motilitet mellom <3 timers, 3,1-4,5 timers og >4,5 timers bruk av mobiltelefoner per dag (henholdsvis 1,2 % høyere og 0,9 % lavere).

Telefonens posisjon. Den samme studien oppga ingen signifikant økt risiko ved å bære mobiltelefonen i bukselomma versus ingen bruk på total motilitet (1,4 % høyere, 95 % KI: 2,5 % lavere til 5,4 % høyere).

Konklusjon: Kenny (2024) scoret med svært lav tillit i GRADE, men ingen heterogenitet ble observert. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Totalt antall sædceller

3 studier rapporterte effektene av mobiltelefoneksponering på totalt antall sædceller, en studie rapporterte effektene av mobiltelefoner, datamaskiner og andre elektroniske enheter.

Varighet av telefonbruk. 2 studier ble inkludert i dose-respons-analysen. Brukstiden ble kategorisert mellom 0 og 300 minutter. Effekten på totalt antall sædceller av å bruke

mobiltelefon i 1 time per dag sammenlignet med ingen bruk var svært liten ($MD = 0,44 \times 10^6$ /ejakulat lavere; 95 % KI 2,59 lavere til 1,7 høyere).

Tilleggsstudier: En studie viste ingen signifikante forskjeller mellom <3 timers, 3,1-4,5 timers og >4,5 timers bruk av mobiltelefoner per dag (henholdsvis 7,6 % lavere og 5,6 % lavere).

Telefonens posisjon. En studie så en ikke-signifikant reduksjon i totalt antall sædceller for de som hadde mobiltelefonen i bukselomma i 3–7 timer/dag ($10,6 \times 10^6$ lavere, 95 % KI 13,7 lavere til 41,8 høyere) eller >8 timer/dag ($8,7 \times 10^6$ lavere, 95 % KI –12,2 til 34,7) sammenlignet med 0-2-timer-gruppen. Ingen av studiene inkludert i metaanalysen observerte signifikante effekter på totalt antall sædceller relatert til bæreposisjon. Justerte regresjonskoeffisienter viste ingen statistisk signifikante forskjeller i totalt antall sædceller mellom ikke-brukere og de som bærer telefonen i bukselommen (β 1,25, 95 % KI 0,94 til 1,67) eller andre bæreposisjoner (β 1,02, 95 % KI 0,68 til 1,55). Den andre studien påviste ingen statistisk signifikante forskjeller ble observert for totalt antall sædceller mellom buksebærere ($n = 12$; gjennomsnitt = $182,8 \times 10^6$ /ejakulat) versus skjortebærere ($n = 8$; gjennomsnitt = $205,5 \times 10^6$ /ejakulat).

Konklusjon: Kenny (2024) ga resultatet svært lav tillit (svært høy heterogenitet: $I^2 = 90$ %). Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Tid til graviditet

Tid til graviditet fra befruktning er det mest direkte fertilitetsmålet i denne oversikten. Kun en studie vurderte effekten av å bære en telefon i frontlommen på tid til graviditet. De fant ingen signifikante effekter av tid og plassering av mobiltelefon da de sammenlignet med menn som aldri hadde telefonen i frontlommen (referanseverdi = 1 ved 0 timer). Den justerte fertilitetsraten var for de med mobiltelefonen i bukselomma i <1-2 timer/dag 0,89 (95 % KI 0,78 til 1,02), 1,00 for 3–7 timer/dag (95 % KI 0,88 til 1,14) og 0,92 for >8 timer/dag (95 % KI 0,8 til 1,06).

Konklusjon: Ingen tillit ble vurdert, og kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

2 kohortstudier rapporterte resultater etter eksponering fra radar og mobiltelefon av fedre og fant ingen effekter av fars eksponering på graviditet. Studiene er omtalt nedenfor under kvinnelig fertilitet (Johnson 2024).

Arbeidslivsstudier, sædceller

På grunn av heterogenitet i studiepopulasjon, eksponeringskilde og utfallsvurdering, kunne de 2 inkluderte arbeidslivsstudiene ikke vurderes i en dose-respons-analyse. Begge studiene antydte en signifikant forskjell mellom eksponerte og ikke-eksponerte deltakere, hvor de ikke-eksponerte generelt hadde en høyere **spermiekonsentrasjon**. En studie antydte en signifikant redusert kvalitet i **spermie-morfologi**, der gruppene eksponert for mikrobølger hadde færre normale former (70 %, SD 6) enn ikke-eksponerte (82 %, SD 7; $p < 0,001$). Begge studiene antydte også at det var en signifikant reduksjon i **prosentandelen bevegelige sædceller** hos eksponerte.

I en studie hadde mannlige teknikere en gjennomsnittlig prosentandel **bevegelige sædceller** på 36 % mot 54 % hos de ikke-eksponerte ($p < 0,001$). I den andre studien hadde sjømenn på 5 ubåter en variasjon i gjennomsnittlig % bevegelige sædceller fra 31,22 % til 47,2 %. I de 2 ikke-eksponerte gruppene var gjennomsnittene 76,8 % og 40,97 %,

(signifikant). Ingen arbeidslivsstudier rapporterte om totalt antall sædceller eller tid til graviditet.

Konklusjon: Ingen tillit ble vurdert. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Ingen andre oversikter enn Kenny (2024) har vurdert populasjons- og arbeidsstudier som kan sammenlignes.

Samlet konklusjon – epidemiologiske studier av mannlig fertilitet: Kenny (2024) hadde svært lav tillit til alle resultatene. Vi konkluderer at dokumentasjonen for RF-EMF-påvirkning på mannlig fertilitet i befolknings- og arbeidslivsstudier er svært usikker.

***In vitro* studier på humane spermier**

Den nyeste og beste systematiske oversikten over eksperimentelle studier i spermier, Cordelli (2024) (lav bias i ROBIS), dekket dyreforsøk og *in vitro* eksperimentelle forsøk på sædprøver fra friske menn. Mange studier var gjort med veldig høye eksponeringer som ikke er relevante for humane helseeffekter. Men det ble gjort metaanalyse på helserelevante undergrupper der eksponeringen var godt nok rapportert når det gjaldt kroppstemperatur eller SAR/feltintensitet. Metaanalysene ble korrigert for gjentatt bruk av kontrollgrupper. Det ble også gjort dose-respons-analyser der dataene var gode nok. Metaanalysene til Cordelli omfattet studier med risiko-for-bias-vurdering med «low to some concern»¹ (nivå 1/nivå 2) og er oppsummert i SoF-tabellene (SoF tabell 3 for human *in vitro*, SoF tabell 5 for dyrestudiene) «High concern»² (nivå 3)-studier ble omtalt narrativt, som refereres kort her.

Morfologi 2 studier vurderte human spermie-morfologi etter *in vitro* RF-EMF-eksponering av sædprøver. 1 studie, med nivå 2, målte spermie-hodets areal og viste en signifikant negativ RF-EMF-effekt etter 2 W/Kg eksponering (SMD = 6,04 lavere (95 % KI: 4,48 til 7,60 lavere). En annen, vurdert til nivå 3 på grunn av lav tillit til resultatvurderingen, rapporterte en ikke-signifikant økning i andelen morfologisk unormal sperm (SMD 0,14 lavere, 95 % KI: 0,42 lavere til 0,14 høyere). Metaanalyse var ikke mulig med kun 1 nivå 1 studie.

Vitalitet (*sperm viability* og *sperm motility* vurdert samlet): 6 studier målte spermievitalitet som andel av enten immobile eller døde sperm. I alt 24 eksperimenter ble sammenlignet i metaanalysen. Eksperimentene varierte i eksponering og tid, men mange ble gjort på de samme sædprøvene og var dermed ikke helt uavhengige observasjoner. Gjennomsnittlig differanse (MD) i 23 eksperimenter, nivå 1/nivå 2, viste en signifikant nedgang i spermievitalitet i RF-EMF-eksponerte prøver på 1,37 %. Tallet må sees i forhold til gjennomsnittlig 30 % vitalitet i kontroller og med stor spredning (5-55 % affiserte spermier). Ingen undergruppeanalyse kunne utføres ut fra fertilitetsstatusen til donorene og SAR, eller mer/mindre enn 1°C økning. Dose-respons analyse viste en flat kurve, ingen endring som følge av økt SAR.

Spermie-DNA/kromatin-endringer: Metaanalyse av 13 eksperimenter fra 6 studier, nivå 1/nivå 2, antydte ingen RF-EMF-effekt. Ingen undergruppeanalyse kunne utføres med hensyn til fertilitetsstatus til donorene eller SAR, og der kroppstemperatur ble målt, var den

¹ Av andre forfattere kalt tier-1 og tier-2 i OHAT – oversatt som nivå 1 og nivå 2.

² Av andre forfattere kalt tier-3 i OHAT – oversatt som nivå 3.

mindre enn 1°C økning. Dose-responsanalyse viste akseptabel kurvetilpasning og en lineær nedgang i SMD på 0,46 for hver 1 W/Kg økning i SAR (95 % KI -0,49, -0,40).

Cordelli (2024) kommenterte ikke nærmere at 1 studie (de Iuliis et al 2009) bidro mest til heterogeniteten i metaanalysen med stort avvik fra de andre. Forfatterne korrigererte senere i et *Erratum* at studien hadde 3 eksponerte og 3 kontroller, og ikke 4+4 slik Cordelli har registrert (de Iuliis et al 2013). I tillegg eksponerte de sædcellene ved 21°C i 16 timer (ikke særlig gunstig for spermier), og kan ikke sammenlignes med de andre studiene. Studien påvirket flere metaanalyser hos Cordelli (2024) og Meyer (2024), mens den i beste fall kan kategoriseres som nivå 3.

Andre oversikter over spermiestudier hos dyr og mennesker: En systematisk oversikt med uklar bias (Liu et al., 2014) omfattet 6 tverrsnittstudier, der bare 1 primærstudie var nyere enn 2012. Alle studiene brukte WHOs retningslinjer for sædanalyse. De vurderer 4 kontraster mellom eksponering og kontroll der heterogeniteten var over 90 %, så de får 3 nivåers trekk for presisjon og inkonsistens. Ingen humane studier viste signifikante effekter, effektene var små med store konfidensintervaller. Alle studiene var fra fertilitetsklinikker og måtte av den grunn trekkes for indirekthet ettersom kun få prøver var fra vanlige fertile menn. Liu (2014) presenterte ingen detaljer for metaanalyse, og hvordan de satte sammen eller valgte ut de ulike eksponeringstidene i primærartiklene.

En nyere oversikt med høy risiko for bias (Kim et al., 2021) fant økt risiko i humane studier, mens en annen oversikt med høy risiko for bias (Yu et al., 2021) ikke fant noen signifikant økt risiko i humane studier. Metaanalysene i begge oversiktene hadde svært liten konsistens (I² fra 81 % til 98 %). Vi vurderte også at resultatene hadde høy risiko for bias og lav presisjon. *In vitro* studiene og dyrestudiene de hadde med, viste effekter. Vi konkluderte med svært lav tillit til alle resultater fra disse 3 oversiktene.

Konklusjon: Cordelli (2024) fant signifikante effekter, men hadde svært lav tillit til sine resultater. Vi hadde svært lav tillit til alle resultater fra 3 andre oversikter. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget for RF-EMF-påvirkning på mannlig fertilitet i *in-vitro*-studier er svært usikker.

SoF tabell 3 Spermier hos menn

Populasjon: Friske menn (noen subfertile i noen eksperimenter, se tekst)					
Setting: Eksperimentell eksponering, mobiltelefon i kohorter.					
Eksponering: Mobiltelefon, simulator. Kohorter eksponering målt som dose-respons 0-300 ringeminutter					
Sammenligning: Ueksponert, laveste eksponering i kohorter					
Utfall	Forventede absolutte effekter (95 % KI) ¹		Relativ effekt (95 % KI)	Antall og type studier, eksponerte / ueksponerte ³	Tillit til effekt-estimatet (GRADE)
	Normalverdier ²	Eksponering			
Eksponering målt som tid brukt mobiltelefon – samtale-/oppkoblingstid. Epidemiologiske studier (Kenny 2024)					
Spermiekvalitet Målt som: Sædcellekonsentrasjon (10 ⁶ /mL) Kenny (2024)	> 10 millioner/mL	MD 1,6 mill. høyere (1,7 lavere, 4,9 høyere)	4	3 KO 713 deltakere	⊕○○○ Svært lav ^{B 2K} _{2D}
Spermiekvalitet Målt som: Sædcellemorfologi Kenny (2024)	hodefeil: <98 %, nakkef.: <64 %, halefeil: <23 %	MD 0,15 % høyere (0,21 lavere, 0,51 høyere)	4	3 KO 713 deltakere	⊕○○○ Svært lav ^{B 2K} _{2D}

Populasjon: Friske menn (noen subfertile i noen eksperimenter, se tekst)					
Spermiekvallitet Målt som: Progressivt motile spermier (%) Kenny (2024)	>29 %	% endring: 0,46 % lavere (1,04 lavere, 0,13 høyere)	4	2 KO 560 deltakere	⊕○○○ Svært lav ^{B 2D}
Spermiekvallitet Målt som: Totalt antall spermier (10 ⁶ /ejakulasjon) Kenny (2024)	> 16 millioner	MD: 0,44 millioner lavere (2,59 lavere, 1,7 høyere)	4	2 KO 216 deltakere	⊕○○○ Svært lav ^{B 2K 2D}
Posisjon av mobiltelefon på kroppen – ingen metaanalyse kunne gjennomføres (3 studier) (Kenny 2024)					
Arbeidslivsstudier – ingen metaanalyse kunne gjennomføres (2 studier) (Kenny 2024)					
Eksperimentell eksponering (Cordelli 2024)					
Spermiekvallitet Målt som: Morfologi – spermiehode-areal Cordelli (2024)		SMD 6,04 SD høyere (4,48 høyere, 7,60 høyere)		1 studie, nivå 2, SAR = 2 W/Kg	1 studie, nivå 2
Spermiekvallitet Målt som: Vitalitet (<i>in vitro</i>) Cordelli (2024)	>75 %	MD 1,37 % lavere (2,46 lavere, 0,28 lavere)		6 XB, 23 kontraster 455 / 455	⊕○○○ Svært lav ^{B K D b}
Spermiekvallitet Målt som: Endringer i Spermie-DNA/kromatin (<i>in vitro</i>) Cordelli (2024)	<30 %, men ikke helt sammenlignbart	SMD 0,17 SD lavere (0,48 lavere, 0,13 høyere)		6 XB, 13 kontraster 215 / 195	⊕○○○ Svært lav ^{B K 2D}

¹ MD = gjennomsnittlig differanse mellom eksponert og kontroll, SMD = standardisert gjennomsnittlig differanse; Absolutt effekt på 0 er ingen effekt. Om konfidensintervall (KI) inneholder både lavere og høyere er det ikke signifikant på 95 %-nivå

² I mangel av kontrollverdier i oversikter, oppgis referansepopulasjon gjengitt fra OUS håndbok (<https://ehandboken.ous-hf.no/document/15363>) som sammenligningsgrunnlag.

³ Forsøksdesign: KO = kohortstudier, XB = blokkdesign eksperimentelt

⁴ Forfatterne klassifiserte effektene som Relativ Risiko. Effekten er differansen som forventes etter en økning på 300 samtaler på en dose-responskurve. Vi har plassert dem som absolutte effekter siden det er standard.

^K Nedgradert 1 eller 2 nivå for inkonsistens mellom studier (heterogenitet).

^{D 2D} Nedgradert 1-2 nivåer for indirekthet fordi mulige effekter av samtaletid på spermier ble vurdert til å være gjennom andre mekanismer enn direkte RF-EMF-eksponering (stor avstand fra mobiltelefon til testikler). Om vi tar bort denne vurderingen, vil 2 av metaanalysene få Lav tillit.

Kvinnelig fertilitet og utviklingsforstyrrelser - Befolkningsstudier

Den nyeste og eneste systematiske oversikten over epidemiologiske studier av mobiltelefonbruk og kvinnelig fertilitet og utviklingsforstyrrelser identifiserte 18 studier fra 17 land, der 8 var studier i den generelle befolkningen og 10 var arbeidslivsstudier. 5 kohortstudier, 4 kasus-kontrollstudier og 4 tverrsnittstudier ble vurdert. Forfatterne har ikke skilt mellom høy og lav bias i enkeltstudiene ettersom det var få studier. Studier basert på selvrapporterte tilfeller og observasjoner var ekskludert fra oversikten. Nedenfor er en forkortet versjon av resultatene i oversikten. Merk at metaanalysene ofte er satt opp som kontrasten mellom lav/null eksponering mot moderat /høy eksponering, og at verdiene ikke kan sammenlignes direkte med originalstudiene. Alle narrative resultater er også fra Johnson (2024). Oppsummering av funnene fra metaanalysene (SoF) er gjengitt i SoF tabell 4. Referansene oppgitt i dette kapittelet må slås opp i originalartikkel.

Spontanabort. 2 studier i den generelle befolkningen rapporterte om spontanabort, men var ikke egnet for metaanalyse. Den første studien rapporterte ingen forskjell i risiko for spontanabort da de sammenlignet alle 3 eksponeringsgrupper fra radarbasestasjoner med ikke eksponerte kontroller. Resultatene antydte at de høyeste nivået av RF-EMF-

eksponering kan ha sammenheng med en forhøyd risiko for spontanabort, men resultatene var ikke signifikante (RR = 1,308, 95 % KI: 0,736 til 1,887). Den andre studien rapporterte at de som var eksponert for et høyere SAR-nivå fra mobiltelefoner hadde en litt større risiko for spontanabort sammenlignet med de med lavere SAR-nivå (OR = 1,11, 95 % KI: 1,07 til 1,16). Begge studiene hadde imidlertid noe risiko for konfunderende faktorer og frafallsbias.

Medfødte anomalier. 4 studier rapporterte om medfødte anomalier, men typene anomalier var for heterogene til å kunne kombineres i en metaanalyse. I (Baste et al., 2015) sin analyse av den norske MoBa kohorten var risikoen for misdannelser omtrent uendret etter moderat og høy mobiltelefon-eksponering av mor (RR = 0,99 og 1,01 versus lav eksponering). Tilsvarende tall for fedres eksponering var i samme område (RR = på 1,05 og 0,97 – moderat og høy). Zhao (2021) rapporterte at risikoen for hjertefeil hos barn kan øke jevnt med større eksponering for RF-EMF fra <180 min mobilbruk/dag (OR = 1,17), til 180–300 minutter (OR = 1,35) og til >300 minutter (OR = 2,7, den eneste som er signifikant). Det var et lignende mønster i første trimester av svangerskapet (<180 min: OR = 1,23, 180–300 min: OR = 1,25, >300 min: OR = 1,8 – igjen den eneste signifikante). Brizzi og Marinelli (2018) rapporterte en svak økning i risiko for «fødselsdefekter» for de som hadde vært eksponert for basestasjonsradar sammenlignet med ikke-eksponerte (RR = 1,244, 95 % KI: 0,649 til 1,805). Kontrasten mellom ikke-eksponerte og høyest eksponerte viste en noe høyere risiko (RR = 1,461, 95 % KI: 0,818 til 2,113) «Fødselsdefekter» ble ikke beskrevet og det var mangler ved karakteriseringen av eksponering, konfunderende faktorer og frafallsbias. Den siste av de 4 studiene hadde 16 kasus blant 1353 deltakere, men eksponering ble ikke oppgitt.¹ Det ble ikke gjort GRADE.

For tidlig fødsel. 4 studier med syv kohorter ble inkludert i metaanalysen. Bevisene er svært usikre om effektene av mors mobiltelefonbruk på risikoen for tidlig fødsel (RR = 1,14, 95 % KI: 0,97 til 1,34). Forfatterne hadde svært lav tillit til resultatet. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Dødfødsel. Ingen studier gjort i den generelle befolkningen rapporterte om dødfødsel.

Gestasjonsalder (SGA - «Lite for tiden» - fosteret er mindre enn det som er normalt for hvor langt svangerskapet har kommet – dvs under 10-persentilen for vekt/lengde). 2 studier med 5 kohorter ble inkludert i metaanalysen. Bevisene var svært usikre om effektene av mors mobiltelefonbruk på SGA (RR = 1,13, 95 % KI: 1,02 til 1,24, 95 %).

Baste (2015) presenterte i tillegg RR justert for paritet, mors alder og mors røykevaner, og fant ingen signifikant sammenheng mellom SGA og mobiltelefonbruk for middels eller høy eksponering sammenlignet med lav eksponering (henholdsvis RR 1,02, 95 % KI: 0,96 til 1,09 og 1,01, 95 % KI: 0,95 til 1,11). I tillegg rapporterte de effektene av fars mobiltelefonbruk på lav fostervekt. De observerte ingen signifikant risiko for middels eller høy eksponering sammenlignet med lav eksponering (henholdsvis RR 0,99, 95 % KI: 0,93 til 1,06 og RR: 1,05, 95 % KI: 0,97 til 1,14). Johnson (2024) fikk en høy og tungtveiende RR fra MoBa-dataene til Baste (2015) på grunn av kontrasten de satte opp (se over) (RR = 1,16 95

¹ Se også vår vurdering av misdannelser som utfall under dyrestudier.

%KI 1,10 til 1,22, veier 57 % i metaanalysen av SGA)¹. Baste (2015) skrev selv at det ikke var noen effekt.

Multi-kohort-artikkelen til Tsarna (Tsarna et al., 2019) presenterte odds-ratioer (justert for mors alder, paritet, aktiv/passiv røyking, alkoholkonsum, kroppsmasseindeks før graviditet, utdanningsnivå, sosialøkonomisk posisjon, sivilstatus og mors høyde), som ikke viste noen signifikante forskjeller mellom ingen eksponering og lav eksponering (OR = 0,94, 95 % KI: 0,89 til 1,07), middels eksponering (OR = 1,03, 95 % KI: 0,88 til 1,21) eller høy eksponering (OR = 0,98, 95 % KI: 0,83 til 1,16).

Johnsons vurdering var at det samlede estimatet neppe viste reell risiko, og hadde svært lav tillit til en økt risiko. De vurderte at prediksjonsintervallene (PI) antydte en mulig ikke-signifikant risiko.² Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Lav fostervekt. 4 studier, 7 kohorter, ble inkludert i analysen. Bevisene er svært usikre om effektene av mors mobiltelefonbruk på lav fostervekt (LBW) (RR = 1,14, 95 % KI: 0,96 til 1,36, 95 % PI: 0,84 til 1,57). Baste (2015) viste ingen statistisk signifikant sammenheng mellom LBW og mobiltelefonbruk for middels eller høy eksponering sammenlignet med lav eksponering (RR = 0,99, 95 % KI: 0,92 til 1,06 og 1,01, 95 % KI: 0,93 til 1,11, henholdsvis). Tilsvarende rapporterte de ingen signifikant risiko assosiert med fars mobiltelefonbruk (RR = 0,95 for middels eksponering og 0,97 for høy). Tsarna (2019) presenterte justerte odds-ratioer som viste ingen signifikante forskjeller mellom ingen og lav eksponering (OR = 0,87, 95 % KI: 0,76 til 1), middels eksponering (OR = 0,95, 95 % KI: 0,81 til 1,13) eller høy eksponering (OR = 1,13, 95 % KI: 0,92 til 1,4).

Johnsons vurdering var at metaanalyse-estimatet hadde svært lav tillit. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Kvinnelig fertilitet og utviklingsforstyrrelser - Arbeidslivstudier

Spontanabort. 2 studier ble inkludert i en dose-respons metaanalyse. Begge rapporterte eksponering av fysioterapeuter for kortbølgediatermi. Ved en times bruk er bevisene svært usikre om effektene av eksponering per time for kortbølgediatermi hos fysioterapeuter på spontanabort (OR = 1,02, 95 % KI: 0,94 til 1,1). 5 studier ble inkludert i en parvis metaanalyse med varierende utstyrseksponering. Bevisene er svært usikre om effektene av RF-EMF-eksponering sammenlignet med ingen eksponering på risikoen for spontanabort (RR = 1,06, 95 % KI: 0,96 til 1,18). Resultatene fra begge metaanalysene fikk svært lav tillit. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Misdannelser. 2 studier ble inkludert i en dose-respons metaanalyse, begge vurderte eksponeringen av kortbølgediatermi hos kvinnelige fysioterapeuter. Det var en økt assosiert risiko for misdannelser etter eksponering (OR = 1,4, 95 % KI: 0,85 til 2,32), men stor spredning og inkonsistens. Resultatene fra metaanalysen fikk svært lav tillit med GRADE.

2 studier av misdannelser ble rapportert narrativt. I den første studien (Baste 2012) ble menn i den norske marinen, som var eksponert for radiofrekvente antenner (radar), delt i 2

¹ Beregningene var ut fra tabell 3,4,5 og 6 i Baste 2015 (Johnson, personlig kommunikasjon). Vi var ikke i stand til å gjenta beregningene.

² 95 %PI er alltid videre enn 95 %KI

grupper: akutt RF-EMF-eksponering (akutt eksponering definert som unnfangelse ≤ 3 måneder fra farens eksponering) og ikke-akutt eksponering (alle unnfangelser seinere enn 3 mnd etter avsluttet eksponering). Kontrollgruppe var menn som tjenestegjorde på andre fartøyer.

I den akutte gruppen var redusert risiko for misdannelser etter lav eksponering, ingen forskjell etter middels eksponering, økt risiko etter høy eksponering. I den kronisk eksponerte gruppen var det liten forskjell i risikoen for misdannelser mellom de med lav eller middels eksponering og litt mindre risiko etter høy eksponering. Ingen RR var signifikant forskjellig fra 1.

Den andre studien vurderte kvinnelige fabrikkarbeidere sammenlignet med kontroller og rapporterte at det var 4 mindre anomalier. Studien oppga imidlertid ikke i hvilken gruppe disse anomaliene forekom, eller hvilken type anomali som ble registrert.

For tidlig fødsel. 3 studier: 2 av disse studiene vurderte RF-EMF-eksponering hos kvinnelige fysioterapeuter. Lerman (2001) vurderte kortbølgediatermi, mens Allam (2016) analyserte en kombinasjon av radiofrekvens, kortbølgediatermi og mikrobølgediatermi. Den tredje studien vurderte eksponering hos kvinnelige fabrikkarbeidere eksponert for RF-EMF fra plastsveisemaskiner (Xu 2016). En parvis metaanalyse ble utført på ujusterte data. Effektene er svært usikre av eksponering sammenlignet med ingen eksponering på for tidlig fødsel (RR = 1,19, 95 % KI: 0,33 - 4,28).

I Baste (2012) ble all akutt eksponering assosiert med en økt, men ikke signifikant, risiko for prematur fødsel, mens det ble rapportert motsatt effekt i den ikke-akutt eksponerte gruppa.

Dødfødsel. 4 studier som ikke kunne kombineres i en metaanalyse. I Cromie (2002) ble bare ett tilfelle av dødfødsel (0,2 %) rapportert, mens i Kallèn 1982 ble syv dødfødsler rapportert. Ingen av de 2 studiene inneholdt en definisjon av dødfødsel. Oullet-Hellstrom 1993 rapporterte at dødfødsler, definert som spontanaborter som oppstår etter 27 ukers svangerskap, forekom i «tre svangerskap» men ga ingen ytterligere detaljer. Til slutt definerte Xu (2016) dødfødsler som intrauterin død av et foster etter 28 ukers svangerskap eller død av et foster som veide minst 500 g. Studien rapporterte at dødfødsler forekom i 1/49 (2,0 %) i høy eksponeringsgruppen og 1/95 (1,0 %) i kontrollgruppen, mens ingen av de 85 i den lavt eksponerte gruppen opplevde dødfødsler.

Johnson (2024) hadde ikke med resultater fra Baste (2012) ettersom Baste brukte definisjonen «perinatal mortalitet» som ikke er det samme som dødfødsel. Her var det en økt RR for middels eksponerte, totalt 8 tilfeller av 424 fødsler. Tilfellene i lav og høy-gruppe var henholdsvis 3 og 0, og ikke signifikante.

Lite for gestasjonsalder (SGA). 2 arbeidslivstudier kunne ikke kombineres. I Baste (2012) ble de med lav og høy akutt eksponering rapportert å ha en økt risiko for SGA, men ikke etter middels akutt eksponering (intet signifikant). I den ikke-akutte undergruppen var det liten rapportert risiko. En annen studie rapporterte at kvinner i kassa eksponert for elektronisk artikkelovervåking kan ha mindre risiko for å føde barn med SGA sammenlignet med arbeidere i mindre dagligvarebutikker (ikke signifikant; OR = 0,49, 95 % KI: 0,16 til 1,43).

Lav fostervekt. De 3 studiene som vurderte for tidlig fødsel analyserte risiko for lav fostervekt (LBW). Bevisene er svært usikre om effektene av RF-EMF på risikoen for lav fostervekt (RR = 2,83, 95 % KI: 0,77 til 10,46).

Baste-studien (2012) kunne ikke kombineres i metaanalyse, og heller ikke her var det noe mønster i de ikke-signifikante risiko-estimatene.

Andre oversikter: Bodewein (2022) (uklar bias, se omtale på side 121) vurderte fire studier med utviklingsrelaterte utfall hos barn og til dels ungdom som følge av bruk av trådløs kommunikasjon, inkludert mors telefonbruk under svangerskap (effekt sett, men tillagt Svært lav tillit). De vurderte også langtidsvirkninger av mors telefonbruk på barnas atferd i noen kohorter, noe Johnsen (2024) ikke gjorde. Bodewein (2022) vurderte også 9 atferdsstudier som også kunne klassifiseres som utviklings-relaterte, men det er vanskelig å skille eksponering i fosterlivet fra eksponering etter fødsel (omtales på side 133).

Bodewein (2022) presenterte ikke effektstørrelser, kun en endelig tillitsvurdering.

Samlet tillitsvurdering: Johnson (2024) hadde svært lav tillit til effekttestimatene fra alle utfallene sine vurderinger – de trakk alle for bias, men i tillegg for inkonsistens. Bodewein (2022) hadde også svært lav tillit, de trakk for inkonsistens og bias.

Kommentar: Johnson (2024) var veldig strenge i GRADE-vurderingen, særlig på inkonsistens. De kommenterte selv at kontrasteringen kunne være et problem med noen metaanalyser. Både Tsarna og Baste rapporterte null effekt for SGA (eneste signifikante metaestimat), i sine store kohortstudier. De 2 dose-respons-kurvene viser tydelig ingen effekt, men med store konfidensintervaller (eksponentiell OR).

Konklusjon: Kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert, men antyder at RF-EMF-eksponering ikke gir reproduksjons- og utviklingsforstyrrelser hos kvinner.

SoF tabell 4 Fertilitet og utviklingsforstyrrelser hos kvinner (Johnson 2024)

Populasjon: Kvinner, generell populasjon og arbeidslivsstudier					
Setting: Mobiltelefonbrukere, yrkesmessig eksponering.					
Eksponering: Mobiltelefon, yrkesmessig: radar, industri/terapimaskiner,					
Sammenligning: Ueksponert, eller laveste eksponering i kohorter					
Utfall (Johnson 2024)	Forventede absolutte effekter (95 % KI)		Relativ effekt (95 % KI)	Antall studier og personer ¹	Tillit til effekt-estimatet (GRADE)
	Kontroll gruppe	Eksponering			
Eksponering for mobiltelefon					
Reproduksjons- og utviklingsforstyrrelser Målt som: for tidlig fødsel			RR: 1,14 (0,97; 1,34)	4 (7 KO, 1 TS) 153929 mødre	⊕○○○ Svært lav ^{B 2K D (2,3,4)}
Reproduksjons- og utviklingsforstyrrelser Målt som: lite foster for gestasjonsalder (SGA)			RR: 1,13 (1,02; 1,24)	2 (5 KO) 153027 mødre	⊕○○○ Svært lav ^{B 2K D (2,3)}
Reproduksjons- og utviklingsforstyrrelser Målt som: lav fostervekt			RR: 1,14 (0,96; 1,36)	4 (7 KO) 153929 mødre	⊕○○○ Svært lav ^{B K D (2,5,7)}
Yrkesmessig eksponering, ikke mobiltelefon					
Reproduksjons- og utviklingsforstyrrelser Målt som: spontanabort (dose-respons)			Ekspontentiell OR 1,02 (0,94; 1,1)	2 KK 952 mødre	⊕○○○ Svært lav ^{B K D (6,5,7)}
Reproduksjons- og utviklingsforstyrrelser Målt som: spontanabort (parvis)			RR: 1,06 (0,96; 1,18)	1 KO, 2 TS, 2 KK 4932 mødre	⊕○○○ Svært lav ^{B D (2,8)}
Reproduksjons- og utviklingsforstyrrelser Målt som: misdannelser (dose-respons, diatermi)			Ekspontentiell OR 1,4 (0,85; 2,32)	2 KK 834 mødre	⊕○○○ Svært lav ^{B K 2D P (6,5,9,10)}
Reproduksjons- og utviklingsforstyrrelser Målt som: for tidlig fødsel			RR: 1,19 (0,33; 4,28)	1 KO, 1 KK, 1 TS 1093 mødre	⊕○○○ Svært lav ^{B D P (2,11,10)}
Reproduksjons- og utviklingsforstyrrelser Målt som: lav fostervekt			RR: 2,83 (0,77; 10,46)	1 KO, 1 KK, 1 TS 1081 mødre	⊕○○○ Svært lav ^{B K D P (2,5,11,12)}

¹ Studiedesign: KO = kohortstudie (starter på moderat tillit), KK = kasus-kontroll-studie (starter på lav tillit), TS = tverrsnittstudie (starter på lav tillit). Noen studier har med flere kohorter samlet.

² Høy risiko for skjevhet på tvers av inkluderte studier (B)

³ Betydelig statistisk heterogenitet ^I2 (Vår kommentar: veldig streng vurdering, tau²~0)

⁴ Flertallet av studiene er basert på ringetid

⁵ Moderat statistisk heterogenitet på ^I2 (Vår kommentar: veldig streng vurdering, tau²~0)

⁶ Bekymringer om risiko for bias i 1 inkludert studie (B)

⁷ Timer med bruk per dag brukes som en proxy for dose

⁸ Eksponering basert på forskjellige bruksområder av kortbølgediatermi, EAS og plastsveisemaskiner

⁹ Timer med bruk per dag er en proxy for doser; alle medfødte misdannelser vurdert samlet

¹⁰ 95 % KI indikerer en moderat variasjon i risiko

¹¹ Basert på eksponering for kortbølgediatermi og plastsveisemaskiner

¹² 95 % KI indikerer en svært stor variasjon i risiko

Bokstaver for GRADE:

^B Nedgradert ett nivå for risiko for systematiske skjevheter (bias).

^K Nedgradert 1 til 2 nivåer for inkonsistens (heterogenitet).

^D Nedgradert 1 til 2 nivåer for indirekte mål på effekt

^P Nedgradert ett nivå for lav presisjon, få studier og få deltakere

Dyreforsøk: Fertilitet hanndyr

Den siste og beste systematiske oversikten om fertilitet hos hanndyr var Cordelli (2024), med lav bias i ROBIS. Oversikten inkluderte 88 artikler med eksponering mellom 100 kHz og 300 GHz. Resultater og tillit siteres direkte av oss. Eksponeringen i studiene var ofte med høye SAR-verdier der varmeeffekter på reproduksjon er velkjent. Noen ganger var det mulig å gjøre metaanalyse kun for studier med SAR-verdier over/under 5 W/Kg eller der kroppstemperaturen ikke økte med mer enn 1°C. En lineær eller kurvet dose-respons analyse var mulig for noen få utfall, med estimering av økning eller reduksjon i effekt for hver endring på 1W/Kg i SAR-verdi.

Eksponeringen av dyr med simulator er oftest med kontinuerlige RF-EMF. GSM, 3G, 4G og 5G er i varierende grad pulset, noe som har blitt vurdert som en svakhet av kritikere av slike forsøk. Et mindre antall studier har blitt gjort med simulatorer med pulsete radiofrekvenser.

Fekunditet

Infertilitet - sterilitet

Andel hanner som aldri fikk unger (permanent sterilitet, 4 studier) økte ikke som følge av eksponering. Gjennomsnittlig SAR i disse studiene var 0,38 W/Kg (SD 0,45, 0,09–1,05 min-maks). Tilsvarende var det heller ingen effekt av pulset eksponering. Cordelli (2024) hadde svært lav tillit til resultatet. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering ser ikke ut til å endre risikoen for infertilitet, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Midlertidig sterilitet – nedsatt befruktningsevne

Andel ikke-drektige hunner i forhold til hvor mange som ble paret er et mål på midlertidig sterilitet. En metaanalyse av 19 studier viste en signifikant økt risiko for sterilitet etter eksponering (OR = 2,39, 95 % KI 1,52, 3,74). Gjennomsnittlig SAR i disse studiene var høy: 23,87 W/Kg (SD 21,19, 0,12–43,4 min-maks). Det var ingen forskjell mellom rotter og mus.

En undergruppeanalyse viste ingen signifikant forskjell mellom studiene som testet lav SAR (0,1 til 5 W/Kg) og høy SAR (>5 W/Kg). Bare høy-SAR-gruppen viste en signifikant økt OR. Temperatureffekt kunne ikke vurderes, da kun 2 studier målte mindre enn 1°C temperaturøkning. Dose-responsanalyse for de samme dataene viste en liten signifikant lineær økning i odds ratio på 0,03 per 1 W/Kg økning. Cordelli (2024) hadde moderat tillit til resultatet.

Pulset eksponering viste ingen effekt på antall ikke-drektige hunner. Cordelli (2024) hadde lav tillit til resultatet.

Vi oppsummerer at ikke-pulset RF-EMF-eksponering sannsynligvis vil resultere i en liten dose-avhengig nedgang i befruktningsevne, som var stor og signifikant etter eksponering over 5 W/Kg men ikke signifikant for lavere eksponering (sensitivitetsanalyse).

Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering under nivået for påviste varmeeffekter vil muligens resultere i liten til ingen forskjell i befruktningsevne i dyreforsøk.

Kullstørrelse

De 16 studiene, med nivå 1/nivå 2, viste ingen statistisk signifikant nedgang i kullstørrelse etter RF-EMF-eksponering. Dette til tross for en gjennomsnittlig SAR-verdi på 24,22 W/Kg (46,89, 0,12–141,4 min–maks). 4 studier med nivå 3 for RoB¹, og dermed ikke inkludert i metaanalysen, viste heller ingen signifikant økt standardisert gjennomsnittlig differanse (SMD) mellom eksponerte og ikke-eksponerte (SMD = 4,15 SD, 95 % KI: –1,02 - 9,31). Cordelli (2024) hadde moderat tillit til resultatet.

Dose-respons-analysen viste ingen sammenheng mellom RF-EMF-eksponering og nedgang i kullstørrelse. Studiene av pulset eksponering viste heller ingen økt risiko for mindre kull etter eksponering.

Cordelli (2024) hadde lav tillit til dose-respons analysen. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering vil sannsynligvis ikke gi noen endring i kullstørrelse.

Sædkvalitet hos forsøksdyr

Antall spermier

Spermier samlet fra epididymis (bitestikkel) ble vurdert i 80 studier (nivå 1/nivå 2). Mange primærstudier manglet detaljer om registrering; fortykning, blinding ved avlesning, og om tallet gjaldt for 1 eller 2 bitestikler. Dette førte til stor variasjon i resultatene, og derfor brukte Cordelli SMD som effektstørrelse. En SMD på 0,74 (95 % KI 0,51 til 0,98) antydte en signifikant reduksjon av spermietall som følge av EMF. Gjennomsnittlig SAR i disse studiene var 12,2 W/Kg (SD 16,03, 0,001–43,6 min–maks). 7 studier med nivå 3 viste svakere effekter. Studieresultatene viste stor heterogenitet som ikke kunne forklares ut ifra dyreart, SAR eller temperaturøkning. Ingen dose-respons observert (trekk for inkonsistens i GRADE-tabellen). Cordelli (2024) hadde svært lav tillit til resultatet. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan medføre økt risiko for utfallet, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Ingen signifikant negativ effekt ble registrert av pulset eksponering på antall spermier (SMD 0,23, SD lavere). Alle studier med nivå 1/nivå 2 (10 studier, 2 artikler) ble utført på mus. Der kroppstemperaturen ble målt, var økningen mindre enn 1°C.

Cordelli (2024) oppga lav tillit til resultatet. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering muligens kan resultere i liten til ingen forskjell i utfallet.

Sædcellemorfologi

Utseende, størrelse og form på spermier ble vurdert som prosentandel unormale spermier, noe som ga en statistisk signifikant gjennomsnittlig differanse (MD) på –0,94 % (95 % KI –1,28 % til –0,59 %, negative verdier betyr økt risiko²). Med tanke på en gjennomsnittlig prosentandel av unormale spermier i sammenligningsgruppen på 7,7 % og den store variasjonen mellom individuelle studier, fra 0 til 24,6 %, er en mindre enn 1 % økning unormale spermier en liten effekt. Gjennomsnittlig SAR testet i disse studiene var 13,59 W/Kg (SD 14,52, 0,001–43,6 min–maks). 5 ytterligere studier vurdert til nivå 3 hadde en samlet MD på –5,62 % (95 % KI –8,75 til –2,50 %¹). Cordelli (2024) hadde svært lav tillit til resultatet. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

¹ RoB: Risk of bias – ved bruk av OHAT

² Direkte sitert, men ulogisk, ettersom det betyr en %-vis økning i unormale spermier.

Undergruppeanalyser etter dyreart, SAR og økning i kroppstemperatur viste statistisk signifikante forskjeller mellom undergruppene. Det tilsier at disse uavhengige variablene delvis kunne forklare variasjonen mellom de enkelte studieresultatene.

Dose-responsanalyse antydte en doseavhengig økning i andelen morfologisk unormale spermier.¹

Studier av pulset eksponering viste også en liten økning i morfologisk unormale spermier i eksponerte dyr på 0,4 %. Begge studier med nivå 1/nivå 2 ble utført på mus; der økningen i kroppstemperatur ble målt til <1°C.

Cordelli (2024) oppga svært lav tillit til resultatet. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Spermie-livskraft

(*sperm viability* og *sperm motility* vurdert samlet av Cordelli (2024)). 34 studier målte spermielevskraft som % immobile eller døde spermier. Disse viste en signifikant lavere spermielevskraft på 10,84 % hos RF-EMF-eksponerte. Økningen må sees i forhold til en kontrollverdi på i gjennomsnitt omtrent 32 % blant sterkt varierende individuelle studier. Gjennomsnittlig SAR testet i disse studiene var 1,5 W/Kg (SD 1,87, 0,001–5,0 min–maks). Gjennomsnittlig differanse i de 6 nivå 3-studiene var –18,74 % (95 % KI –29,33 til –8,16 %).

Heterogenitet/inkonsistens mellom individuelle studieresultater kunne ikke forklares av undergruppeanalyser etter dyreart, SAR eller temperaturøkning.

Dose-responsanalyse viste signifikante lineære sammenhenger som antydte en doseavhengig effekt, men kurvetilpasningen ble vurdert som dårlig.

Studier av pulset eksponering viste ingen signifikant forskjell i vitalitet mellom kontroller og eksponerte, verken for studier vurdert til nivå 1/nivå 2 (2 studier) eller nivå 3 (1 studie). Cordelli (2024) hadde svært lav tillit til effektestimaterne. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Endringer i spermie-DNA/kromatin

Endepunktene *oxidative stress*, *DNA/chromatin alterations* og *apoptosis* ble slått sammen av Cordelli (2024). Metaanalysen av 6 kontraster/4 artikler på nivå 1/nivå 2 ga en signifikant SMD på 1,92 (SD lavere enn kontroller), dvs. en negativ effekt av RF-EMF-eksponering på disse markørene. Gjennomsnittlig SAR i disse studiene var 1,59 W/Kg (SD 0,92, 0,15–2,2 min–maks). Ingen undergruppeanalyse kunne utføres, da bare 2 studier ble utført på en annen art enn mus, alle studier testet en SAR mellom 1 og 5 W/Kg og ingen studier rapporterte temperaturmåling hos dyrene.

Cordelli (2024) hadde svært lav tillit til resultatet, da markørmålinger er indirekte evidens, studiene hadde risiko for bias og stor inkonsistens. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Organtoksisitet, testikkel – forsøksdyr

Flere biomarkører for toksiske effekter, vanligvis brukt i eksperimentelle reproduksjonstoksisitetsstudier, ble rapportert i artiklene i oversikten til Cordelli (2024). De inkluderte måling av testikkel- eller bitestikkelvekt, histologisk måling av diameter på

¹ Cordelli (2024) vurderte at høy AIC betydde lav tilpasning til kurven, men det er uinteressant ettersom AIC kun skal vurderes relativt mellom modeller, og ikke absolutt.

sædrør, Johnsen's score for histopatologiske endringer, testikulær celledød og vurdering av testikulær spermieproduksjon.

Testikkel- og bitestikkelvekt: 68 studier rapporterte data for testikkel- eller bitestikkelvekt. SMD-verdien av de 55 studiene vurdert til nivå 1/nivå 2 var 0,29 SD (95 % KI 0,10 til 0,47¹), som viser en liten, men signifikant *nedgang* i vekt hos RF-EMF-eksponerte dyr. Gjennomsnittlig SAR testet i disse studiene var 3,62 W/Kg (SD 3,3, 0,002–5,0 min-maks). SMD-verdien for de 13 studiene vurdert til nivå 3 var 0,42 (95 % KI –0,03 til 1,28).

Cordelli (2024) hadde svært lav tillit til effektestimatene. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Testikkel histomorfometri. 41 studier rapporterte data om testikkel histomorfometri. Den sammenslåtte SMD-verdien fra 24 studier vurdert til nivå 1/nivå 2 var 0,90 SD (95 % KI 0,32 til 1,49 SD²), som viser en sammenheng mellom eksponering for RF-EMF og en reduksjon av tubulær diameter. Gjennomsnittlig SAR testet i disse studiene var 2,5 W/Kg (SD 2,18, 0,002–5,0 min-maks). 17 studier vurdert til nivå 3 ga en SMD-verdi på 0,84 (95 % KI 0,27 til 1,40).

Undergruppeanalyse viste at heterogenitet mellom individuelle studier ikke kunne forklares av SAR-nivå, dyreart eller økning i kjernetemperatur fordi noen av gruppene inkluderte færre enn 3 studier.

Dose-respons analyse viste en doseavhengig redusert diameter av testikkeltubuli.

Pulset EMF-eksponering viste en tilsvarende reduksjon i tubulidiameter.

Cordelli (2024) hadde svært lav tillit til effektestimatene. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Testikkelhistologi. 24 studier rapporterte data om Johnson's score (en skala fra 1 til 10) som en indikator på testikkelhistopatologi. 17 studier vurdert til nivå 1/nivå 2 viste en liten, men statistisk signifikant, reduksjon i Johnson's score, som reflekterer en sammenheng mellom eksponering for RF-EMF og histologiske endringer i testiklene (MD = 0,69 poeng 95 % KI 0,45 til 0,92). Gjennomsnittlig SAR testet i disse studiene var 2,95 W/Kg (SD 2,35, 0,002–5,0 min-maks). Syv studier vurdert til nivå 3 ga en MD-verdi på 0,59 (95 % KI 0,17 til 1,01).

Undergruppeanalyse viste at heterogenitet mellom individuelle studier delvis kunne forklares av artsforskjeller, men ikke av SAR. Bemerkelsesverdig er at alle dataene fra mus ble oppnådd ved en SAR høyere enn 5 W/Kg og ble produsert i ett og samme laboratorium. Alle unntatt en studie målte en temperaturøkning <1°C, og derfor kunne ikke undergruppering etter temperaturøkning utnyttes til å utforske kilder til heterogenitet.

Dose-respons analyse viste en lineær doseavhengig reduksjon i score. En kubisk spline-kurve, med en lignende AIC, antydte en endring i dose-effekt-forholdet ved omtrent 2 W/Kg, der kurven så ut til å nå et platå. Ingen studier ble gjort med pulset RF-EMF.

Cordelli (2024) hadde svært lav tillit til effektestimatene. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert for sammenheng mellom RF-EMF-eksponering og Johnson's score for testikkelhistologi.

¹ Direkte sitert, men ulogisk fortegn, ettersom det betyr en reduksjon i vekt (målt i standardavvik).

² Direkte sitert, men ulogisk fortegn, ettersom det betyr en reduksjon i diameter (målt i standardavvik).

Kommentar: 1 dårlig dokumentert studie (Tang 2022) hos Cordelli (2024) ble gjentatt opptil 9 ganger i 3 av metaanalysene av testikkel-morfologi. Studien var bare publisert i et kinesisk institutt-tidsskrift med manglende dokumentasjon. De eksponerte for 34 GHz (ikke relevant for mobilfrekvenser, og gir mer konsentrert oppvarming i hud og ytterste vev) i opptil 64 dager, 2 timer hver dag. SAR oppgis til 5 W/Kg, men vi kan ikke kontrollere dokumentasjonen. Uten denne studien ville effekttestimatene blitt mye lavere.

Celledød i testikkel: Tjuefire studier med nivå 1/nivå 2 viste en signifikant økning i døde eller apoptotiske testikkelceller i EMF-eksponerte dyr (SMD = 1,18 SD lavere, 95 % KI: -1,82 til -0,54¹). Gjennomsnittlig SAR i disse studiene var 6,51 W/Kg (SD 5,87, 0,007–18,0 min–maks). Åtte studier med nivå 3 hadde en SMD-verdi på 5,33 lavere (95 % KI 7,62 lavere til 3,04 lavere¹).

Dose-responsanalyse viste ingen lineær respons. Den kubiske spline-kurven antydte en utfllating av dose-respons-forholdet ved omtrent 5 W/Kg, hvilket er interessant og passer ikke helt med en termisk effekt som forventes å ha betydning omtrent ved dette SAR-nivået. Heterogenitet (inkonsistens) mellom studier kunne delvis forklares med forskjeller i SAR. Ingen studier rapporterte temperaturøkninger >1°C i dyrene.

Cordelli (2024) hadde svært lav tillit til resultatet. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Testikulær spermieproduksjon: 40 studier rapporterte data om spermieproduksjon i testikkelen. De 36 studiene med nivå 1/nivå 2 viste en statistisk signifikant nedgang i spermieproduksjon hos RF-EMF-eksponerte dyr (SMD = 0,87 SD). Gjennomsnittlig SAR testet i disse studiene var 5,79 W/Kg (SD 9,05, min–maks: 0,03–43,65). 4 studier vurdert til nivå 3 viste en mindre reduksjon: SMD = 0,26 SD.

Dose-respons kunne ikke påvises. Heterogenitet mellom studiene kunne delvis forklares ut fra forskjeller mellom dyrearter og SAR-verdi. Cordelli (2024) hadde svært lav tillit til resultatet. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Organ-toksisitet etter eksponering med elektromagnetiske pulser (EMP) Ti studier med testikkel/bitestikkel-vekt viste ingen påvirkning etter EMP-eksponering (SMD 0,16 høyere). Histologiske målinger i testikkel i 10 studier viste en svak signifikant reduksjon av diameteren på sædrørene (tubuli) hos de eksponerte dyrene (SMD 0,66 SD nedgang). Alle ti studier, publisert i 2 artikler, ble utført i mus. Der kroppstemperaturen ble målt, var den <1°C. Det var ingen effekt av EMP-eksponering på celledød i testikkel. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Testosteronnivå hos forsøksdyr

40 studier rapporterte data om testosteronnivå i enten serum eller testikkel. Den samlede SMD-verdien av de 29 studiene vurdert til nivå 1/nivå 2 RoB-nivå var 0,87 (95 % KI 0,43 til 1,30), som viser en statistisk signifikant nedgang i testosteronnivå hos RF-EMF-eksponerte dyr. Gjennomsnittlig SAR testet i disse studiene var 0,9 W/Kg (SD 1,31, 0,001–4,0 min–maks). Elleve studier vurdert til nivå 3 RoB-nivå ga en SMD-verdi på 0,50 (95 % KI -0,22 til 1,23).

Dose-responsanalyse viste en lineær nedgang med økt eksponering, men en ikke-lineær modell forklarte data best, og den viste først en nedgang, og deretter en økning i

¹ Direkte sitert, men ulogisk fortegn, ettersom «lavere» her betyr økt celledød (målt i standardavvik).

testosteronnivået fra SAR rundt 8 W/Kg – som kunne passe med en ikke-termisk effekt, men passer dårlig med en økning i testosteronnivå ved høy SAR (motsatt av forventet).

Pulset eksponering viste ingen effekt på hormonnivå (3 studier).

Cordelli (2024) hadde svært lav tillit til effektestimatene. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Studier ikke med i metaanalysen til Cordelli (2024):

Mange resultater kunne ikke inkluderes i metaanalysene på grunn av utilstrekkelig datarapportering. Flere studier rapporterte ingen effekter på vekt av testikler eller epididymis (bitestikler) under ulike eksponeringsforhold. Studien av Aitken (2005) eksponerte voksne mus for 900 MHz, 0,09 W/Kg, 12 timer/dag i syv dager. Fahim (1975) eksponerte voksne rotter for 2450 MHz, på et eksponeringsnivå som førte til en temperaturøkning i testiklene opp til 65 °C i noen minutter. Lerchl (2008) eksponerte voksne hamstere for 0,08 W/Kg av forskjellige radiofrekvenser i 24 timer/dag i 60 dager. Ren (2002) eksponerte voksne mus for 2450 MHz, 100 W/m², i varierende tider mellom 0,5 og 1,5 timer/dag i 6–18 dager. Shirai (2017) eksponerte rotter i prenatal- og prepubertetsperioder for flere frekvenser, 0,08 eller 0,402 W/Kg, 20 timer/dag i 58 dager. Takahashi (2010) eksponerte rotter i prenatal- og prepubertetsperioder for 2140 MHz, 0,051 eller 0,119 W/Kg, 20 timer/dag i 35 dager.

En skadelig effekt på testikkelvekt ble antydnet av Prausnitz og Susskind (1962) etter eksponering av mus for 9300 MHz og høy effekttetthet i 5 minutter/dag i 295 dager som førte til en kroppstemperaturøkning på 3,3 °C. I samme studie ble det også rapportert noen histopatologiske effekter på testiklene. Effekter på testikkelens histologi ble rapportert av Ozlem Nisbet (2012) etter eksponering av rotter fra ungdom til voksen alder for 900 eller 1800 MHz, SAR lik eller lavere enn 0,002 W/Kg, 2 timer/dag i 90 dager. Lee (2005) rapporterte ingen effekter på testikkelens histopatologi og antall døde testikkelceller etter RF-EMF-eksponering av mus for forskjellige radiofrekvenser, 0,4 W/Kg, 1,5 timer/dag i 20, 40 eller 50 dager. Ingen effekt på testikkelcellers apoptose ble observert av Yan (2022) etter eksponering av mus for 2000 MHz, 0,31 W/Kg, 3 timer/dag i 28 dager. Til slutt rapporterte Saygin (2015) en økning i testikkelcellers apoptose etter eksponering av rotter for 2450 MHz, 3,21 W/Kg, 1 time/dag i 28 dager.

Andre oversikter over dyrestudier

Liu (2014, uklar bias) og Yu (2021, høy bias) presenterte dyrestudier, men begge oversiktene manglet en relevant kvalitetsvurdering, og laboratoriemetoder er mangelfullt beskrevet. Vi gikk gjennom primærstudiene for disse oversiktene og fant at de fleste studiene var av dårlig kvalitet. Cordelli (2024) klassifiserte de fleste av de samme studiene som nivå 3.

Cordelli (2023, 2024) hadde utelatt sperm- og fertilitetsanalyser for begge kjønn fra rottestudiene til National Toxicology Program (NTP, 2018b). Studiene karakteriseres som grå litteratur, selv om fagfelle-vurderingen av disse studiene var langt grundigere enn i noe tidsskrift. Dette er GLP studier av svulstforekomst etter RF-EMF-eksponering gjort i henhold til internasjonale protokoller, riktig nok ikke komplett for fertilitetsstudier. NTP studiene viste ingen negativ effekt på testikkelvekter eller patologiske endringer ved SAR opp til 6 W/Kg i 3 separate studier, det lengste over 2 år med 90-105 rotter/gruppe i 4 eksponeringsnivåer. Etter 14-ukers eksponering så de ingen endring i spermiemotilitet, testikkelvekt eller spermietall opp til 6W/Kg (20 rotter/gruppe, 4 grupper).

Oppsummert, hannlig fertilitet hos forsøksdyr Cordelli (2024): Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan medføre en sannsynlig redusert befruktningsevne, men effektene var svært usikre for eksponeringer under 5 W/Kg og en lineær dose-respons med stigningskoeffisient på 0,03 OR/SAR er ikke uventet gitt at eksponeringene var oftest langt over der vi forventer termiske effekter. RF-EMF-eksponering kan sannsynligvis ha ingen eller en svært liten påvirkning på kullstørrelse. Pulset RF-EMF-eksponering medfører muligens ingen effekt på verken befruktningsevne eller kullstørrelse. RF-EMF kan muligens medføre en redusert spermiekonsentrasjon. Kunnskapsgrunnlaget fra alle andre utfall basert på spermieanalyser er svært usikkert.

Vi ville gradert flere studier som nivå 3 enn Cordelli hadde gjort. Vi ville inkludert NTP 2018-studiene som ikke viste repro-effekter, noe som ville påvirket noen av metaanalysene. Spermistudier er generelt av dårlig kvalitet.

Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering under nivåer som kan settes i sammenheng med oppvarming, sannsynligvis ikke påvirker fertiliteten hos hanndyr, men flertallet av utfallene var svært usikre og bidro ikke til kunnskapsgrunnlaget.

SoF tabell 5 Fertilitet hos hanndyr, eksperimentell eksponering (Cordelli 2024)

Populasjon: rotte/mus, 1 studie i marsvin 1 studie i hamster, 1 studie i kanin					
Setting: eksperimentell eksponering. Studier av høy til moderat kvalitet (low to some concern)					
Eksponering: 2 min-24 timer/1-21 dager, simulator 100 kHz-300 GHz eller mobiltelefon. Kontinuerlig og pulset eksponering					
Sammenligning: ueksponert					
Utfall	Forventede absolutte effekter (95 % KI) ¹		Relativ effekt (95 % KI) ²	Antall studier og design, eksponerte / ueksponerte dyr ³	Tillit til effekt-estimatet (GRADE)
	Kontrollverdier	Eksponering			
E: Kontinuerlige RF-felt					
♂ fertilitet Målt som: Ratio av infertile hanner			OR = 1,38 (0,32, 5,94)	4 XB (paralleldesign) 89 / 55	⊕⊕⊕⊕ Svært lav ^B 2P
♂ fertilitet Målt som: Andel ikke-drektige av parede hunner			OR = 2,39 (1,52, 3,74)	19 XB 638 / 549	⊕⊕⊕⊕ Moderat ^B K O
♂ fertilitet Målt som: Andel ikke-drektige/parede hunner – dose-respons			OR øker med 0,03 pr 1 W/kg	19 XB 638 / 549	⊕⊕⊕⊕ Moderat ^B K O
♂ fertilitet Målt som: Kullstørrelse	10 unger (5-15 min-maks)	SMD 0,04 SD mindre (0,23 økt, 0,15 lavere,)		16 XB 268 / 195	⊕⊕⊕⊕ Moderat ^B
Sædkvalitet Målt som: Sperm-konsentrasjon	146 millioner (9-448 mill. min-maks)	SMD 0,74 SD lavere (0,98 lavere, 0,51 lavere)		80 XB 752 / 569	⊕⊕⊕⊕ Lav ^{B K b O}

Sædkvalitet Målt som: % unormale spermier	7,7 % (0 - 24 % min -maks)	MD 0,94 % lavere (1,28 lavere, 0,59 lavere)		65 XB 567 / 436	⊕○○○ Svært lav ^B K b
Sædkvalitet Målt som: Spermvitalitet		MD 10,83 % lavere (15,2 lavere, 6,47 lavere)		32 XB 334 / 265	⊕○○○ Svært lav ^B 2K b O
Sædkvalitet Målt som: Endringer i Sperm-DNA/kromatin		SMD 1,92 SD høyere (2,78 høyere, 1,05 høyere)		6 XB 56 / 55	⊕○○○ Svært lav ^B K D
Organmåling Testikkel-epididymis vekt		SMD 0,29 SD lavere (0,47 lavere, 0,10 lavere)		55 XB 725 / 503	⊕○○○ Svært lav ^B K D b O
Organmåling Testikkel- eller epididymis-histologi		MD 0,69 lavere score (0,92 lavere, 0,45 lavere)		17 XB 125 / 108	⊕○○○ Svært lav ^B 2K b
Organmåling Testikkel histo- morfometri		SMD 0,90 SD mindre tubuli diameter (1,49 mindre, 0,32 mindre)		24 XB 173 / 162	⊕○○○ Svært lav ^B 2K D b
Organmåling Testikkel-celledød		SMD 1,18 SD høyere (0,54 høyere, 1,82 høyere)		23 XB 285 / 168	⊕○○○ Svært lav ^B K D b O
Organmåling Testikulær sæd- produksjon		SMD 0,87 lavere (1,22 SD lavere, 0,51 lavere)		36 XB 364 / 243	⊕○○○ Svært lav ^B K D
Hormoneffekt Målt som: Testosteronnivå		SMD 0,87 lavere (1,30 lavere, 0,43 lavere)		29 XB 462 / 321	⊕○○○ Svært lav ^B 2K b O
E: Pulsete RF-felt					
♂ fertilitet Målt som: Andel ikke- drektige av parede hunner			OR = 0,89 (0,38, 2,10)	5 XB 25 / 25	⊕⊕○○ Lav ^{B P}
♂ fertilitet Målt som: Kullstørrelse		SMD 0,38 lavere (0,91 lavere, 0,15 høyere)		5 XB 50 / 50	⊕⊕○○ Lav ^{B P}
Sædkvalitet Målt som: Spermie- konsentrasjon		SMD 0,23 lavere (0,56 lavere, 0,09 høyere)		10 XB 75 / 75	⊕⊕○○ Lav ^{B P}
Sædkvalitet Målt som: % unormale spermier		MD 0,4 % høyere (0,23 % høyere, 0,57 % høyere)		10 XB 75 / 75	⊕○○○ Svært lav ^B K P b
Sædkvalitet Målt som: Spermielivskraft		MD 2,5 lavere (7,89 lavere, 2,9 høyere)		2 XB 60 / 20	⊕○○○ Svært lav ^B K P

Organmåling Målt som: Testikkel-epididymis vekt		SMD 0,16 høyere (0,14 lavere, 0,45 høyere)		10 XB 90 / 90	⊕○○○ Svært lav ^B D P ^b
Organmåling Målt med: Testikkel histomorfometri		SMD 0,66 mindre tubuli diameter (0,99 mindre, 0,33 mindre)		10 XB 75 / 75	⊕○○○ Svært lav ^B D P
Organmåling Målt som: Testikkel-celledød		SMD 0,05 høyere (0,8 lavere, 0,9 høyere)		5 XB 25 / 25	⊕○○○ Svært lav ^B D P
Hormoneffekt Målt som: Testosteronnivå		SMD 1,74 lavere (3,92 lavere, 0,43 høyere)		10 XB 90 / 90	⊕○○○ Svært lav ^B D P

¹ MD = gjennomsnittlig differanse, SMD = standardisert gjennomsnittlig differanse; Absolutt effekt på 0 er ingen effekt. Om konfidensintervall (KI) inneholder både lavere og høyere er det ikke signifikant på 95 %-nivå

² OR = Odds ratio, RR = relativ risiko; Relativ effekt på 1 er ingen effekt. Om konfidensintervall (KI) går fra under 1 til over 1 er det ikke signifikant på 95 %-nivå

³ Forsøksdesign: XB = blokkdesign/parallelldesign, blinding variabel, manglende blinding har gitt trekk for bias.

^B Nedgradert ett nivå for risiko for systematiske skjevheter (bias).

^{K²K} Nedgradert 1 til 2 nivåer for inkonsistens (heterogenitet).

^D Nedgradert ett nivå for indirektemål på effekt

^P Nedgradert ett nivå for lav presisjon, få studier og få deltakere

^b Nedgradert ett nivå for publikasjonsbias; positive funn er overrepresentert

^o Oppgradert ett nivå for konsistente funn for flere dyrearter

Fertilitet hos hunndyr

Den siste og beste systematiske oversikten om fertilitet hos hunndyr og utviklingseffekter i forsøksdyr var Cordelli (2023), med lav bias i ROBIS. Resultater og tillit siteres direkte av oss. Stor spredning på SAR: 0,00011 og 115 W/kg. Varighet fra noen få minutter på 1 dag med høy eksponering, til 24/7 eksponering i 20 dager. cirka halvparten av studiene rapporterte kroppstemperatur, og i halvparten av disse registrerte >1°C økt kjernetemperatur hos mordyret. Eksponeringen i studiene var ofte langt over grenseverdiene, men noen ganger var det mulig å gjøre metaanalyse separat for studier med SAR-verdier over/under 5 W/Kg eller der kroppstemperaturen ikke økte med mer enn 1°C. En lineær eller kurvet dose-respons analyse var mulig for noen få utfall, med estimering av økning eller reduksjon i effekt for hver endring på 1W/Kg i SAR-verdi.

Presentasjonen i Cordelli (2023) er stedvis forvirrende fordi retningen på effektestimaterne er motsatte i forhold til effekten i virkeligheten. For eksempel er en *økt* SMD for kullstørrelse forbundet med *færre* unger i kullet, tilsvarende med *økt* SMD for fosterlengde betyr kortere foster, osv. for fostervekt, misdannelser, hjernepatologi, motorisk aktivitet (står under Atferds-kapitlet lengre nede). Det er uforståelig at de ikke har dette korrekt ettersom SMD skal være en absolutt effekt, men vi har ikke snudd på tallene, kun anmerket det for hvert utfall.

Alle narrative resultater er fra Cordelli (2023). Primærstudier referert må oppsøkes der.

Pre-implantasjonstap. Totalt 5 studier rapporterte data om tap av befruktet egg før implantasjon. Den eneste som er vurdert til nivå 1/nivå 2 med OHAT viste ingen signifikant effekt av RF-EMF-eksponering (SMD = 0,31 SD lavere, 95 % KI 0,88 lavere til 0,26 høyere). De 4 studiene med nivå 3 viste en signifikant reduksjon i implanterte egg med en SMD på 0,36 SD lavere (95 % KI 0,73 lavere til 0,00 høyere). Ingen tillitsvurdering gjort da nivå 3-studier ikke skulle vurderes i GRADE, resultatet er ikke med i SOF-tabellen.

Cordelli (2023) oppga ingen tillit. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget forblir usikkert.

Kullstørrelse. Totalt 36 studier rapporterte data om kullstørrelse, alle unntatt 2 relevante studier var nivå 2. I de 24 studiene med nivå 1/nivå 2 var den gjennomsnittlige forskjellen mellom kullstørrelser hos de sham-eksponerte og RF-EMF-eksponerte grupper liten og ikke statistisk signifikant (MD = 0,05 unger/kull, 95 % KI fra 0,21 lavere til 0,30 høyere). Disse studiene ble utført ved en gjennomsnittlig SAR på 4,92 W/Kg (SD = 5,39, 0,02–22,2 min–maks). Dose-respons vurdering viste ingen effekt på kullstørrelse.

Cordelli (2023) hadde høy tillit til effektestimaterne. Vi konkluderer at RF-EMF ikke øker risiko for færre unger i kullet.

Post-implantasjonstap; resorberte eller døde fostre. Totalt 27 studier, alle nivå 2, rapporterte data om forekomsten av resorberte eller døde fostre.

OR var på 1,84 (95 % KI 1,27 til 2,66; 21 studier), en statistisk signifikant økning av resorberte eller døde fostre i RF-EMF-eksponerte dyr. Disse studiene ble utført med en gjennomsnittlig SAR på 20,26 W/Kg. Dose-respons vurdering viste en liten, men statistisk signifikant økning av OR på 0,03 for 1 W/Kg økning.

Det var ingen signifikant økning i odds ratio for de 4 studiene med mindre enn 1°C økning i kroppstemperatur (OR = 2,17, 95 % KI 0,39 til 12,03). Derimot viste de 14 studiene der temperaturen økte med over 1°C en signifikant økt risiko for døde fostre (3°C gjennomsnitt økning; OR: 1,59, 95 % KI 1,15 til 2,19).

Cordelli (2023) hadde lav tillit til resultatet på grunn av trekk for: *Inkonsistens*: stort spenn i individuelle OR-verdier, *heterogenitet* kun delvis forklart av undergruppeanalyse for SAR. Ettersom studiene var en blanding av studier med høye SAR + varmeeffekt og studier med eksponering under forventet varmeeffekt, er det rimelig å anta en slik undergruppe-metaanalyse ville slå ut.

Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan muligens resultere i økt risiko for post-implantasjonstap vurdert med dose-respons analyse.

Utviklingseffekter i avkom etter mordyrets eksponering

Alle resultater er fortsatt fra Cordelli (2023).

Fostervekt

48 studier vurdert med nivå 1 og 2 viste en liten, men signifikant reduksjon av fostervekt (SMD = 0,31 SD høyere¹, 95 % KI 0,15 høyere til 0,48 høyere). En lineær dose-respons vurdering viste en liten, men signifikant økning i SMD på 0,015 SD for hver økning på 1W/Kg (som betyr økt risiko for redusert fostervekt). Disse studiene ble utført ved et gjennomsnittlig eksponeringsnivå på 9,83 W/Kg (SD 11,85, 0,0001–40,2 min–maks).

Subgruppe-metaanalyse basert på SAR av disse 48 studiene delt på 3 eksponeringsnivåer resulterte i:

- SAR < 0,1 W/Kg: SMD 0,57 SD lavere (95 % KI 1,38 lavere til 0,24 høyere, 5 studier, en ikke-signifikant økning i fostervekt),
- SAR fra 0,1 til 5 W/Kg: SMD 0,07 SD høyere (95 % KI 0,15 lavere til 0,29 høyere, 17 studier, en liten ikke-signifikant reduksjon i fostervekt)

¹ Høyere betyr økt risiko for mindre fostervekt

- SAR > 5 W/Kg: SMD 0,51 SD høyere (95 % KI 0,31 høyere til 0,72 høyere, 26 studier, en signifikant reduksjon i fostervekt)

Redusert fostervekt ble kun vist for gruppen med høyest SAR, som er minst 50 ganger mer enn grenseverdien på 0,08 W/Kg.

Cordelli (2023) hadde moderat tillit til resultatet, ga trekk for bias og inkonsistens ($I^2 = 73\%$) og pluss for konsistens mellom rotte og mus, og undergruppeanalyse for SAR forklarte bare delvis heterogeniteten (eksponering over 5 W/Kg dominerte).

Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering vil sannsynligvis ikke påvirke fostervekt ved eksponering der varmeeffekter ikke er forventet.

Fosterlengde.

Totalt 15 studier rapporterte data om fosterlengde. 13 studier vurdert til nivå 2, hadde en samlet SMD på 0,45 SD høyere¹ (95 % KI 0,07 høyere til 0,83 høyere), som betydde en liten, men statistisk signifikant reduksjon av fosterlengden hos RF-EMF-eksponerte dyr. Disse studiene ble utført ved et gjennomsnittlig eksponeringsnivå på 4,55 W/Kg (0,018-11,97 min-maks).

Undergruppe-metaanalyse basert på *eksponeringsnivå* viste en signifikant heterogenitet mellom grupper:

- SAR < 0,1 W/Kg: SMD 0,58 SD lavere² (95 % KI 2,40 lavere til 1,24 høyere, 3 studier, ikke signifikant økning i fosterlengde),
- SAR fra 0,1 til 5 W/Kg: 0,05 SD høyere (95 % KI 0,24 lavere til 0,34 høyere, 5 studier, ikke signifikant reduksjon i fosterlengde)
- SAR > 5 W/Kg: 0,92 SD høyere (95 % KI 0,47 høyere til 1,37 høyere, 5 studier, signifikant reduksjon i fosterlengde)

Undergruppe-metaanalyse basert på *kroppstemperatur*: Det var en signifikant forskjell mellom den samlede effektstørrelsen i studier med en rapportert temperaturøkning < 1°C (SMD = 0,06 høyere, 95 % KI 0,38 lavere til 0,51 høyere, 3 studier, ikke signifikant reduksjon i fosterlengde) og effektstørrelsen i studier med en temperaturøkning ≥ 1°C (SMD 0,92 SD høyere, 95 % KI 0,47 høyere til 1,37 høyere, 5 studier, signifikant reduksjon i fosterlengde).

En lineær *dose-respons*-vurdering viste en signifikant endring av SMD på 0,03 SD for hver 1 W/Kg, som indikerte en liten reduksjon av fosterlengde som gjelder for alle eksponeringsnivåer.

Cordelli (2023) hadde lav tillit til resultatet pga. bias og inkonsistens ($I^2 = 77\%$).

Undergruppeanalysen viste kun signifikante effekter ved >5 W/Kg, derfor oppgraderer vi tilliten til moderat for ingen effekt ved lave verdier. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan muligens resultere i en liten eller ingen lineær reduksjon i fosterlengde med økt eksponering,

Det er sannsynligvis ingen eller en ubetydelig økt risiko for kortere foster ved RF-eksponering under forventede termiske effekter.

¹ Høyere betyr økt risiko for kortere foster. Cordelli er ofte forvirrende med valg av fortegn på skalaen.

² Lavere betyr her lavere risiko for lengre fostre, mens det er kortere/mindre fostre som assosieres med en negativ effekt – høyere SD.

Fostermisdannelser (kontinuerlige data)

22 studier rapporterte data om fostermisdannelser som en kontinuerlig variabel.

Metaanalysen av studier vurdert med nivå 1/nivå 2 viste en SMD-verdi på 0,45 SD lavere¹ (95 % KI 0,68 lavere til 0,23 lavere, 13 eksperimenter), som viser en liten, men statistisk signifikant økning av misdannede fostre i RF-EMF-eksponerte dyr. Disse studiene ble utført med en gjennomsnittlig eksponering på 6,75 W/Kg (SD 4,65, 0,048–10,8 min–maks), der 69 % av testene hadde en gjennomsnittlig SAR for hele kroppen ≥ 5 W/Kg.

Dose-respons analyse viste en liten signifikant lineær økning i SMD for hver økning på 1 W/Kg.

Cordelli (2023) hadde lav tillit til effekttestimatene, trekk for bias og publikasjonsskjevhet. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan muligens resultere i en liten eller ingen økning av misdannelser.

Kull med misdannede fostre (binære data)

Mange studier rapporterte bare kullvis forekomst av misdannelser, der det bare var mulig med en kategorisering av om kullet hadde misdannede fostre eller ikke - 0 eller 1 skala. De 28 nivå 1/2 studiene viste en betydelig økt odds ratio for kull med misdannede fostre i RF-EMF-eksponerte dyr (OR = på 3,22 95 % KI 1,90 til 5,46). Det var en stor variasjon mellom individuelle studier (OR = fra 0,35 til 169). Disse studiene ble utført med et gjennomsnittlig eksponeringsnivå på 16,63 W/Kg (SD 20,96, 0,0001–107,28 min–maks), der 86 % av sammenligningene hadde en gjennomsnittlig SAR ≥ 5 W/Kg.

Undergruppe-metaanalyse basert på kroppstemperatur. Det var en signifikant forskjell mellom effektstørrelsen i studier der det ble rapportert en temperaturøkning under 1°C (SMD = 2,01 SD høyere forekomst, 95 % KI 0,96 lavere til 4,21 høyere, 6 studier) og effektstørrelsen i studier med en temperaturøkning $\geq 1^\circ\text{C}$ (SMD 4,53 SD høyere, 95 % KI 2,08 høyere til 9,85 høyere, 6 studier, signifikant flere kull med misdannelser).

Cordelli (2023) hadde svært lav tillit til resultatet, trakk for bias, meget stor inkonsistens og indirektehet ettersom kullvis mål er et grovt estimat. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

NOTIS om misdannelser: Vurdering av misdannelser er særdeles komplisert, særlig på en kontinuerlig skala. Fostrene tas ut av mordyret omtrent 1 dag før fødsel, mens det viser seg at mange observasjoner forsvinner i løpet av 3 ukers laktasjon etter fødsel, dermed er det et spørsmål om tidspunktet for vurdering er korrekt (selv om OECDs retningslinjer definerer gjeldende tidspunkt). Hvert foster, kontrolldyr eller eksponert, får titalls anmerkninger med en grundig analyse, og deretter en krevende statistisk vurdering. Skillet mellom varige misdannelser og naturlige variasjoner diskuteres kontinuerlig av erfarne patologer.

Kjønnsrate (hanner/ hunner i kullet)

Metaanalysen av 13 studier på nivå 1/nivå 2 viste ingen effekt av RF-EMF på dette utfallet (OR = på 1,08 (95 % KI 0,92 til 1,28)).

Cordelli (2023) hadde lav tillit til resultatet, trekk for bias og indirektehet (utfallet er en svak indikator på problematisk drektighet). Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan muligens resultere i ingen forskjell i kjønnsrate.

¹ Lavere betyr her høyere risiko for økt antall misdannelser eller antall kull med misdannelser.

Hjerneropatologi hos avkom.

Vekten av hjernen eller lillehjernen ble rapportert i totalt 13 studier. 12 nivå 2-studier viste ingen effekt, SMD = 0,10 SD høyere (95 % KI: 0,09 lavere til 0,29 høyere), og ingen dose-respons. Alle studier der kjernetemperatur ble målt, rapporterte en økning på mindre enn 1°C.

Cordelli (2023) hadde moderat tillit til resultatet, kun trekk for bias (nivå 2-studier). Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering gir sannsynligvis ingen utslag på hjerneopatologi.

Infertilitet målt som kullstørrelse for døtre av eksponerte mødre (4 studier)

Ingen effekt av RF-EMF observert (SMD = 0,08 SD, 95 % KI -0,39 til 0,55). 2 studier ikke inkludert i metaanalysen (nivå 2 og nivå 3 for bias) rapporterte antall follikler hos avkommet. Begge studiene rapporterte signifikant reduksjon i antall follikler hos dyr eksponert *in utero* for en helkroppss gjennomsnittlig SAR på henholdsvis 0,23 og 0,01 W/Kg.

Cordelli (2023) hadde lav tillit til resultatet, trekk for bias (alle 4 var nivå 2) og presisjon (store KI). Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan muligens resultere i liten eller ingen forskjell i infertilitet hos avkom.

Andre studier ikke inkludert i metaanalysen

7 artikler rapporterte data om antall eller tetthet av nerveceller i spesifikke deler av sentralnervesystemet (4 med nivå 2 og 3 med nivå 3 for risiko for bias). Alle 7 artikler rapporterte en betydelig nedgang i celleantall eller celletetthet ved SAR-verdier mellom 0,01 og 2 W/Kg. Når organvekt også ble målt, rapporterte 2 artikler ingen påvirkning på hjerne eller lillehjerne, mens 1 artikkel rapporterte en reduksjon i hjernevekt.

Cordelli (2023) hadde lav tillit til resultatet. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan muligens resultere i ingen forskjell i organvekter, mens de histologiske metodene og resultatene varierte sterkt.

Atferdseffekter på avkom

Omtalt under da utfallet temamessig hører hjemme under hjernefunksjon-kapittelet ([på side 134](#)). Ettersom eksponeringen hører hjemme under utviklingsforstyrrelser, er resultatene også gjentatt i SoF-tabellen nedenfor.

SoF tabell 6 Fertilitet og utviklingseffekter hos hunndyr (Cordelli 2023)

Populasjon: forsøksdyr Setting: eksperimentell eksponering. Studier med nivå 1 / nivå 2 (low to some concern) Eksponering: 2 min-24 timer/1-21 dager, simulator/mobiltelefon Sammenligning: Ueksponert					
Utfall	Forventede absolutte effekter (95 % KI) ¹		Relativ effekt (95 % KI) ²	Antall eksponerte/kontroller, antall studier ³	Tillit til effekt-estimatet (GRADE)
	Kontrollgruppe	Eksponering			
♀ fertilitet Målt som: pre implantasjonstap – befruktet egg ikke festet seg		SMD: 0,31 SD lavere (0,88 lavere, 0,26 høyere)		1 XB lav bias (4 XB høy bias)	⊕⊕⊕⊕ Høy (⊕⊕○○ Lav)
♀ fertilitet Målt som: post implantasjonstap – foster ikke født eller resorbert			OR: 1,84 (1,27, 2,66)	3042 / 1569 21 XB	⊕⊕○○ Lav ^{BK}

♀ fertilitet Målt som: post implantasjonstap – studier med <1°C økt kroppstemperatur			OR: 2,17 (0,39, 12,03)	3042 / 1569 21 XB	⊕⊕○○ Lav ^{B K}
♀ fertilitet Målt som: Forskyvning i kjønnsratio			OR: 1,08 (0,92, 1,28)	1719 / 948 13 XB	⊕⊕○○ Lav ^{B D}
♀ fertilitet Målt som: kullstørrelse		SMD: 0,05 SD større kull (0,2 lavere, 0,3 høyere)		994 / 908 24 XB	⊕⊕⊕⊕ Høy ^{B A}
Utviklingseffekter: Målt som: fosterlengde (høyere = økt risiko for mindre foster)		SMD: 0,45 høyere (0,07 høyere, 0,83 høyere)		466 / 235 13 XB	⊕⊕○○ Lav ^{B K}
Utviklingseffekter: Målt som: misdannelser, kontinuerlig (lavere = flere misdannelser)		SMD: 0,45 SD lavere (0,68 lavere, 0,23 lavere)		712 / 213 13 XB	⊕⊕○○ Lav ^{B b}
Utviklingseffekter: Målt som: fostermisdannelse, kullvis			OR: 3,22 (1,90, 5,46)	2374 / 1818 28 XB	⊕○○○ Svært lav ^{B K D b}
Utviklingseffekter: Målt som: Lav fostervekt (høyere = lavere fødselsvekt)		SMD: 0,31 høyere (0,15 høyere, 0,48 høyere)		1477 / 1197 48 XB	⊕⊕⊕○ Moderat ^{B K A}
Utviklingseffekter: Målt som: Lav fostervekt (høyere = lavere fødselsvekt) – dvs ØKT vekt		SAR < 0,1 W/Kg: SMD 0,57 SD lavere (1,38 lavere 0,24 høyere)		- / - 5 XB	⊕⊕⊕○ Moderat ^{B K A}
Utviklingseffekter: Målt som: Lav fostervekt (høyere = lavere fødselsvekt)		SAR fra 0,1 til 5 W/Kg: SMD 0,07 SD høyere (0,15 lavere 0,29 høyere)		- / - 17 XB	⊕⊕⊕○ Moderat ^{B K A}
Utviklingsforstyrrelser og direkte: Målt som: hjernepatologi hos avkom		SMD: 0,10 høyere (0,09 lavere, 0,29 høyere)		658 / 587 12 XB	⊕⊕⊕○ Moderat ^B
Utviklingseffekter: Målt som: kullstørrelse for F2 avkom fra F1 – fertilitet		SMD: 0,08 høyere (0,39 lavere, 0,55 høyere)		69 / 83 4 XB	⊕⊕○○ Lav ^{B P}
Utviklingseffekter: (på side 134) Målt som: læring og hukommelse hos avkom		SMD: 0,54 SD lavere (1,24 lavere, 0,17 høyere)		16 / 16 2 XB	⊕○○○ Svært lav ^{B P b}
Utviklingseffekter: (på side 134) Målt som: motoriske aktivitetsfunksjoner hos avkom		SMD: 0,79 høyere (0,21 høyere, 1,38 høyere)		63 / 57 4 XB	⊕○○○ Svært lav ^{B K P}
Utviklingseffekter: (på side 134) Målt som: motoriske og sensoriske funksjoner hos avkom		SMD: 0,66 SD lavere (1,18 lavere, 0,14 lavere)		30 / 30 2 XB	⊕○○○ Svært lav ^{B P}

Merk at det flere steder er revers logikk på høyere og lavere SMD som beskrevet der det kan forvirre. Vi beholdt original rapportering.

¹ SMD = standardisert gjennomsnittlig differanse; Absolutt effekt på 0 er ingen effekt. Om konfidensintervall (KI) inneholder både lavere og høyere er det ikke signifikant på 95 %-nivå

² OR = Odds ratio, effekt på 1 er ingen effekt. Om konfidensintervall (KI) går fra <1 til >1 er det ikke signifikant på 95 %-nivå

³ Forsøksdesign: XB = blokkdesign/parallelldesign, blinding varierte, om det manglet: nedgradert for bias

^B Nedgradert ett nivå for risiko for systematiske skjevheter (bias).

^K Nedgradert ett nivå for inkonsistens (heterogenitet).

^D Nedgradert ett nivå for indirektemål på effekt

^P Nedgradert ett nivå for lav presisjon, få studier og få deltakere

^b Nedgradert ett nivå for publikasjonsbias; positive funn er overrepresentert

Håndtering av mangler i primærstudiene. Cordelli (2023) brukte 2 metoder for å håndtere kilder til estimeringsfeil i metaanalysene.

Kulleffekten. Mange studier brukte individuelle avkom som eksperimentell enhet uten å ta hensyn til hvilke dyr som kom fra samme ungekull. En slik feil kan gi store utslag i forsøk med dyrearter med store ungekull. Selv om det er mange ulike forsøksdesign med eksponering av mødre og unger, skal kull/mordyr alltid inkluderes i den statistiske analysen. I de tilfellen der kulleffekten var utelatt, justerte Cordelli (2023, 2024) de estimerte verdiene. Enten brukte de gjennomsnitt og standardavvik per kull for kontinuerlige data, og for binære data brukte de en korreksjonsfaktor på 0,2. Mange studier av utviklingseffekter manglet all informasjon om mordyr, som medførte for snevre konfidensintervaller og kunstig høy signifikans (bemerket av Cordelli (2023), som hadde komplette rådata med slik informasjon i sin *Supplementary*).

Derfor er tallene på dyr i SoF tabell 6 noen steder oppsiktsvekkende høye til at det er sjelden flere enn 20 mødre i hver forsøksgruppe (guideline anbefaling), som antyder overdrevne effekt-estimerer/presisjonen for studiene det gjelder.

Gjentatt bruk av kontrollgrupper i metaanalysene ble håndtert ved å slå sammen utfallsdata og eksponeringsnivåer fra alle eksponerte grupper og vurdere mot kontrollene. Dette er også en akseptert metode iflg. Cochrane handbook (Deeks et al., 2008). Vi nevnte oppdeling av kontrollgrupper som en annen metode under Pinto (2023) som muliggjør en dose-respons-vurdering. Cordellis metode vil ha redusert denne muligheten ved å slå sammen alle eksponeringsnivåene, men vi kan ikke si noe om hvilken effekt det kan ha hatt.

Andre rapporter

Resultater fra NTP studiene (også omtalt over) for SAR 3W/Kg ble ikke tatt med av Cordelli (2024). NTP studiene fant effekt av 6 og 9 W/Kg GSM og CMDA på både kullstørrelse og gjennomsnittlig vekt, men denne ble knyttet til varmeeffekter av forfatterne og flertallet av fagfeller. (En gruppe på 9W/Kg ble ikke tatt med i den endelige 2-års studien fordi rottene ikke tålte eksponeringen.) NTP studiene fant ingen effekter på 1,5 eller 3 W/Kg på rotte.

Tabell 7 Retning og tillit: Fertilitet (alle eksponeringsnivåer)

Utfall	Målt som: (SAR-verdier i dyreeksperimenter for utfallet)	Forsøksdyr, alle SAR		Fertile kvinner og menn
		kontinuerlig eksponering	Pulset eksp.	
♀ fertilitet, dyreforsøk og mennesker (mobiltelefon og yrkesmessig) SoF tabell 4 SoF tabell 6	Pre implantasjonstap – befruktet egg ikke festet til livmorveggen (1 studie, ikke GRADE)	↔		-
	Post implantasjonstap – foster døde/resorbert/abort Gj sn SAR: 20,26 W/Kg (SD 24,52, 0,0001–107,28 min–max)	L ¹ ↑		SL ↔ ²
	Forskjøvet kjønnsratio Gj sn SAR: 4,29 W/Kg (SD 5,093, 0,0001–10,8 min–max)	L ↔		-
	Kullstørrelse Gj sn SAR: 16,63 W/Kg (SD 20,96, 0,0001–107,28 min–maks)	H ↔		-
	Risiko for prematur/for tidlig fødsel			SL ↔ ³
Utviklings-effekter	Fostermisdannelse Gj sn SAR: 6,75 W/Kg (SD 4,65, 0,048–10,8 min–max)	L ↑↗		SL ↔ ⁴
	Fostermisdannelse kullvis Gj sn SAR: 16,63 W/Kg (SD 20,96, 0,0001–107,28 min–max)	SL ↑↗		-

Utfall	Målt som: (SAR-verdier i dyreeksperimenter for utfallet)	Forsøksdyr, alle SAR		Fertile kvinner og menn
		kontinuerlig eksponering	Pulset eksp.	
SoF tabell 4 SoF tabell 6	Fosterlengde (SAR<5W/Kg) Gj.sn SAR: 4,55 W/Kg (0,018-11,97 min-max)	M ↔ ⁵		
	Fostervekt (SAR<5W/Kg) Gj sn SAR: 9,83 W/Kg (SD 11,85, 0,0001–40,2 min-max)	M ↔ ⁴ ↑		SL ↔ ⁶
	Risiko for lite foster for gestasjonsalder (SGA)			SL ↑
	Hjernerpatologi hos avkom	M ↔		-
	Kullstørrelse for døtre av eksponerte mødre	L ↔		-
	Læring og hukommelse hos avkom	SL ↔		-
	Motoriske aktivitetsfunksjoner hos avkom	SL ↑		-
	Motoriske og sensoriske funksjoner hos avkom	SL ↓		SL ↓ ⁷
	Motoriske og sensoriske funksjoner hos avkom	SL ↓		SL ↓ ⁷
♂ fertilitet	Ratio av infertile hanner, sterilitet Gj sn SAR: 0,38 W/Kg (SD 0,45, 0,09–1,05 min-max)	SL ↔		-
[SoF tabell 5]	Ratio Ikke-gravide (fruktbarhet), (SAR<5W/Kg) Gj sn SAR: 23,87 W/Kg (SD 21,19, 0,12–43,4 min-max)	M ↔ ⁸	L ↔	-
	Kullstørrelse Gj sn SAR: 24,22 W/Kg (SD 46,89, 0,12–141,4 min-max)	M ↔	L ↔	-
	Kullstørrelse Gj sn SAR: 24,22 W/Kg (SD 46,89, 0,12–141,4 min-max)	M ↔	L ↔	-
Sædkvalitet, dyrestudier, ex-vivo sperm, befolkningsstudier	Spermie-konsentrasjon Gj sn SAR: 12,2 W/Kg (SD 16,03, 0,001–43,6 min-max)	L ↓	L ↔	SL ↓
	Sædcellemorfologi Gj sn SAR: 13,59 W/Kg (SD 14,52, 0,001–43,6 min-max)	SL ↓ ↗ ⁹	SL ↓	SL ↔
	Endringer i Sperm-DNA/kromatin Gj sn SAR: 1,59 W/Kg (SD 0,92, 0,15–2,2 min-max)	SL ↑ ↗		SL ↔
	Spermievitalitet, bevegelighet, mortalitet, orientering Gj sn SAR: 1,5 W/Kg (SD 1,87, 0,001–5,0 min-max)	SL ↓ ↗	SL ↔	SL ↓
	Spermievitalitet som % motilitet			SL ↔
	Risiko for redusert spermie-antall			SL ↑ ↗
Testikkel-målinger ¹⁰	Testikkel-epididymis vekt Gj sn SAR: 3,62 W/Kg (SD 3,3, 0,002–5,0 min-max)	SL ↓ ↗	SL ↔	
	Testikkel- eller bitestikkel-histologi (SAR over 5 W/Kg) Gj sn SAR: 2,95 W/Kg (SD 2,35, 0,002–5,0 min-max)	SL ↓ ↗		
	Testikkel histo-morfometri Gj sn SAR: 2,5 W/Kg (SD 2,18, 0,002–5,0 min-max)	SL ↓ ↗	SL ↓	
	Testikkel-celledød Gj sn SAR: 6,51 W/Kg (SD 5,87, 0,007–18,0 min-max)	SL ↑	SL ↔	
	Sæd-produksjon Gj sn SAR: 5,79 W/Kg (SD 9,05, 0,03–43,65 min-max)	SL ↓		
	Sæd-produksjon Gj sn SAR: 5,79 W/Kg (SD 9,05, 0,03–43,65 min-max)	SL ↓		
Hormoneffekt	Testosteronnivå Gj sn SAR: 0,9 W/Kg (SD 1,31, 0,001–4,0 min-max)	SL ↓ ↗	SL ↔	

1 Tillit til effekttestimatet: høy (H), moderat (M), lav (L), svært lav (SL).

Retning: ↔ liten/ingen endring ikke signifikant, ↗ dose respons (signifikant eller nær signifikant), røde ↓ og ↑ angir retning på mulig negativ effekt av eksponering (signifikant).

2 Spontanabort: dose-respons vurdering, exp(beta) ikke signifikant, symmetrisk 95 %KI for OR = 1

3 Ikke signifikant, men asymmetrisk 95 %KI (mobiltelefoneksponering) Vide konfidensintervall symmetrisk 95 %KI rundt RR = 1, yrkeseksponering

---tabell fotnoter forts.---

- 4 Yrkeseksponering, stigningskoeffisienten $\exp(\beta)$ ikke signifikant, men asymmetrisk 95 %KI for OR = 1
- 5 $\Leftrightarrow$ for eksponeringer under 5 W/Kg og $<1^{\circ}\text{C}$ temperaturøkning ifølge subgruppe-metaanalyse.
- 6 Ikke signifikant økt risiko, men asymmetrisk mot en økt risiko
- 7 Bodewein (2022) vurderte mors telefonbruk fra 4 studier som samlet viser en viss økt risiko for motoriske funksjoner, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert
- 8 $\Leftrightarrow$ for eksponeringer under 5 W/Kg ifølge subgruppe-metaanalyse, det var en svak dose respons over hele eksponeringsområdet
- 9 En signifikant endring på 1 % er ikke biologisk relevant
- 10 Alle metaanalyser av testikkelmålinger fikk trekk for bias/design, og stor til veldig stor inkonsistens. De fleste fikk trekk for publikasjonsbias, ettersom positive funn var overrepresentert.

Hjernefunksjon

HØVEDFUNN

Epidemiologiske studier av RF-EMF eksponering og kognitiv funksjon inkluderte 3 kohorter med 1 års oppfølging hos barn, 4 år hos voksne (1 kohort). Utfall var generell kognitiv funksjon, oppmerksomhet, gjennomføringsevne og læring/hukommelse. Eksponering var fra mobiltelefon og miljøeksponering/fjernfelt beregnet ut fra spørreskjemaer. Ingen endring i risiko ble oppsummert i den nyeste oversikten, mens både en redusert og en økt prestasjon ble notert hos barn. Ingen effekter var signifikante i den ene kohorten som vurderte effekter hos voksne. Metaanalysene antydte ingen eller en svært liten effekt på kognitive funksjoner, men forfatterne bemerket at det var basert på få studier, få utfall og en usikker eksponering.

Eksperimentell eksponering for RF-EMF har blitt vurdert med et batteri av kognitive tester. Den beste oversikten omfattet metaanalyser for 19 utfall, med 2 målemetoder: nøyaktighet og hastighet. Testene viste både signifikant forbedrete og reduserte prestasjoner, men et stort flertall av metaanalysene viste ingen redusert prestasjon etter EMF-eksponering. 18 utfall kunne ikke analyseres i en metaanalyse. Der fordelte resultatene seg omtrent likt mellom ingen, positiv og negativ effekt (ikke kvantifisert). Den nyeste og beste oversikten konkluderte med høy tillit til at RF-EMF ikke hadde noen effekt på de fleste utfall.

Atferdstester i dyreforsøk etter eksperimentell RF-eksponering var få og små.

Vi konkluderer at eksperimentell RF-EMF-eksponering ikke medfører uheldige kognitive effekter på mennesker, mens kunnskapsgrunnlaget fra epidemiologiske studier og dyreforsøk er svært usikkert. Kunnskapsgrunnlaget fra målinger av hjernefunksjon med EEG er svært usikkert, se fysiologiske målinger side 141.

Kognitive tester skal måle aspekter av en persons mentale evner og prosesser, inkludert hukommelse, oppmerksomhet, resonnement, språk og persepsjon (evne til å oppfatte). Et stort antall tester er designet for å gi objektive mål på en persons kognitive styrker og svakheter.

4 systematiske oversikter har vurdert effekter av RF-EMF på kognitive funksjoner. Benke et al. (2024) (lav bias) vurderte kognitive funksjoner i kohortstudier og kasus-kontrollstudier. Tverrsnittstudier ble ekskludert med begrunnelsen at slike studier ikke vil kunne skille klart mellom RF-EMF-effekt og psykisk påvirkning av bruken av telefon/nettbrett.

Pophof et al. (2024) (lav bias) vurderte eksperimentelle studier med kognitive tester. Zubko et al., (2017) (lav bias) er tatt med i rapporten ettersom motivasjonen var å vurdere om RF-EMF kunne ha positive virkninger, og at det kunne påvirke konklusjonene. Kun 10 primærstudier innsamlet for 12 år siden. Bodewein et al. (2022), (uklar bias på grunn av det

de selv betegnet som ikke sammenlignbare sammenstillinger), vurderte studier som undersøkte om RF-EMF kunne ha psykologiske og andre helse-effekter på barn og ungdom, deriblant kognitive og fysiologiske effekter ut fra både epidemiologiske studier og eksperimenter. De vurderte risiko for bias med OHAT (med 3 nivåer, nivå 1 er «definitivt» eller «sannsynligvis» lav bias), men gjorde ingen metaanalyser da de mente materialet ikke kunne slås sammen i sammenlignbare grupper. De rapporterte hver studie i sin *Supplementary*. Vi gjengir narrative resultater fra Bodewein (2022).

Atferdstester i dyreforsøk ble vurdert av Cordelli (2023) ut fra studiene av avkom etter eksponerte mødre. Den eneste oversikten vi fant som omfattet RF-eksponeringer og atferd i andre forsøksdesign var ikke-systematisk. Den er summarisk omtalt fordi den gir en pekepinn om status for denne type forskning.

Kognitiv funksjon – epidemiologiske studier av barn og voksne

Den nyeste og beste systematiske oversikten gjennomført for epidemiologiske studier var Benke (2024). Oversikten har lav bias i ROBIS, og vurderte 9 utfall fra 4 kohorter i 5 publikasjoner. I alt omfattet kohortene 2808 voksne og 1831 barn. Kun 2 kohorter kunne vurderes i metaanalysene. Oppsummering-av-funn-tabellen (SoF tabell 7) inneholder kun de data som forfatterne selv har lagt inn i sin GRADE-profil, mange andre resultater er referert narrativt. Oversikten hadde maks score i GRADE for kohortstudier på moderat tillit, der et trekk ga «lav tillit» og 2 trekk ga «svært lav tillit».

Kompleks oppmerksomhet hos barn, mobilbruk (metaanalyse av 2 studier, 615 deltakere, og 1 studie med 290 deltakere vurdert narrativt, alle med 1 års oppfølgingstid).

Metaanalyse av enkel *reaksjonstidtest for nøyaktighet* etter ett års oppfølging viste ingen økt risiko (MD = 0,02 (95 % KI -0,04 til 0,08)). I begge studiene var det en økning på 25 % i median antall samtaler fra forsøksstart til oppfølging.

Metaanalysen viste ingen signifikante effekter etter *identifikasjonsoppgaven for nøyaktighet* (MD = 0,00 (95 % KI -0,04 til 0,05)), eller for *responstid* (MD = 0,02 (95 % KI 0,01 til 0,03)). Testresultatet for *identifikasjonsoppgaven for responstid* var MD = 0,00 (95 % KI -0,01 til 0,02). Resultatene var konsistente for nøyaktighet, mens begge målingene av respons antydte en økning i kognitiv funksjon i 1 studie og reduksjon i den andre. Inkonsistensen var ubetydelig pga. minimal effektstørrelse og konfidensintervallene overlappet.

Den tredje studien, som ikke var med i metaanalysen, målte kompleks oppmerksomhet hos barn med en annen test (FAKT-II) og fant ingen signifikant effekter. SMD for *konsentrasjonsnøyaktighet* var på -0,4 SD (95 % KI -0,95 til 0,16) og SMD for kumulativ RF-EMF hjerne-dose og *nøyaktighet av konsentrasjon* = -0,13 SD (95 % KI -0,68 til 0,42).

Benke (2024) hadde lav tillit til resultatet. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan muligens ha ingen eller ubetydelig effekt på kompleks oppmerksomhet hos barn over en ett-års-periode.

Eksekutive funksjoner (hjernefunksjoner som styrer planlegging og kontroll) hos barn, mobilbruk. (2 studier, 612 deltakere) Etter 1 års oppfølging var det ingen signifikante endringer i *responstid* (MD = 0,02 (95 % KI -0,01 til 0,04)) eller *responstid etter*

*interferenseffekter*¹ (MD = 0,00 (95 % KI -0,06 til 0,05). Resultatene var inkonsistente for 1 måling $((B-A)/A)$, der én studie viste økning i kognitiv funksjon, den andre en reduksjon, uten overlapp mellom konfidensintervallene. For den andre målingen $((D-C)/C)$ var inkonsistensen ubetydelig med overlappende konfidensintervaller.

Benke (2024) hadde svært lav tillit til resultatet, ga trekk for bias og inkonsistens. Vi konkluderer at ingen effekt ble påvist, men kunnskapsgrunnlaget for eksekutive funksjoner hos barn er svært usikkert.

Læring og hukommelse hos barn, mobilbruk. (Metaanalyse av 2 studier, 615 deltakere). Metaanalysen viste ingen signifikante endringer i *arbeidsminne - nøyaktighet* (1-back test, MD = -0,03 (95 % KI -0,07 til 0,02)) eller for *responstiden* ved samme test (MD = -0,01 (95 % KI -0,04 til 0,03)). Ingen endringer ble notert i analysen av testresultatene for *visuelt gjenkjennelesminne og oppmerksomhet* MD = -0,02 (95 % KI -0,04 til 0,00) for nøyaktighet og MD = -0,01 (95 % KI -0,04 til 0,03) for *responstid*. Resultatene fra de 2 studiene var konsistente bortsett fra *1-back memory*, som antydte en økning i kognitiv funksjon i 1 studie og en reduksjon i den andre, men konfidensintervallene overlappet.

Tilleggsstudie vurdert narrativt: 1 studie med 670 deltakere sammenlignet effekten av eksponering per interkvartilområde av minutter per dag med selvrapportert mobiltelefonbruk på testresultatet av Intelligenz-Struktur-Test (IST) for verbalt minne og fant en SMD -0,01 SD (95 % KI -0,29 til 0,27), og en SMD -0,21 (95 % KI -0,51 til 0,09) for figurativt minne, med en redusert figurativ minnescore assosiert med økt bruk av trådløse telefoner og økt kumulativ RF-EMF hjerneeksponering etter 1 års oppfølging (se også Bodewein (2022) nedenfor).

Benke (2024) hadde lav tillit til null effekt på utfallet, ga trekk for bias. Resultatet fra tilleggsstudien var med i vurderingen. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan muligens ha en liten eller ingen effekt på læring og hukommelse hos barn vurdert over en et-års-periode.

Kompleks oppmerksomhet hos barn, miljøeksponering (1 studie, 79 deltakere) Ved bruk av FAKT-II testen var SMD for total personlig RF EMF-eksponering (gjennomsnittlig total eksponering på 66,8 $\mu\text{W}/\text{m}^2$) og *nøyaktighet av konsentrasjon* ga en MD = -0,09 (95 % KI -0,76 til 0,57).

Benke (2024) hadde lav tillit til resultatet, og ga trekk for presisjon, selv om 1 studie og 79 deltakere nok tilsier svært lav tillit. Vår konklusjon, i strid med Benkes, blir da at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Kognitiv funksjon hos voksne/eldre, mobilbruk (1 studie, 4 års oppfølgingstid). Effekten av selvrapportert bruk av mobiltelefon *noen ganger* (>1 samtale per uke, men ikke daglig) eller *ofte* (daglig, ≥ 7 samtaler per uke) ble stilt opp mot *aldri/sjelden* bruk (<1 samtale per uke). Grensen for kognitiv endring ble satt til 1,5 standardavvik fra utgangsverdien og effektene ble rapportert som odds ratio.

Risiko for generell kognitiv nedgang var lavere blant de som brukte mobiltelefoner *noen ganger* (OR = 0,67, n = 222) eller *ofte* (OR = 0,81, n = 269) sammenlignet med *aldri eller sjelden* bruk (n = 178). Oddsene for nedgang i kompleks oppmerksomhet var lavere i

¹ Interferenseffekter måler hvor godt en person kan håndtere motstridende informasjon. En forlenget responstid etter interferenseffekt indikerer større vanskeligheter med å håndtere motstridende informasjon, noe som kan gi innsikt i kognitive funksjoner som oppmerksomhet og eksekutive funksjoner.

gruppene *noen ganger* (OR = 0,48, n = 42) eller *ofte* (OR = 0,67, 95 % KI 0,27 til 1,68, n = 80) sammenlignet med *aldri/sjelden* bruk (n = 37). Oddsene for nedgang i eksekutive funksjoner var høyere blant de som brukte mobiltelefoner *noen ganger* (OR = 1,87, n = 40) og lignende blant de som brukte mobiltelefoner *ofte* (OR = 1,07, n = 77) sammenlignet med *aldri/sjelden* bruk (n = 29). Oddsene for nedgang i læring og hukommelse var lavere blant de som brukte mobiltelefoner «*noen ganger*» eller «*ofte*» (OR = 0,90, n = 48 og OR = 0,75, n = 77) sammenlignet med *aldri/sjelden* bruk (n = 34).

Ingen av OR-verdiene i den studien var signifikant forskjellig fra null.

Benke (2024) hadde svært lav tillit til det samlede resultatet, med trekk for bias og presisjon - bare 1 studie. Vi konkluderer at dokumentasjonen for voksne/eldre er svært usikker, men ingen signifikante effekter av RF-EMF ble rapportert.

Andre oversikter. Bodewein (2022) siterte indikasjoner på en sammenheng mellom RF EMF-eksponering og redusert figurativ hukommelse hos ungdom i HERMES-kohorten. Forfatterne av primærstudien poengterte at resultatet skulle vurderes forsiktig. En annen studie fra HERMES viste ingen konsistent effekt på konsentrasjonsevne. Bodewein (2022) vurderte i tillegg 9 andre studier av barn og ungdom.

Både Benke (2024) og Bodewein (2022) vurderte studier fra HERMES -kohorten til nivå 1, og vektla at eksponering var simulert ut fra operatørdata.

Bodewein (2022) vurderte også tverrsnittstudier for dette utfallet, men tilla disse studiene svært lav tillit.

Ishihara et al. prøvde å finne årsaker til sprikede resultater i kognitive effekter hos barn og ungdom i sin vurdering av 12 studier av temaet (Ishihara et al., 2020). Svakheten ved oversikten var at de bare vurderte signifikante funn uten å vurdere andre effektstørrelser. Dermed tok de bare for seg 14 % av datamaterialet, 86 % av eksponering-utfall-sammenligningene ble ikke vurdert fordi de ikke viste signifikans. De bemerket selv at funnene kan ha vært helt tilfeldige.

Den samlete vurderingen til Benke (2024) var at deres oversikt hadde mange begrensninger på grunn av få studier og svakheter, selv i de beste studiene. De hevdet likevel at studier som ikke ble vurdert i deres oversikt, ikke ville bidratt til et bedre kunnskapsgrunnlag, og støttet dette ved å henvise til narrative oversikter gjort av andre.

Vi støtter Benke (2024) sin konklusjon: Kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert, men det er lite trolig at epidemiologiske studier vil kunne påvise effekter av RF-EMF-eksponering på kognitive effekter.

SoF tabell 7 Kognitive effekter i epidemiologiske studier

Populasjon: Generell befolkning

Setting: Personlig eller miljømessig eksponering i populasjonsstudier

Eksponering: mobiltelefon (nærfelt), miljøeksponering (fjernfelt)

Sammenligning: Ueksponert /lavt eksponert

Utfall	Forventede absolutte effekter (95 % KI) ¹		Relativ effekt (95 % KI) ¹	Antall studier og deltakere ³	Tillit til effekt-estimatet (GRADE)
	Kontroll er	Eksponerte			

P: Barn					
E: Mobiltelefonbruk (nærfelt) (selvrapportert) - oppfølging etter 1 år					
Generell kognitiv funksjon hos barn - Ingen studier					
Kognitiv funksjon, barn Målt som: Kompleks oppmerksomhet Benke (2024) se 0	-	MD 0,02 høyere (0,04 lavere til 0,08 høyere)		3 Kohorter 905 personer fulgt opp	⊕⊕○○ Lav ^B
Kognitiv funksjon, barn Gjennomføringsevne Benke (2024)	-	SMD 0,02 SD høyere (0,01 lavere til 0,04 høyere)		2 Kohorter 612 personer fulgt opp	⊕○○○ Svært lav ^{B K}
Kognitiv funksjon, barn Læring og hukommelse Benke (2024)	-	MD 0,03 lavere (0,07 lavere til 0,02 høyere)		3 Kohorter 1285 personer fulgt opp	⊕⊕○○ Lav ^B
Kognitiv funksjon, ungdom Hukommelse Bodewein (2022)	-		Nedsatt prestasjon, men ikke kvantifisert	2 Kohorter (6 studier) 843 individer	⊕⊕○○ Lav ^K
Kognitiv funksjon, barn og ungdom Kognitive tester samlet Bodewein (2022)	-		Nedsatt og økt prestasjon, ikke kvantifisert	4 tverrsnitt- studier 3360 individer	⊕○○○ Svært Lav ^{2B}
E: Miljøeksponering for RF- EMF (gj snitt 66,8 µW/m², fjernfelt)- oppfølging etter 1 år					
Generell kognitiv funksjon etter miljøeksponering hos barn - Ingen studier					
Kognitiv funksjon Målt som: Kompleks oppmerksomhet Benke (2024)	-	SMD 0,09 SD lavere (0,76 lavere til 0,57 høyere)		1 Kohort 79 personer fulgt opp	⊕⊕○○ Lav ^P
P: voksne og eldre					
E: Mobiltelefonbruk (<1 gang/uke vs. >1 gang/uke eller >7 ganger/uke) - oppfølging 4 år					
Kognitiv funksjon Målt som: Generell kognitiv funksjon Benke (2024)	-		OR 0,81 (0,42 til 1,58)	1 Kohort 649 personer fulgt opp	⊕○○○ Svært lav ^{B P}
Kognitiv funksjon Målt som: Kompleks oppmerksomhet Benke (2024)	-		OR 0,67 (0,27 til 1,68)	1 Kohort 159 personer fulgt opp	⊕○○○ Svært lav ^{B P}
Kognitiv funksjon Målt som: Gjennomføringsevne Benke (2024)	-		OR 1,07 (0,37 til 3,05)	1 Kohort 146 personer fulgt opp	⊕○○○ Svært lav ^{B P}
Kognitiv funksjon Målt som: Læring og hukommelse Benke (2024)	-		OR 0,75 høyere (0,29 til 1,99 høyere)	1 Kohort 159 personer fulgt opp	⊕○○○ Svært lav ^{B P}

¹ Risikovurdering: OR = Odds ratio, RR = relativ risiko, MD = gjennomsnittlig differanse, SMD = standardisert gjennomsnittlig differanse (ingen effekt når OR/RR = 1 eller når MD/SMD = 0)

² Forsøksdesign: Kohort (longitudinalt) eller tverrsnittstudier (observasjon i ett tidspunkt)

³ GRADE trekk: B = Bias K = inKonsistens D = inDirektehet P = Presisjon

Kognitive effekter i eksperimentelle studier

Den nyeste og beste systematiske oversikten over eksperimentelle studier av kognitive tester og RF-EMF er Pophof et al. (2024). Oversikten inkluderte 76 studier med 3846 deltakere av ulik alder, kjønn og helsestatus fra 19 land, utført mellom 1989 og 2021.

Studiene måtte være randomiserte eksperimentelle parallelle- eller overkrysningsstudier med minst 2 RF-EMF-eksponeringsnivåer i et laboratorium under kontrollerte forhold, der i det minste deltakerne var blindet for eksponeringsnivået.

Metaanalysene inkludert data fra 50 studier (52 rapporter med 2433 deltakere). De resterende studiene passet ikke inn i sammenligningene og ble presentert narrativt. Undergruppeanalyser ble gjennomført der heterogeniteten tilsa det og dersom det var nok studier for en slik analyse. Generelt gjaldt at det at undergruppe-analysene noen ganger kunne antyde forskjeller mellom menn og kvinner, men ikke i forhold til aldersgrupper (barn, ungdom, voksne, eldre). Flertallet av studier brukte eksponering av hodet med GSM 900 i oppkobling/sende-modus. De fleste kognitive tester ble vurdert ut fra 2 mål: nøyaktighet og hastighet. Begge mål oppgis der de er rapportert.

Pophof (2024) vurderte tillit til risiko for negative og positive effekter hver for seg. Vi refererer bare tilliten til det utfallet som er ugunstig for helsa. Dette er eksperimentelle studier der det er mulig å vurdere høy tillit. Oppsummering av funn (SoF) er oppgitt i SoF tabell 8.

Oppmerksomhetskapasitet (5 studier)

Resultatet av metaanalysen for nøyaktighet indikerte ikke en signifikant effekt av RF-EMF-eksponering på oppmerksomhetskapasitet (SMD = 0,024 SD, 95 % KI: -0,101 - 0,149) *Tilleggsstudier*: En studie indikerte en liten, men ikke signifikant, negativ effekt. En annen studie observerte en signifikant forbedret prestasjon etter mobiltelefoneksponering. Ingen studier rapporterte hastighet.

Pophof (2024) hadde høy tillit til effektestimaterne. RF-EMF reduserer ikke nøyaktighet i kortvarige oppmerksomhetstester.

Konsentrasjon / Fokusert oppmerksomhet (8 studier)

Metaanalysen for hastighetsrelaterte utfallsmål indikerte ikke en signifikant effekt (SMD = 0,005 SD, 95 % KI: -0,171 - 0,180), eller for nøyaktighetsrelaterte utfallsmål (SMD = 0,097 SD, 95 % KI: -0,049 - 0,244). *Tilleggsstudier*: 5 studier (6 rapporter) bidro med 12 utfallsmål som ikke kunne inkluderes i metaanalysen, og ingen var signifikante; verdiene varierte fra -0,185 til 0,289. 2 andre studier rapporterte ingen signifikant effekt på nøyaktighets- og hastighetsrelaterte utfall, men uten å rapportere effektstørrelser.

Pophof (2024) hadde høy tillit til effektestimaterne. Vi konkluderer at RF-EMF påvirker ikke nøyaktighet eller hastighet i konsentrasjonstester.

Årvåkenhet (12 studier)

Årvåkenhet refererer til evnen til å forbli oppmerksom og kunne reagere på sjeldne, men kritiske, hendelser over et gitt tidsrom, ofte i ensformige eller kjedelige situasjoner.

Metaanalysen for hastighetsrelaterte utfallsmål indikerte ikke en signifikant effekt på årvåkenhet (SMD = 0,118 SD, 95 % KI: -0,044 - 0,279). Den øvre grensen for 95 % KI indikerte at en liten positiv effekt ikke kan utelukkes helt, dvs. en raskere reaksjon under RF-EMF-eksponering, men denne effekten forsvant dersom den dårligste (kun enkel blinding) ble tatt ut.

Metaanalysen for nøyaktighetsrelaterte utfallsmål indikerte ikke en signifikant effekt av RF-EMF-eksponering på våkenhet (SMD = 0,042 SD, 95 % KI: -0,094 - 0,178).

Tilleggsstudier: 3 studier (fire rapporter) bidro med 15 utfallsmål, som ikke kunne inkluderes i metaanalysene. Ingen rapporterte signifikante effekter, men verdiene for enkeltutfallsmål varierte fra -0,349 til 0,333. Det er ett nøyaktighetsrelatert mål som indikerte en liten, men ikke-signifikant negativ effekt, dvs. en svekkelse av nøyaktigheten i en årvåkenhetsoppgave, og et annet nøyaktighetsrelatert utfallsmål som indikerte en liten statistisk ikke-signifikant positiv RF-EMF-effekt på ytelse. På den annen side indikerte 2 av de hastighetsrelaterte utfallsmålene en raskere reaksjon under RF-EMF-eksponering med små, men ikke statistisk signifikante effektstørrelser.

5 studier som ikke ga data for metaanalyse, rapporterte resultater både for hastighets- og nøyaktighetsrelaterte utfall. Ingen av dem viste statistisk signifikante effekter av RF-EMF-eksponering.

Pophof (2024) hadde høy tillit til at det ikke er noen effekt på nøyaktighet, og høy tillit til ingen negativ effekt på hastighet. Vi konkluderer at RF-EMF ikke reduserer nøyaktighet eller hastighet i årvåkenhetstester.

Selektiv oppmerksomhet (25 studier)

Testene vurderer generelt personens evne til å opprettholde fokusert oppmerksomhet på relevant informasjon mens forstyrrende eller irrelevant stimuli filtreres bort.

Metaanalysen for hastighetsrelaterte utfallsmål indikerte ikke en signifikant effekt av RF-EMF-eksponering på selektiv oppmerksomhet (SMD = 0,080 SD, 95 % KI: -0,089 - 0,250 - en litt raskere reaksjon under RF-EMF-eksponering kan ikke utelukkes helt.)

Metaanalysen for nøyaktighetsrelaterte utfallsmål er lignende (SMD = 0,178 SD, 95 % KI: -0,022 - 0,378, - en høyere nøyaktighet under RF-EMF-eksponering kan ikke helt utelukkes).

Tilleggsstudier: 8 studier bidro med 14 utfallsmål som ikke kunne inkluderes i metaanalysene i mangel av sammenlignbare data. SMD for enkeltutfallsmål varierte fra -0,149 til 0,323, men ingen var statistisk forskjellig fra null. 2 av disse viste en liten effekt (SMD = > 0,2) i retning av raskere reaksjon og høyere nøyaktighet under eksponering.

9 studier ga ikke data for metaanalyse, men ingen av de undersøkte utfallsmålene ble signifikant påvirket av RF-EMF-eksponering.

Pophof (2024) hadde høy tillit til at det ikke er noen negativ effekt på hastighet, og moderat tillit til ingen negativ effekt på nøyaktighet. Vi konkluderer at RF-EMF ikke reduserer hastighet og vil muligens ikke redusere nøyaktighet i slike oppmerksomhetstester.

Delt oppmerksomhet (8 studier)

Delt oppmerksomhet-tester vurderer evnen til å utføre flere oppgaver samtidig.

Metaanalysen for hastighetsrelaterte mål indikerte ikke en signifikant effekt av RF-EMF-eksponering på delt oppmerksomhet (SMD = -0,010 SD, 95 % KI: -0,142 - 0,122). Metaanalysen for nøyaktighetsrelaterte utfallsmål viser ingen signifikant effekt av RF-EMF-eksponering (SMD = -0,089 SD, 95 % KI: -0,354 - 0,176 - en litt lavere nøyaktighet under RF-EMF-eksponering kan ikke helt utelukkes).

Tilleggsstudier: 3 studier (15 utfall i tillegg til de som ble inkludert i metaanalysene) viste SMD fra -0,297 til 0,171, som kunne indikere en lavere nøyaktighet under eksponering (ingen var signifikant). 2 rapporter uten data for metaanalyser rapporterte resultater for hastighetsrelaterte utfallsmål, og ingen av disse ble påvirket av RF-EMF-eksponering.

Pophof (2024) hadde høy tillit til ingen effekt på hastighet, og lav tillit til ingen effekt på nøyaktighet (stort KI og heterogenitet). Vi konkluderer at RF-EMF reduserer ikke hastighet i slike oppmerksomhetstester. RF-EMF kan muligens resultere i en liten til ingen endring i nøyaktighet i slike oppmerksomhetstester.

Prosesseringshastighet

Prosesseringshastighet refererer til hvor raskt en person kan ta imot, forstå og reagere på informasjon. Det er en grunnleggende kognitiv funksjon som påvirker mange andre kognitive prosesser.

Enkel reaksjonstid (19 studier, 14 i metaanalyse)

Metaanalysen indikerte ikke en signifikant effekt av RF-EMF-eksponering på enkel reaksjonstid (SMD = 0,069 SD, 95 % KI: -0,020 - 0,159, $I^2 = 28,9\%$).

Tilleggsstudier: 5 studier bidro ikke med numeriske verdier for en metaanalyse, 4 studier viste ingen signifikante effekter, 1 studie resulterte i signifikant økt hastighet.

Pophof (2024) hadde høy tillit til at det ikke er noen effekt. Vi konkluderer at RF-EMF reduserer ikke reaksjonstiden når oppgaven bare krever en enkel respons.

Tovalgs reaksjonstid (14 studier, 6 i metaanalyse)

Metaanalysen for hastighetsrelaterte utfallsmål indikerte ikke en signifikant effekt av RF-EMF-eksponering (SMD = -0,023 SD, 95 % KI: -0,125 - 0,079). Metaanalysen for nøyaktighetsrelaterte utfallsmål (SMD = -0,063 SD, 95 % KI: -0,376 - 0,250) viste ingen signifikant effekt av RF-EMF-eksponering på dette utfallsmålet. Vide konfidensintervall og moderat heterogenitet viste imidlertid at verken en liten negativ eller en liten positiv effekt helt kan utelukkes.

Tilleggsstudier: 8 rapporter, som ikke ga data for metaanalysene, rapporterte resultater av ulik kvalitet: 3 studier viste ingen effekter for utfallsmålene, 1 studie viste raskere responstid i venstre hånd, men ikke i høyre, 1 studie viste tregere reaksjonstid.

Pophof (2024) hadde høy tillit ingen effekt på hastighet, og lav tillit til ingen effekt på nøyaktighet (stort KI og heterogenitet). Vi konkluderer at RF-EMF reduserer ikke reaksjonstiden når oppgaven krever et valg mellom 2 responser, men kan muligens gi en økt tendens til å velge feil.

Fler-valgs reaksjonstid (>2-valgs reaksjonstid) (10 studier)

Metaanalysen for hastighetsrelaterte utfallsmål indikerte ikke en signifikant effekt av RF-EMF-eksponering (SMD -0,054 SD, 95 % KI: -0,140 - 0,033) Metaanalysen for

nøyaktighetsrelaterte utfallsmål viste heller ingen signifikant effekt (SMD = -0,129 SD, 95 % KI: -0,298 - 0,041, dvs. en lavere nøyaktighet kan ikke helt utelukkes).

Tilleggsstudier: 1 studie bidro med et annet hastighetsrelatert utfallsmål som ikke kunne inkluderes i metaanalysene, men uten noen signifikant effekt. 3 studier som ikke ga data for metaanalysene, viste ingen signifikant effekt av RF-EMF-eksponering på ytelse i fler-valgs-reaksjonstid-testen.

Pophof (2024) hadde høy tillit ingen effekt på hastighet, og moderat tillit til ingen effekt på nøyaktighet (stort KI). Vi konkluderer at RF-EMF endrer ikke reaksjonstiden når oppgaven krever et valg mellom flere responser, og gir sannsynligvis ingen økt eller redusert tendens til å velge feil.

Prosesseringshastighet - andre oppgaver (11 studier)

Metaanalysen for hastighetsrelaterte utfallsmål indikerte ikke en signifikant effekt av RF-EMF-eksponering på prosesseringshastighet - andre oppgaver (SMD = 0,067 SD, 95 % KI: -0,121 - 0,256, 6 studier).

Metaanalysen for nøyaktighetsrelaterte utfallsmål viste ingen signifikant effekt av RF-EMF-eksponering på dette utfallsmålet (SMD = 0,036 SD, 95 % KI: -0,080 - 0,152, 5 studier).

Tilleggsstudier: 5 studier bidro med ytterligere 31 utfallsmål, som ikke kunne inkluderes i metaanalysene. Av disse var 21 hastighetsrelaterte utfallsmål, og 10 var nøyaktighetsrelaterte. 3 av utfallsmålene i en studie indikerte en lengre reaksjonstid eller lavere nøyaktighet, med effektstørrelser mellom -0,205 og -0,241. På den annen side indikerte syv av utfallsmålene fra samme studie en raskere reaksjonstid under RF-EMF-eksponering med effektstørrelser opp til 1,142 (fire var signifikante). 3 andre studier indikerte ingen signifikant effekt av RF-EMF på de spesifikke oppgavene.

Pophof (2024) hadde høy tillit til ingen negativ effekt av eksponering på hastighet, og høy tillit til ingen effekt på nøyaktighet. Vi konkluderer at RF-EMF ikke øker reaksjonstiden for andre prosesseringsoppgaver, og gir ingen økt eller redusert nøyaktighet.

Arbeidsminne og mental sporing

n-back oppgaver (7-13 studier)

N-back oppgaver er en type kognitive tester for å vurdere en persons arbeidshukommelse og evne til gjennomføring, konsentrasjon og oppmerksomhet. n-back oppgaver varierer i vanskelighetsgrad, n = 2 er enklere enn om n = 3-4 osv.

Verken for hastighets- eller nøyaktighetsrelaterte utfallsmål avslørte metaanalyser en signifikant effekt av RF-EMF-eksponering (SMD = varierte fra -0,090 SD, 95 % KI: -0,184 - 0,004 til 0,060 SD, 95 % KI: -0,057 - 0,178, ingen heterogenitet, dvs. samstemte resultater). Dette gjaldt for alle vanskelighetsnivåer.

Tilleggsstudier: 6 av studiene ikke inkludert i metaanalyse bekrefter resultatene. I 2 studier ble nøyaktigheten signifikant påvirket av RF-EMF-eksponering på kun ett av 3 anvendte vanskelighetsnivåer. I en studie ble nøyaktigheten signifikant redusert hos voksne i den første økten av en 3-back-oppgave i en 14Hz-pulse-modulert tilstand, men uten effekter på 2 andre nivåer eller hastighetsrelaterte utfallsmål eller med andre pulse-modulasjonsfrekvenser (2Hz, 8Hz, 217Hz og kombinasjoner). Det var bare 1 studie hvor nøyaktigheten var signifikant høyere i skinn-eksponeringen enn etter 3G-

eksponering i en n-back test (1-, 2- og 3-back). Effekten ble kun observert hos ungdommer, ikke hos unge voksne og eldre deltakere. Ingen signifikant effekt ble observert etter 2G-eksponering.

Pophof (2024) hadde høy tillit til ingen effekt av RF-EMF verken på hastighet eller nøyaktighet i en n-back test. Vi konkluderer at det ingen effekt av RF-EMF på utfallet.

Mental sporing (12 studier, 5 ikke med i metaanalysene)

«Mental tracking» handler om evnen til å holde fokus mens man utfører en kognitiv oppgave gjennom gjentatte forsøk, noe som involverer kognitive funksjoner som fleksibilitet, visuell og motorisk hastighet.

Metaanalyse av nøyaktighetsrelaterte utfallsmål indikerte ingen signifikant effekt av RF-EMF-eksponering på mental sporing (SMD = -0,047 SD, 95 % KI: -0,146 - 0,052, ingen heterogenitet).

Tilleggsstudier: 3 studier bidro med syv ytterligere nøyaktighetsrelaterte utfallsmål. SMD indikerte en høyere nøyaktighet i 1 studie og raskere reaksjon i 1 annen studie, men ingen var signifikante.

3 ekstra studier presenterte resultater fra 5 oppgaver og 2 ytterligere studier fra 5 andre oppgaver. Kun i 1 studie ble nøyaktigheten av mental sporing forbedret, ellers var det ingen effekter av eksponering.

Pophof (2024) oppga høy tillit til effektestimatene. Vi konkluderer at RF-EMF endrer ikke nøyaktighet eller hastighet i mental-sporing-tester.

Visuell og Auditiv Persepsjon (9 studier, 5 i metaanalyse)

Kognitive tester for persepsjon er designet for å måle en persons evne til å tolke og organisere sensorisk informasjon fra omgivelsene, inkludert syn, hørsel, berøring og andre sanser. Disse testene kan omfatte oppgaver som visuell gjenkjenning, auditiv diskriminering, romlig orientering og mønstergjenkjenning, og de gir innsikt i hvordan hjernen prosesserer og innlemmer sensorisk input for å skape meningsfulle oppfatninger av verden (persepsjon).

Metaanalyse av hastighetsrelaterte utfallsmål indikerte ikke en signifikant effekt av RF-EMF-eksponering (SMD = -0,015 SD, 95 % KI: -0,225 - 0,195, ingen heterogenitet).

Resultatene for nøyaktighetsrelaterte utfallsmål indikerte heller ikke en signifikant effekt (SMD = 0,035 SD, 95 % KI: -0,129 - 0,199, ingen heterogenitet).

Tilleggsstudier: 4 av disse studiene hadde med ytterligere 16 utfallsmål, der kun 2 signifikante effekter ble rapportert; en studie viste en nedsatt nøyaktighet under RF-EMF-eksponering (-0,447) og en annen studie rapporterte en svakt økt nøyaktighet (0,213).

4 studier ga ingen data for metaanalyser, men brukte persepsjonsterskel, rekkefølgeterskel, eller kontrastterskel som utfallsmål. En forskningsgruppe rapporterte at den auditive rekkefølgeterskelen ble negativt påvirket av RF-EMF-eksponering. En annen forskningsgruppe kunne ikke gjenta deres funn. I en annen studie av visuell kontrastsensitivitet ble det ikke observert noen RF-EMF effekt og i en annen visuell persepsjonsoppgave forble resultatene uklare.

Pophof (2024) rapporterte lav tillit til ingen effekt på hastighet (trekk for bias og presisjon), og moderat tillit til ingen effekt på nøyaktighet (trekk for bias). Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan resultere i en liten eller ingen forskjell i

hastighet i persepsjonstester, men vil sannsynligvis resultere i liten til ingen forskjell i nøyaktighet.

Verbal og Visuell Hukommelse (20 studier, 13 i metaanalyse)

Resultatene av metaanalysen for hastighetsrelaterte utfallsmål (SMD = 0,042 SD, 95 % KI: -0,148 - 0,213, ingen heterogenitet). Metaanalysen av nøyaktighetsrelaterte utfallsmål er ikke-signifikant (SMD = -0,087 SD, 95 % KI: -0,376 - 0,203, stor heterogenitet, så både positiv og negativ effekt kan ikke utelukkes). Særlig var det stor forskjell mellom overkrysnings-studiene mens parallellgruppestudier var mer heterogene.

Tilleggsstudier: Ytterligere 31 utfallsmål ble presentert i 8 av disse studiene, der 3 studier indikerte bedre ytelse i 4 utfallsmål. 7 studier ga ikke verdier til metaanalyse, og 1 studie indikerte nedsatt hastighet.

Pophof (2024) hadde høy tillit til ingen negativ effekt av eksponering på hastighet (trekk for presisjon, men da for positiv effekt), og lav tillit til ingen effekt på nøyaktighet (trekk for bias og inkonsistens). Vi konkluderer at RF-EMF reduserer ikke hastighet i hukommelsestester, men kan muligens resultere i en økt eller redusert nøyaktighet.

Verbale funksjoner og språkferdigheter

1 studie ga numeriske data som ikke viste effekt med stort konfidensintervall (SMD 0,070 SD, 95 % KI: - 0,209 - 0,349), mens en annen studie ikke hadde numeriske data, men fant ingen effekter på nøyaktighet. Ingen vurdering ble gitt.

Vår vurdering: en ubetydelig gjennomsnittlig effekt av RF-EMF på utfallet, men det var ikke tilstrekkelig grunnlag for å konkludere.

Motoriske ferdigheter (4 studier)

Metaanalysen for hastighetsrelaterte utfallsmål indikerte en stor, men ikke signifikant negativ effekt av RF-EMF-eksponering (SMD = -0,919 SD, 95 % KI: -3,093; 1,256). Det svært brede 95 % KI indikerte at heller ikke en stor positiv effekt kan utelukkes. Heterogeniteten i de underliggende 2 studiene er stor. Metaanalyse av nøyaktighetsrelaterte utfallsmål indikerte en liten, men ikke signifikant positiv effekt av eksponering på motoriske ferdigheter (SMD = 0,228 SD, 95 % KI: -0,007 - 0,463, ingen heterogenitet).

Tilleggsstudier: 2 studier bidro med 4 ytterligere nøyaktighetsrelaterte utfallsmål, som ikke kunne inkluderes i metaanalysene. For ett av disse utfallsmålene indikerte SMD en liten ikke-signifikant økt nøyaktighet under RF-EMF-eksponering.

Pophof (2024) hadde svært lav tillit til en stor negativ effekt av eksponering på hastighet (dobbelte trekk for både heterogenitet og presisjon). De hadde moderat tillit til en positiv effekt på nøyaktighet (trekk for presisjon), men derimot har de høy tillit til ingen negativ effekt. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan medføre en stor reduksjon i motorisk hastighet, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering ikke fører til økt risiko for nøyaktighet.

Begrepsdannelse og resonnering (4 studier)

Resultatene av metaanalysen for hastighetsrelaterte utfallsmål indikerte ikke en statistisk signifikant effekt av RF-EMF-eksponering på dette utfallsmålet (SMD = 0,010

SD, 95 % KI: -0,110 - 0,129, ingen heterogenitet). Metaanalyse av nøyaktighetsrelaterte utfallsmål indikerte heller ingen signifikant eksponeringseffekt (SMD = 0,051 SD, 95 % KI: -0,142 - 0,245, ingen heterogenitet). Imidlertid indikerte 95 % KI at en høyere nøyaktighet under RF-EMF-eksponering ikke kan utelukkes helt. *Tilleggsstudier:* 1 studie bidro med 2 ytterligere hastighetsrelaterte utfallsmål, som ikke indikerte at RF-EMF-eksponering påvirker hastigheten i begrepsdannelse.

Pophof (2024) hadde høy tillit til ingen effekt på hastighet, og høy tillit til ingen negativ effekt på presisjon. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering reduserer ikke nøyaktighet eller hastighet i tester for begrepsdannelse, men vil muligens kunne øke nøyaktigheten.

Matematiske prosedyrer (7 studier, 6 studier bidro til metaanalysene)

Metaanalyse av hastighetsrelaterte utfallsmål indikerte ikke en signifikant effekt av eksponering på matematiske prosedyrer (SMD = 0,033 SD, 95 % KI: -0,116 - 0,181, ingen heterogenitet). Metaanalyse av nøyaktighetsrelaterte utfallsmål indikerte en liten ikke-signifikant høyere nøyaktighet (SMD = 0,232 SD, 95 % KI: -0,121 - 0,565), men heterogeniteten av studier var betydelig. Subgruppe-metaanalyser ble gjort på mange måter, men kun når studier med helkroppseksponering (2 studier) ble vurdert, falt heterogeniteten til ubetydelig/moderat. En studie skilte seg ut med en sterk positiv effekt på nøyaktighet, men selv om den studien ble tatt ut av metaanalysen, ble SMD = 0,092 (95 % KI: - 0,074, 0,257).

Pophof (2024) hadde høy tillit til ingen effekt av eksponering på hastighet, og moderat tillit til ingen negativ effekt på nøyaktighet (og lav for en positiv effekt). Vi konkluderer at RF-EMF reduserer ikke hastigheten i gjennomføring av matematiske prosedyrer, og vil sannsynligvis ikke redusere nøyaktigheten.

Oppsummert eksperimentelle kognitive tester Pophof (2024)

Stort sett viser resultatene til Pophof (2024) små effekter, med få signifikante effekter av RF-EMF-eksponering på de undersøkte kognitive funksjonene. I noen tilfeller kunne små effekter ikke helt utelukkes. Målene på hastighet var overveiende mer homogene enn nøyaktighetsmålene på utfall.

Pophof (2024) la til at variasjonen mellom studier er gjengangere i overkrysningsstudier: For det første; bruken av trenings-sesjoner ble bare nevnt i 2 av 3 studier. Uten en trenings-sesjon vil en læringseffekt kunne overskygge en eksponeringseffekt. For det andre er rekkefølgen viktig, om eksponering kommer først eller null-eksponering kommer først. Noen balanserte studiegruppene 2 og 2 (best), andre hadde faste mønstre, mens mange ikke rapporterte. Andre faktorer skilte også mellom studier: om mobilbruk hadde vært unngått før studiene (58 % mangler slik informasjon), om høyre versus venstrehendte, om varighet av hele testen osv. Pophof (2024) mener likevel at selv med full kontroll over slike faktorer, ville ikke resultatene vært stort annerledes. De minner om at det fins retningslinjer for denne typen forskning.

Andre oversikter

Zubko (2017) gjorde en systematisk oversikt med lav bias der de vurderte studier av **korttids arbeidsminne hos voksne og eldre** fra eksperimentelle studier av pulsete og kontinuerlige GSM signaler. De brukte Cochrane Collaborations Risk of Bias Tool til studievurdering, og hadde høy score på blinding og rapportering, men en del trekk for

randomisering. De registrerte ti tester/endepunkter (0-back RT 1-back RT 2-back RT N-back 3 RT 0-back ACC 1-back ACC 2-back ACC 3-back ACC Subtraction RT Digit span ACC) fra 5 studier med 216 deltakere i et overkrysnings-design (XO). SMD fra 5 tester viste SMD lavere enn 0 (laveste på -0,13 SD) og 5 tester over null (høyeste på 0,09 SD), alle med konfidensintervaller som inkluderte null. Vi rapporterer gjennomsnittlig SMD for alle tester i tabellen til Zubko (2017), da betydningen av utslag i de enkelte testene er uklar. Vi gir resultatene trekk for presisjon ettersom antall studier og deltakere var lavt.

Bodewein (2022) tok for seg 9 eksperimentelle studier av hjerneaktivitet og kognitive funksjoner. De fant ingen effekter, men oppga lav tillit til resultatene på grunn av inkonsistens (3 studier viste effekt, nivå1,2,3 i OHAT og 6 studier uten effekt, nivå 1/nivå2 i OHAT) og små studiegrupper. (Studiene er nærmere omtalt på side 141.)

Atferd hos barn

Bodewein (2022) vurderte 9 epidemiologiske studier som undersøkte effektene av eksponering for mobile kommunikasjonsenheter på temaer som emosjonelle vansker, hyperaktivitet og problemer med relasjoner til jevnaldrende. 3 studier vurderte både positiv sosial atferd og atferdsproblemer hos barna. I alle studier ble eksponering for mobiltelefoner undersøkt. 6 studier vurderte i tillegg eksponering for trådløse telefoner, mens 3 studier undersøkte i tillegg eksponering for WLAN, samt basestasjoner for mobil- og trådløse telefoner. Data om prenatal og postnatal eksponering ble analysert i henholdsvis 5 og 7 studier. 3 av disse undersøkte både effektene av prenatal og postnatal eksponering. De vurderte alle 9 studier samlet, og vi gjør ikke noe forsøk på å skille ut fra eksponeringstidspunkt.

4 studier rapporterte en konsistent sammenheng mellom bruk av mobiltelefon og atferdsvansker hos barn og ungdom fra en kohort og en tverrsnittstudie. En studie fra DNBC-kohorten rapporterte en sammenheng mellom mødres mobiltelefonbruk under graviditet og atferdsproblemer hos deres 7 år gamle barn, noe som også ble også antydnet i 2 tidligere studier fra samme kohort. Forfatterne av primærstudiene påpekte at disse resultatene bør tolkes med forsiktighet, da de ikke kunne utelukke konfundering med ikke-registrerte atferdstrekk hos mødre eller en omvendt årsakssammenheng (at økt mobiltelefonbruk skyldtes barnas atferd). En økt risiko for atferdsvansker ble i tillegg funnet hos barn og ungdom eksponert for høy RF-EMF i den tyske Mobilfunk: Exposition und Befinden (MobilEe)-studien (som ikke er med i andre oversikter ettersom den er en tverrsnittstudie).

1 studie rapporterte en økt risiko for ADHD assosiert med mobiltelefonbruk hos barn med forhøyd blyinnhold i blodet og en annen studie rapporterte forsinket psykomotorisk utvikling hos spedbarn assosiert med mobiltelefonbruk hos mødre med forhøyd blyinnhold i blodet. Disse studiene med funn av kombinert eksponering er ikke nevnt av Benke (2024) antakelig fordi de hadde neuroutvikling og ADHD som utfall. De er ikke nevnt av Johnson (2024), som ikke dekket seine effekter av eksponering i svangerskapet. Ettersom det er grundig dokumentert at bly er neurotoksisk, kan de 2 studiene fra Korea ikke vurderes som evidens for RF-effekter.

De resterende 2 studiene med nivå 1 og 2 fra en kohort og en tverrsnittstudie identifiserte ingen sammenhenger mellom eksponering for mobile kommunikasjonsenheter og atferdsvansker.

Hjernefunksjoner på forsøksdyr

Atferd og kognitive effekter på avkom etter mordyrets eksponering

Cordelli (2023) vurderte utviklingsforstyrrelser (s 113) med effekter på hjernefunksjoner gjennom atferdstester på avkom. Godt gjennomførte atferdsstudier regnes som ganske følsomme indikatorer på påvirkninger av hjernefunksjoner, selv om resultatene ikke er direkte overførbare til mennesker. Det er en rekke atferdstester i bruk, mange er kompliserte og tidkrevende å gjennomføre og analysere. Ulike forskergrupper foretrekker og behersker noen tester framfor andre, derfor er det mange ulike utfall å vurdere. Samlevurdering med SMD i en metaanalyse er ofte misvisende. Derfor presenterer vi mange utfall fra Cordelli (2023) narrativt som ikke er presentert i metaanalysene i SoF tabell 6. Husk også at nivå 3-studier er ikke tatt med i SoF tabellen.

Atferdsontogenese, målt som alderen når avkommet kan snu seg fra ryggleie til å stå oppreist: 4 studier med 2 forfattere, nivå 3 for bias, ga en MD = 0,36 dager gamle (95 % KI -0,61 til 1,32). En annen studie, hvor dyr ble eksponert i 6 timer per dag under hele svangerskapet for 300 W/m², viste ingen RF-EMF-effekt. Tilsvarende ble ingen effekt på om avkommet kunne snu seg i lufta (som en katt) rapportert i en siste studie. Ingen studier ble inkludert i GRADE-analysen fordi alle studier hadde høy risiko for bias. Derfor hadde Cordelli (2023) svært lav tillit til resultatet. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering medfører muligens ingen endring i risiko for utfallet, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Læring og hukommelse (2 studier) Flukttiden (escape latency) – tiden et dyr bruker på å finne et skjulested eller en matbit etter en læreperiode - ble ansett som den mest representative biomarkøren for lærings- og hukommelsesfunksjoner. 2 studier av moderat kvalitet (nivå 2) viste ingen signifikant RF-EMF-effekt (SMD = 0,54 lavere, 95 % KI: 1,24 lavere til 0,17 høyere). 9 nivå 3-studier hadde en signifikant SMD = 0,57 lavere (95 % KI: 1,00 lavere til 0,14 lavere)

Andre primærstudier rapporterte andre lærings- og hukommelsestester av avkom, med inkonsekvente resultater og alle hadde lav kvalitet (nivå 3 for risiko for bias, ikke med i metaanalysen).

- 1 objekt-gjenkjennelsestest: svekkelse av hukommelsesfunksjonen etter 24 timer per dag eksponering for 1,6 W/Kg.
- 3 passive unngåelses- og hukommelsestest-studier: RF-EMF-effekt på hukommelse ble registrert etter eksponering for helkroppss gjennomsnittlig SAR på henholdsvis 0,035, 0,4 og 0,6 W/Kg.
- 1 shuttle box betinget unngåelsesrespons test: Ingen effekt fra eksponering for 4,4 W/Kg i 8 timer per dag i 14 dager
- 1 matforsterkningslæringstest: ingen bevis for kognitiv svekkelse på avkom av dyr eksponert for 0,046 W/Kg, 24 timer per dag, under hele svangerskapet og rapporterte.

- 1 fryse-betingingstest – lære å forbinde en lyd med et ubehag: Ingen effekt på læring og hukommelse i eksponerte dyr (0,7 eller 2,6 W/Kg, 45 minutter per dag, under hele svangerskapet)
- 3 labyrinttester målt med parametere forskjellige fra flukttiden: En fant ingen RF-EMF-effekter etter en kortvarig (10 minutter) eksponering én gang i svangerskapet med 38 W/Kg. En annen fant ingen effekter etter 3,25 W/Kg i 5 timer per dag eksponering under hele svangerskapets. Den siste testet 4 forskjellige frekvenser, mellom 37200 og 60000 MHz, ved 4 forskjellige eksponeringsnivåer opp til 3,8 W/Kg i 2 timer daglig i 10 dager med varierende effekter som økte med eksponeringsnivået.
- 1 flukttid (escape latency) i svømmetest (water maze): Ingen effekt av EMF-eksponering på avkommet

Cordelli (2023) hadde svært liten tillit til data fra disse studiene (trekk for høy bekymring for bias, manglende presisjon - små grupper og publikasjonsbias (Eggerts test). Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan medføre økt risiko for læring og hukommelse hos avkom, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Motorisk aktivitetsfunksjon. 13 studier. Utholdenhetstiden i enhver type motorisk aktivitetstest ble valgt som den mest representative markøren. 4 studier, der 1 artikkel (nivå 2), viste en signifikant redusert utholdenhet hos avkom av RF-EMF-eksponerte mødre (SMD = 0,79 SD lavere (95 % KI: 0,21 lavere til 1,38 lavere). Nivå 3-studier hadde en ikke-signifikant SMD = 0,03 SD høyere (95 % KI: 0,24 lavere til 0,3 høyere; 9 studier).

Andre studier ikke inkludert i metaanalysen rapporterte data ved bruk av åpen felttest (12 artikler, 1 med nivå 2, 11 med nivå 3 for bias): 11 av dem observerte ingen effekt av RF-EMF-eksponering ved nivåer så høye som 7,28 W/Kg. En studie brukte eornaper. En siste studie rapporterte en RF-EMF-effekt ved høyeste eksponeringsnivå (0,7 eller 2,6 W/Kg i 45 minutter per dag under hele svangerskapet), effekten forsvant da dyrene ble voksne.

Cordelli (2023) hadde svært lav tillit til resultatet på grunn av bias, stor inkonsistens. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan medføre økt risiko for nedsatt motorisk aktivitet hos avkom, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Motoriske og sensoriske funksjoner. (2 artikler, 3 studier), analyse av motoriske og sensoriske funksjoner ved graden av reaksjon etter en ubehagelig stimulering. Effektstørrelsen på SMD = 0,66 SD lavere (95 % KI: 1,18 lavere til 0,14 lavere) indikerte en moderat økt skrekkresponsen hos RF-EMF-eksponerte dyr. Nivå 3-studier viste noe mindre effekt: SMD = 0,24 SD lavere (95 % KI 0,99 lavere til 0,10 lavere).

Cordelli (2023) hadde svært lav tillit til resultatet. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan medføre økt risiko for utfallet, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Atferdstester i alle typer dyreforsøk (ikke systematisk oversikt)

Sienkiewicz (Sienkiewicz & van Rongen, 2019) (ikke systematisk, står derfor på ekskludert-lista) vurderte 45 artikler om atferd og forsøksdyr. Forfatterne gjorde ingen kvalitetsvurdering av studier eller vurdering av effektstørrelser, så oversikten gir kun en pekepinn. Den er den eneste oversikten over atferdstesting og RF-EMF i dyrestudier.

De konkluderte slik på effekten av radiofrekvente felt på prestasjonen i følgende eksperimentelle oppsett:

10 studier undersøkte i en radial arm-labyrint (test på læring) hos unge eller voksne rotter. 2 studier rapporterte endringer i atferd, mens 8 studier ikke fant signifikante effekter. Helkropps-SAR varierte fra 0,2 til 10 W/kg, frekvensene var 900 eller 2450 MHz. Ingen terskel for effekt kunne identifiseres.

2 studier rapporterte samme test på unge eller voksne mus. 1 studie rapporterte feltavhengige endringer i atferd, og 1 studie rapporterte ingen signifikante effekter. Helkropps-SAR var 0,0146 eller 0,05 W/kg, frekvensene var 900 eller 2450 MHz.

14 studier gjorde en vannlabyrint-test (læring og hukommelse) med unge eller voksne rotter. 13 studier rapporterte en redusert prestasjon etter eksponering (to av disse foreslo en effektterskel rundt 3 W/kg, og en annen foreslo effekter bare ved langvarig eksponering), mens 1 studie rapporterte forbedret læring. Helkropps-SAR varierte fra 0,085 mW/kg til 35 W/kg, og frekvensene var 900, 1800, 2450 eller 2856 MHz.

5 studier undersøkte effekten av prenatal eller tidlig postnatal eksponering for RF-felt med vannlabyrint og voksne rotter. Alle studiene rapporterte ingen signifikante effekter. Helkropps-SAR varierte fra 45 mW/kg til 0,4 W/kg (1 studie brukte en effekttetthet på $60 \mu\text{W}/\text{m}^2$), og frekvensene var mellom 800 og 5180 MHz, i tillegg til ultrabredbåndspulser (UWB) fra 0,1–1 GHz.

5 studier rapporterte fra samme test med unge eller voksne mus. 3 studier rapporterte endringer i atferd, 1 rapporterte en tvetydig effekt, og 1 (med høyest SAR) rapporterte ingen signifikante effekter. Helkropps-SAR varierte fra 0,0146 til 2,7 W/kg, frekvensene var 1800 eller 2450 MHz.

1 studie rapporterte fra samme test med avkom fra mus eksponert gjennom mesteparten av svangerskapet (dag 3,5 til dag 18, 12 timer/dag, 9,4 GHz-felt, intensitet 200 V/m, SAR på 2 W/kg (uspesifisert). Avkommet ble testet ved 5 ukers alder med vannlabyrint. Hannmus hadde en signifikant reduksjon i læring og hukommelse. Hunnmus viste ikke effekter på romlig hukommelse. Andre tester viste at eksponeringen førte til økt atferdsmessig angst hos begge kjønn, men også redusert depresjonslignende atferd.

1 studie rapporterte fra reverseringslæring i en T-labyrint (kognitiv fleksibilitet) med rotter (pulserte 1439 MHz Personal Digital Cellular-signaler i 4-dager (1 time/dag, helkropps-SAR = 1,7 W/kg, eller i 45 min/dag ved 5,7 W/kg) og et 4-ukers eksperiment (1,7 W/kg i 1 time/dag, 5 dager/uke) Testingen ble utført i uke 4 etter hver eksponering. Ingen effekter ble observert ved 1,7 W/kg, og ingen endring i kroppstemperaturen. Derimot ble prestasjonen betydelig svekket etter 5,7 W/kg ($p < 0,001$), og dette økte kroppens kjernetemperatur med opptil 2 °C.

4 studier undersøkte effekten av RF-felt på romlig læring hos transgene dyr brukt som modeller for Alzheimers sykdom. 3 studier rapporterte feltavhengige *forbedringer* i Atferd i en Y-labyrint, og 2 studier rapporterte ingen effekt på prestasjonen i en radial arm-labyrint. 2 studier brukte et elektrisk felt på 17–35 V/m, og 2 brukte helkropps-SAR på 5 W/kg, 918 eller 1950 MHz.

Sienkiewicz (2019) kunne ikke forklare hvorfor lignende studier noen ganger har rapportert motstridende og motsatte resultater, og konkluderte at studiene samlet sett

ikke ga sterk støtte til hypotesen om at RF-felt kan svekke kognitiv atferd hos forsøksdyr, men heller ikke entydige holdepunkter for fravær av effekter.

Vi konkluderer at det kan være en positiv, negativ eller ingen effekt av RF-EMF-eksponering av gnagere i standard atferdstester, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert og har ikke blitt vurdert systematisk.

SoF tabell 8 Kognitive tester, hjernefunksjon

Populasjon: Voksne, barn, ungdom - ikke IEI (en studie med IEI), forsøksdyr (atferd)

Setting: Eksperimentell eksponering, randomiserte kontrollerte forsøk (RCT), enkelt/dobbelt blindet overkryssning XOb/db – samme person flere eksponeringer eller parallellstudier XBb - ulike personer ulike eksponeringer

Eksponering: Korttids eksponering for RF-EMF, SAR: 0,006– 6 W/Kg, Frekvenser: 400 MHz to 2450 MHz; 54 studier brukte 900 MHz. Eksponering av hode, kun 1 studie av hele kroppen

Ueksponert: Kontroller med samme oppsett, uten eksponering («sham»)

Kognitivt utfall, målt som:	Forventede absolutte effekter (95 % KI) ¹		Relativ effekt (95 % KI) ¹	Antall studier og eksponerte / ueksponerte personer ²	Tillit til effekt-estimatet (GRADE) ³
	K	Eksponering			
Studier vurdert av Pophof (2024)					
Oppmerksomhetskapasitet Nøyaktighet	-	SMD 0,024 SD høyere, (0,101 lavere, 0,149 høyere)		5 XOb,3 XBb 435 / 436	++++ høy for ingen effekt
Konsentrasjon Hastighet	-	SMD 0,005 SD høyere, (0,171 lavere, 0,18 høyere)		3 XOb,3 XBb 132 / 132	++++ høy for ingen effekt
Konsentrasjon Nøyaktighet	-	SMD 0,097 SD høyere, (0,049 lavere, 0,244 høyere)		4 XOb,3 XBb 189 / 190	++++ høy for ingen negativ effekt ^P
Årvåkenhet Hastighet	-	SMD 0,118 SD høyere, (0,044 lavere, 0,279 høyere)		7 XOb,7 XBb 247 / 247	++++ høy for ingen negativ effekt ^P
Årvåkenhet Nøyaktighet	-	SMD 0,042 SD høyere, (0,094 lavere, 0,178 høyere)		6 XOb,6 XBb 199 / 199	++++ høy for ingen effekt
Selektiv Oppmerksomhet Hastighet	-	SMD 0,08 SD høyere, (0,089 lavere, 0,25 høyere)		13 XOb,13 XBb 452 / 452	++++ høy for ingen negativ effekt ^P
Selektiv Oppmerksomhet Nøyaktighet	-	SMD 0,178 SD høyere, (0,022 lavere, 0,378 høyere)		10 XOb,8 XBb 432 / 433	+++○ moderat for ingen negativ effekt ^{K P}
Delt Oppmerksomhet Hastighet	-	SMD 0,01 SD lavere (0,142 lavere, 0,122 høyere)		6 XOb,5 XBb 261 / 266	++++ høy for ingen effekt
Delt Oppmerksomhet Nøyaktighet	-	SMD 0,089 SD lavere (0,354 lavere, 0,176 høyere)		4 XOb,3 XBb 131 / 136	++○○ lav for ingen effekt ^{K P}
Enkel Reaksjonstidsoppgave Hastighet	-	SMD 0,069 SD høyere, (0,02 lavere, 0,159 høyere)		14 XOb,13 XBb 792 / 793	++++ høy for ingen effekt
2-Valgs Reaksjonstidsoppgave Hastighet	-	SMD 0,023 SD lavere (0,125 lavere, 0,079 høyere)		9 XOb,8 XBb 373 / 374	++++ høy for ingen effekt

2-Valgs Reaksjonstidsoppgave Nøyaktighet	-	SMD 0,063 SD lavere (0,376 lavere, 0,25 høyere)		3 XOb,3 XBb 117 / 117	⊕⊕○○ lav for ingen effekt ^{K P}
>2-Valgs Reaksjonstidsoppgave Hastighet	-	SMD 0,054 SD lavere (0,14 lavere, 0,033 høyere)		7 XOb,6 XBb 516 / 517	⊕⊕⊕⊕ høy for ingen effekt
>2-Valgs Reaksjonstidsoppgave Nøyaktighet	-	SMD 0,129 SD lavere (0,298 lavere, 0,041 høyere)		3 XOb,3 XBb 131 / 131	⊕⊕⊕○ moderat for ingen effekt ^P
Prosesserings-/reaksjonstid - andre tester Hastighet	-	SMD 0,067 SD høyere, (0,121 lavere, 0,256 høyere)		6 XOb,5 XBb 239 / 239	⊕⊕⊕⊕ høy for ingen negativ effekt ^P
Prosesserings-/reaksjonstid - andre tester Nøyaktighet	-	SMD 0,036 SD høyere, (0,08 lavere, 0,152 høyere)		5 XOb,4 XBb 304 / 304	⊕⊕⊕⊕ høy for ingen effekt
Arbeidshukommelse - n-back Oppgave (0-3-back) Hastighet	-	SMD 0,032 SD lavere (0,149 lavere, 0,086 høyere)		8 XOb,8 XBb 267 / 267	⊕⊕⊕⊕ høy for ingen effekt
Arbeidshukommelse - n-back Oppgave (0-3-back) Nøyaktighet	-	SMD 0,06 SD høyere, (0,057 lavere, 0,178 høyere)		8 XOb,8 XBb 267 / 267	⊕⊕⊕⊕ høy for ingen effekt
Arbeidshukommelse - 1-back oppgave Hastighet	-	SMD 0,09 SD lavere (0,184 lavere, 0,004 høyere)		11 XOb,11 XBb 420 / 420	⊕⊕⊕⊕ høy for ingen effekt
Arbeidshukommelse - 1-back oppgave Nøyaktighet	-	SMD 0,005 SD høyere, (0,109 lavere, 0,119 høyere)		9 XOb,9 XBb 283 / 283	⊕⊕⊕⊕ høy for ingen effekt
Arbeidshukommelse - 2-back oppgave Hastighet	-	SMD 0,044 SD lavere (0,132 lavere, 0,044 høyere)		13 XOb,13 XBb 474 / 474	⊕⊕⊕⊕ høy for ingen effekt
Arbeidshukommelse - 2-back oppgave Nøyaktighet	-	SMD 0,054 SD lavere (0,163 lavere, 0,054 høyere)		10 XOb,10 XBb 313 / 313	⊕⊕⊕⊕ høy for ingen effekt
Arbeidshukommelse - 3-back oppgave Hastighet	-	SMD 0,018 SD lavere (0,114 lavere, 0,079 høyere)		10 XOb,10 XBb 398 / 398	⊕⊕⊕⊕ høy for ingen effekt
Arbeidshukommelse - 3-back oppgave Nøyaktighet	-	SMD 0,027 SD høyere, (0,097 lavere, 0,152 høyere)		7 XOb,7 XBb 237 / 237	⊕⊕⊕⊕ høy for ingen effekt
Arbeidshukommelse - Mental Sporing Nøyaktighet	-	SMD 0,047 SD lavere (0,146 lavere, 0,052 høyere)		7 XOb,5 XBb 400 / 401	⊕⊕⊕⊕ høy for ingen effekt
Visuell og Auditiv Persepsjon Hastighet	-	SMD 0,015 SD lavere (0,225 lavere, 0,195 høyere)		2 XOb,2 XBb 84 / 84	⊕⊕○○ lav for ingen effekt ^{B P}
Visuell og Auditiv Persepsjon Nøyaktighet	-	SMD 0,035 SD høyere, (0,129 lavere, 0,199 høyere)		4 XOb,4 XBb 137 / 137	⊕⊕⊕○ moderat for ingen effekt ^B
Verbal og Visuell Hukommelse Hastighet	-	SMD 0,042 SD høyere, (0,148 lavere, 0,213 høyere)		3 XOb,3 XBb 102 / 102	⊕⊕⊕⊕ høy for ingen negativ effekt ^P
Verbal og Visuell Hukommelse Nøyaktighet	-	SMD 0,087 SD lavere (0,376 lavere, 0,203 høyere)		10 XOb,7 XBb 525 / 526	⊕⊕○○ lav for ingen effekt ^{K P}
Motoriske Ferdigheter Hastighet	-	SMD 0,919 SD lavere (3,093 lavere, 1,256 høyere) (ikke signifikant)		2 XOb,2 XBb 42 / 42	⊕○○○ svært lav for en stor negativ effekt ^{2K 2P}

Motoriske Ferdigheter Nøyaktighet	-	SMD 0,228 SD høyere, (0,007 lavere, 0,463 høyere)		3 XOb,3 XBb 81 / 82	⊕⊕⊕⊕ moderat for en liten positiv effekt / høy for ingen negativ effekt ^P
Resonnering Hastighet	-	SMD 0,01 SD høyere, (0,11 lavere, 0,129 høyere)		4 XOb,4 XBb 263 / 263	⊕⊕⊕⊕ høy for ingen effekt
Resonerer Nøyaktighet	-	SMD 0,051 SD høyere, (0,142 lavere, 0,245 høyere)		2 XOb,2 XBb 100 / 100	⊕⊕⊕⊕ høy for ingen negativ effekt ^P
Matematiske Prosedyrer Hastighet	-	SMD 0,033 SD høyere, (0,116 lavere, 0,181 høyere)		4 XOb,4 XBb 168 / 168	⊕⊕⊕⊕ høy for ingen effekt
Matematiske Prosedyrer Nøyaktighet	-	SMD 0,232 SD høyere, (0,121 lavere, 0,586 høyere)		5 XOb,5 XBb 253 / 253	⊕⊕⊕⊕ lav for en liten positiv effekt / moderat for ingen negativ effekt ^{K P}
Andre oversikter enn Pophof (2024) E: Eksperimentell eksponering for GSM signaler –: 30-90 minutter, 1-3 repetisjoner					
Arbeidshukommelse Målt i 6 tester Zubko (2017)	-	SMD: 0,04 SD lavere (0,25 lavere, 0,17 høyere)		9 XOdb 1 XB 524 / 525	⊕⊕⊕⊕ Moderat ^B
Kognitiv funksjon, barn, ungdom Korttidshukommelse, reaksjonstid, presisjon Bodewein (2022)	-		Ingen assosiasjon, men ikke kvantifisert	9 XOdb 278 individer	⊕⊕⊕⊕ Lav ^{K P}
E: Mobiltelefon - eksponering av mødre under svangerskap (spørreskjema)					
Atferd, barn og ungdom Målt som: ADHD, atferdsvansker, emosjonelt m.fl. Bodewein (2022)	-		Assosiasjon: 1 klar, 5 begrenset 1 klar negativ	7 studier fra 4 kohorter Ca 85 000 individer, overlappende	⊕⊕⊕⊕ Svært lav ^{B K}
Atferd, barn og ungdom Målt som: ADHD, atferdsvansker, emosjonelt m.fl. Bodewein (2022)	-		1 assosiasjon, 1 negativ, men kun p-verdier	2 tverrsnittstudier, 3541 individer	⊕⊕⊕⊕ Lav ^B
P: Forsøksdyr					
E: Eksperimentell eksponering for RF-EMF fra egnet kilde (aldri mobiltelefon)					
Læring og hukommelse hos avkom Cordelli (2023)		SMD: 0,54 SD lavere (1,24 lavere, 0,17 høyere)		2 XB 16 eksponerte / 16 kontroller	⊕⊕⊕⊕ Svært lav ^{B P b}
Aktivitetsfunksjoner hos avkom Cordelli (2023)		SMD: 0,79 høyere (0,21 høyere, 1,38 høyere)		4 XB 63 eksponerte / 57 kontroller	⊕⊕⊕⊕ Svært lav ^{B K P}
Motoriske og sensoriske funksjoner hos avkom Cordelli (2023)		SMD: 0,66 SD lavere (1,18 lavere, 0,14 lavere)		2 XB 30 eksponerte / 30 kontroller	⊕⊕⊕⊕ Svært lav ^{B P}

¹ Risikovurdering: SMD = standardisert gjennomsnittlig differanse (ingen effekt når SMD = 0)

² Forsøksdesign: XOdb/b Overkrysningsstudier (dobbel / enkeltblindt), XB(b) parallell design, (blindet)

³ GRADE trekk: B = Bias K = inKonsistens D = inDirektehet P = Presisjon .

Tabell 8 Retning og tillit: Hjernefunksjon

Populasjon	Symptom	Eksperimentell, organ:		Befolkningsstudier, eksponering fra:		
		Dyreforsøk	Hode (mennesker)	Mobiltelefon nærfelt	Alle kilder	Basestasjoner fjernfelt
Kognitive funksjoner, barn	Generell kognitiv funksjon (sensorisk hos dyr)	SL ↓	L ↔	SL ↓		
	Kompleks oppmerksomhet			(S)L ↔	SL ↔	
	Læring og hukommelse	SL ↓	L ↓	L ↔		
	Tall- og verbal hukommelse			L ↓		
	Gjennomførings-evne (aktivitet hos dyr)	SL ↓		SL ↔		
Kognitive funksjoner, voksne/eldre	Generell kognitiv funksjon			SL ↔		
	Utfallsmål E: alle unntatt 1 studie: hode	Hastighet	Nøyaktighet			
	Generell og kompleks oppmerksomhet (5 tester)	H ↔	↔ 3H1M1L	SL ↔		
	Reaksjonstid (4 tester)	H ↔	↔ 1H1M1L			
	Arbeidshukommelse (5 tester)	H ↔	H ↔			
	Læring og hukommelse			SL ↔		
	Visuell og Auditiv Persepsjon	L ↔	M ↔			
	Verbal og Visuell Hukommelse	H ↔	L ↔			
	Motoriske Ferdigheter	SL ↓	H ↔			
	Resonnering	H ↔	H ↔			
	Gjennomføringsevne			SL ↔		
	Matematiske Prosedyrer	H ↔	M ↔			

Tillit til effektestimatet: høy (**H**), moderat (**M**), lav (L), svært lav (U). Tall

Retning: reduksjon ↓, økning ↑, liten/ingen endring ↔, rødt angir uønsket effekt.

Fysiologiske målinger

HOVEDFUNN

Fysiologiske målinger gjort på barn og ungdom viste ingen sammenheng mellom puls og respirasjonsfrekvens og EMF-eksponering i eksperimenter, men viste utslag i 1 tverrsnittstudie. Resultatene var uklare for målinger av hjerneaktivitet med EEG. Det var få og små studier som gjorde at tilliten til resultatene var lav til svært lav.

Hjerterytmer ble ikke påvirket av mobilbruk, men oversikten ga ikke holdepunkter for å konkludere om RF-EMF påvirkning.

Kunnskapsgrunnlaget for virkning av RF-EMF-eksponering på EEG-målinger av hjerneaktivitet er svært usikkert. Kunnskapsgrunnlaget antyder at RF-EMF-eksponering ikke har noen effekt på puls, respirasjon og blodgjennomstrømming, mens kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert for ingen effekt på hjerterytme.

Hjerneaktivitet (EEG) og kognitive funksjoner

Danker-Hopfe et al. (Danker-Hopfe et al., 2019) (ikke systematisk, står derfor på ekskludert-lista) har gjort den mest omfattende oversikten over studier om mulige effekter av RF-EMF på elektrisk hjerneaktivitet (EEG) i hviletilstand. EEG-styrke i alfafrekvensområdet ble rapportert å øke i 10 studier, reduseres i 4, og forbli uendret i 8 studier. Alle 22 studier var ulike på flere måter metodologisk, og variasjonen i studieprotokoller og ulike utfallsmål gjorde det umulig å trekke en holdbar konklusjon om effekten av RF-EMF på hvile-EEG.

Bodewein (2022) tok for seg 9 eksperimentelle studier som målte EEG og kognitive funksjoner under påvirkning av mobiltelefon (8 studier) og basestasjoner (1 studie). 3 studier med nivå 1 og 3 studier med nivå 2 konkluderte med ingen effekt av RF-EMF på kognitive funksjoner i barn. 3 studier sammenlignet hvile-EEG med EEG i løpet av en kognitiv oppgave, mens 2 studier undersøkte både kognitiv funksjon og hjerneaktivitet. 3 studier fant en effekt av eksponering for mobilkommunikasjon. En studie fant en effekt av eksponering fra GSM-mobiltelefon i EEG-båndene 4–8 Hz og rundt 15 Hz under en hukommelsesoppgave. Forfatterne av denne nivå 2-studien fant likevel ingen holdepunkter for mulige helserelaterte effekter på kognisjon.

En nivå 1-studie rapporterte en signifikant økning i N1-amplituden av det *hendelsesrelaterte potensialet* (ERP) etter eksponering for en 2G-mobiltelefon, og i tillegg en reduksjon i ytelse på N-back-testen etter eksponering for en 3G-mobiltelefon, samt forsinkede desynkroniserings-/synkroniseringsresponser i alfa-båndet etter både 2G- og 3G-eksponering. Forfatterne konkluderte med at eksponering for mobiltelefoner

kunne påvirke arbeidsminne og hjernefunksjon hos ungdommer, uten å gi data om mulige virkningsmekanismer.

En nivå 3-studie rapporterte en signifikant forbedring i korttidshukommelse etter eksponering for en GSM-mobiltelefon, men den statistiske signifikansen av dette resultatet var uklar. Bodewein (2022) trakk for bias, inkonsistens og små studiegrupper. Vi konkluderer at datasettet kan antyde at RF-EMF ikke gir utslag på EEG, men kunnskapsgrunnlaget er svært dårlig, og det gir heller ingen idé om hvilken vei EEG-målingene eventuelt skulle slå ut.

Puls, respirasjon eller blodgjennomstrømning

Bodewein (2022) konkluderte at selv om 2 nivå 1-studier ikke fant noen effekt på puls, respirasjon eller blodgjennomstrømning, var det liten tillit til effektestimaterne på grunn av få deltakere og få studier (to studier med 26 deltakere i hvert). Gode målinger ble utført (bl a løgndetektor, infrarødt kamera). Merk at de ikke gjorde metaanalyse, og GRADE-vurderingen er dårligere dokumentert enn hos Pophof (2024) eller Benke (2024).

Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert, men antyder at RF-EMF-eksponering ikke har noen effekt på utfallet.

Hjerterate-effekter

Mansourian et al. (Mansourian et al., 2023) satte sammen 10 studier med mobiltelefon og 2 studier med simulator i en oversikt med høy bias i ROBIS (trekk for manglende kvalitetsvurdering, mangler i studiedesign og rapportering, som ga veldig sprikende resultater). Oversikten er den eneste som har vurdert hjerterate-variasjon (HRV) målt med elektrokardiogram (EKG). HRV er variasjonen i tid mellom hvert hjerteslag. Et sunt hjerte slår ikke med helt jevne intervaller - det er normale små variasjoner mellom slagene som styres av det autonome nervesystemet.

HRV-indeksene inkluderte følgende utfall:

RR-intervall (tiden mellom påfølgende R- toppe i EKG) reflekterer et lineært forhold mellom sympatisk aktivitet og parasympatisk. Normal verdi: 600-1200 ms (tilsvarer 50-100 slag/min)

SDNN (standardavviket for alle normal-til-normal R-R-intervaller) representerer felles sympatisk og parasympatisk modulering av hjerterefrekvens. Høyere verdi = bedre hjerteregulering - Normal verdi: >50 ms.

SDANN (standardavviket for gjennomsnittlige normal-til-normal (NN) intervaller) representerer kombinerte sympatisk og vagus-aktiviteten.

PNN50 (andelen av NN50 [antall ganger påfølgende hjerterytmeintervaller overstiger 50 ms] delt på det totale antallet NN (R-R) intervaller) representerer den parasympatiske nerveaktiviteten mediert av respiratorisk sinusarytmi. Høyere verdi = bedre vagusnerve-aktivitet (parasympatisk, puste dypt og rolig for å roe seg ned).

RMSSD (kvadratroten av gjennomsnittet av kvadrerte differanser mellom påfølgende RR-intervaller) beskriver korttidsvariasjoner og reflekterer dermed parasympatisk aktivitet. Reflekterer kroppens evne til rask tilpasning - Normal verdi: >20 ms

LF (en effekt i lavfrekvensområdet, 0,04–0,15 Hz, modulert av både det sympatiske og parasympatiske nervesystemet og også assosiert med trykkreseptor-aktivitet), HF (en effekt i høyfrekvensområdet, 0,15–0,4 Hz, modulert av det parasympatiske nervesystemet, forbundet med pusting og blodtrykksendringer), LF/HF (reflekterer interaksjoner mellom begge typer autonom modulering)

Vi har svært lav tillit til effekttestimatene fra Mansourian (2023) på grunn av høy bias, ingen metode ble brukt for å forklare en stor til meget stor inkonsistens i metaanalysene, lav presisjon og en del publikasjonsbias. De publiserte i et tidsskrift med tvilsom vitenskapelig kvalitet med svak fagfelleevaluering.

Bruk av mobiltelefon kan ha null effekt på hjerterate-variasjon, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert. Oversikten og studiene sier ikke noe om RF-EMF-virkning.

SoF tabell 9 Fysiologiske effekter

Populasjon: Generell befolkning, barn og ungdom					
Setting: Eksperimentell eksponering (fysiologi), epidemiologiske studier (atferd). Studier av høy til moderat kvalitet (nivå 1 og 2 i OHAT), hjertestudier med mobiltelefon-eksponering					
Eksponering: 1-2 W/Kg, 15-30 minutter, kun hodet eksponert. Alle RF-EMF kilder i befolkningsstudier					
Sammenligning: Ueksponert i eksperimenter, lavt eksponert i epidemiologiske studier (atferd)					
Utfall	Forventede absolutte effekter (95 % KI) ¹		Relativ effekt (95 % KI) ²	Antall studier og deltakere ³	Tillit til effekt-estimatet (GRADE)
	normalverdier	Eksponerte			
E: Eksperimentell eksponering for elektromagnetiske felt, overkrysningsdesign 2x2					
Fysiologiske målinger, barn og ungdom Målt som: Hjerneaktivitet, EEG Bodewein (2022)	-		Assosiasjon: 2 studier, men uklar, 3 uten effekt	5 XOsb/db 208 individer	⊕○○○ Svært lav ^{B K P}
Fysiologiske målinger, ungdom Puls, respirasjon, kroppstemperatur Bodewein (2022)	-		Ingen effekter registrert	2 XOdb (begge nivå 1) 52 individer	⊕⊕○○ Lav ^{2P}
E: Mobiltelefon oppringing, før-og-etter-studier – ingen sham, ingen blinding, ingen doseberegning					
Fysiologiske målinger, voksne Hjerterate-variasjon HRV, målt som: RR-intervall Mansourian (2023)	600-1200 ms	0,107 ms lavere (0,269 lavere, 0,055 høyere)	Ikke signifikant. Klinisk ubetydelig endring (<0,02 % av normalverdi)	8 studier (n = ukjent*)	⊕○○○ Svært lav ^{B K P}
Fysiologiske målinger, voksne Hjerterate-variasjon HRV, målt som: SDNN Mansourian (2023)	50-150 ms	0,227 ms lavere (0,389 lavere, 0,065 lavere)	Statistisk signifikant men klinisk ubetydelig (<0,5 % av normalverdi)	7 studier (n = ukjent*)	⊕○○○ Svært lav ^{B K P b}

Fysiologiske målinger, voksne Hjerterate-variasjon HRV, målt som: SDANN Mansourian (2023)	50-150 ms	0,526 ms lavere (1,001 lavere, 0,05 lavere)	Størst effekt men fortsatt klinisk ubetydelig (~1 % av normalverdi)	3 studier, (n = ukjent*)	⊕○○○ Svært lav ^{B K 2P} _b
Fysiologiske målinger, voksne Hjerterate-variasjon HRV, målt som: PNN50 Mansourian (2023)	5-25 %	0,287 % lavere (0,549 % lavere, 0,024 % lavere)	Minimal absolutt endring (<0,3 prosentpoeng)	5 studier (n = ukjent*)	⊕○○○ Svært lav ^{B K P b}
Fysiologiske målinger, voksne Hjerterate-variasjon HRV, målt som: RMSSD Mansourian (2023)	20-50 ms	0,035 ms lavere (0,307 lavere, 0,236 høyere)	Ikke signifikant. Ubetydelig endring	9 studier (n = ukjent*)	⊕○○○ Svært lav ^{B K P}
Fysiologiske målinger, voksne Hjerterate-variasjon HRV, målt som: LF Mansourian (2023)	0,04-0,15 Hz	0,047 høyere (0,385 lavere, 0,479 høyere)	Ikke signifikant. Svært høy heterogenitet ($I^2 = 91 \%$)	7 studier (n = ukjent*)	⊕○○○ Svært lav ^{B 2K P}
Fysiologiske målinger, voksne Hjerterate-variasjon HRV, målt som: HF Mansourian (2023)	0,15-0,4 Hz	0,021 høyere (0,553 lavere, 0,596 høyere)	Ikke signifikant. Svært høy heterogenitet ($I^2 = 93 \%$)	5 studier (n = ukjent*)	⊕○○○ Svært lav ^{B 2K P}
Fysiologiske målinger, voksne Hjerterate-variasjon HRV, målt som: LF/HF Mansourian (2023)	-	0,094 høyere (0,203 lavere, 0,391 høyere)	Ikke signifikant. Høy heterogenitet ($I^2 = 87 \%$)	9 studier (n = ukjent*)	⊕○○○ Svært lav ^{B K P}

¹ Forsøksdesign: XO = overkrysning, db = dobbelt blindt, eb = enkeltblindt,

² Risikovurdering: Vurdering kun av p-verdier opp mot risiko for bias, se detaljer i teksten

³ GRADE trekk: B = stor risiko for bias, K = inKonsistens, høy I^2 , P = Presisjon. 2P = dobbelt trekk for presisjon, b = Egger's test signifikant ($p < 0,05$).

* cirka 467 personer totalt i de totalt 12 studiene, metaanalysene viser ikke individtall

Selvrapporterte symptomer

Personer som setter helseplager i forbindelse med eksponering for elektromagnetiske felt (EMF), omtalt som idiopatisk miljøintoleranse med tilskrevet EMF (IEI-EMF¹), beskriver et bredt spekter av symptomer. De mest rapporterte plagene er hodepine, søvnforstyrrelser, slapphet, konsentrasjonsvansker og muskelsmerter. Symptomene er ikke spesifikke for EMF-eksponering. Det kliniske bildet er derfor både uklart og sammensatt.

HOVEDFUNN

Epidemiologiske studier (kohortstudier) viste en liten signifikant økning i rapporterte migræne-tilfeller assosiert med modellerte eksponering fra mobiltelefoner. Ellers var det ingen sammenheng mellom modellert feltstyrke (V/m) og tinnitus, søvnplager eller sammensatte symptomer vurdert ut fra en velvære-indeks. Derimot var det en klar sammenheng mellom symptomer og hvordan folk selv vurderte eksponeringen med spørreskjema. Dette passer med hypotesen om at folks oppfatning av egen eksponering er utslagsgivende for om de utvikler symptomer, men det er ikke et bevis på at det ikke fins en virkelig sammenheng.

Eksperimentell eksponering ble gjort med eksponeringer mye høyere enn miljøeksponeringen i kohortstudiene, men under grenseverdiene for korttidseksponering. Ingen visste om de ble eksponert eller ikke, så ingen bias fra egne vurderinger var mulig. I 39 av 41 studier ble samme person eksponert og ikke-eksponert (overkrysning). Alle utfall viste kun små og ikke-signifikante utslag i begge retninger. Resultatene antydte at RF-eksponering under grenseverdiene ikke kan oppfattes og gi kortvarige symptomer, noe som ble styrket av en persepsjons-analyse der IEI-EMF individer og andre hadde like liten evne til å registrere om de ble eksponert.

Tre systematiske oversikter vurderte sammenhengen mellom selvrapporterte symptomer og RF-EMF-eksponering.

Selvrapporterte symptomer - Epidemiologiske studier

Nyeste og beste oversikt vurderte alle typer kohort- og kasus-kontroll-studier som vurderte eksponeringer fra nært og fjernfelt, inkludert WiFi, basestasjoner og TV-Radio (Rösli et al., 2024). Ingen 5G-studier var kommet. En studie var en arbeidslivstudie, 1 artikkel beskriver en analyse begrenset til personer med IEI-EMF, 1 artikkel vurderte voksne tilfeller av multippel sklerose (som strengt tatt ikke hører med under selvrapporterte symptomer, da det er en diagnose), og de resterende artiklene omhandlet voksne (n = 8) eller ungdom (n = 2) fra den generelle befolkningen. 11

studier er nyere enn 2012. Rösli (2024) beregnet selvrappporterte symptomer ved å samle mange vagt definerte plager i en sammensatt-symptom-liste basert bl.a. på den tyske Befindlichkeitsskala (tilstands-skala). De vurderte at metoden var langt fra perfekt, og at den ikke kunne skille mellom alvorlige og mindre alvorlige symptomer. Alle artikler, bortsett fra 1 kasus-kontroll-studie om tinnitus, var basert på et prospektivt kohortstudie-design, hvor forekomsten av symptomer ble vurdert i en befolkningsgruppe som var symptomfri ved studiestart.

Rösli (2024) beregnet effektstørrelsen som endring i standardisert gjennomsnittlig differanse (SMD) per 1 V/m økning i feltstyrke for alle eksponeringskilder modellert samlet. For tinnitus og migrene ble effektstørrelsen beregnet som endring i SMD per 100 minutters trådløs telefonetid per uke eller per år med telefonbruk. Relativ risiko er stigningskoeffisienten (β) for dose-respons linjene. I likhet med Benke (2024) vurderte de bare lineære sammenhenger. Rösli (2024) tok ikke med tverrsnittstudier fordi de mangler tidsaspekt som årsak-virkning og er problematiske med hensyn til konfunderende effekter.

Kacprzyk et al. (2021) (uklar risiko for bias) er med fordi den vurderte risiko for tinnitus i 4 tverrsnittstudier i tillegg til kohorter. De sammenlignet kun høyeste eksponerte mot laveste eksponerte i sin metaanalyse av 6 studier, og gjorde undergruppeanalyser basert på studiedesign (kohort, kasus-kontroll eller tverrsnittstudier) og eksponeringsberegning (egenrapportert og operatørdata).

Tinnitus (RF-EMF-eksponering av hjernen)

Rösli (2024) vurderte 2 kohorter (25 381 voksne med 4 og et års oppfølging) og 1 kasus-kontrollstudie (100 tilfeller og 100 kontroller). Relativ risiko var 1,43 per 100 minutter mobilbruk (95 % KI: 0,94 til 2,18). 1 studie vurderte tinnitus i forhold til fjernfeltkilder (basestasjoner, TV/DAB/FM), uten å påvise noen assosiasjon.

Rösli (2024) vurderte resultatet som utsatt for risiko for bias, inkonsistens, indirektheit og mangel på presisjon, og hadde svært lav tillit til resultatet.

Kacprzyk (2021) fant en ikke-signifikant økt risiko for tinnitus både i 4 tverrsnittstudier (OR = 1,73, 95 % KI: 0,67 - 4,49, I^2 = 73 %) og i 2 epidemiologiske studier (OR = 1,20, 95 % KI: 0,4 - 3,61, I^2 = 0) da eksponeringen baserte seg på spørreskjema. Da eksponeringen i 2 kohorter ble målt med operatørdata, var økningen ubetydelig (OR = 1,03, 95 % KI: 0,93-1,14, I^2 = 0), og 1 studie dominerte metaanalysen.

Vi vurderer at store konfidensintervall for studiene med egenrapportert eksponering, stor inkonsistens i tverrsnittstudiene, og kun 1 studie basert på operatørdata, tilsier svært lav tillit til effektestimaterne til Kacprzyk (2021).

Vi konkluderer at dokumentasjonen fra 2 oversikter er svært usikker.

Migrene (RF-EMF-eksponering av hjernen)

En studie vurderte migrene i forhold til RF-EMF-eksponering av hjernen (nærfelt, mobiltelefon). Relativ risiko var 1,2 per 100 min mobilbruk (95 % KI: 1,1 - 1,3) for mobiltelefonabonnenter sammenlignet med ikke-abonnenter. Ingen studie vurderte migrene i forhold til fjernfelt RF-EMF-eksponering. 1 studie kan kun kvalifisere for svært lav tillit. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Hodepine (RF-EMF-eksponering av hjernen eller helkropp)

4 kohortstudier med henholdsvis 4, 10, 1 og 1 års oppfølging, vurderte hodepine i forhold til RF-EMF-eksponering av *hjernen* (57 908 voksne/ungdom). SMD var 0,64 SD lavere (95 % KI: 2,38 lavere til 1,10 høyere) per 100 minutters trådløs telefontid per uke. Etter helkroppseksponering (2 studier) var SMD for hodepine 0,17 SD lavere (95 % KI: 0,30 lavere til 0,03 lavere) per V/m økning, som indikerte en reduksjon i hodepine ved økt samtaletid/eksponering.

Andre oversikter: Wang (2017) (høy risiko for bias) vurderte hodepine hos mobilbrukere i 7 tverrsnittstudier. Wang (2017) begrunnet ikke hvorfor de utelukket kohort-/kasus-kontroll-studier. De manglet også flere tverrsnittstudier (jfr. eksklusjonslisten i Rösli 2024). De rapporterte en økt risiko for hodepine forbundet med mobilbruk, men datagrunnlaget var tynt og dårlig rapportert (er ikke med i SoF-tabellen, og resultatet bidrar ikke til kunnskapsgrunnlaget).

Rösli (2024) hadde svært lav tillit til effektestimaterne. Vi konkluderer at RF-EMF-eksponering kan medføre uendret eller redusert risiko for hodepine, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Søvnforstyrrelser (helkroppseksponering og modellert hjerneeksponering)

Søvnforstyrrelser i forhold til helkroppss RF-EMF-eksponering fra fast stasjonssender ble vurdert i 3 kohortstudier med henholdsvis 3, 1 og 1 års oppfølging (5372 voksne/ungdom). SMD var 1,51 SD høyere per V/m endring (95 % KI: 2,00 lavere til 5,03 høyere, $I^2 = 100\%$ - HERMES studien skilte seg ut med høy SMD, også nevnt under kognitive symptomer).

Søvnforstyrrelser etter modellert hjerneeksponering (3 studier) endres med 2,01 SD høyere per 100 minutters økning i ukentlig mobil og trådløs telefonbruk (95 % KI: 2,95 SD lavere til 6,97 SD høyere, $I^2 = 100\%$ - operatørdata i HERMES skilte seg ut, her var «trøtthet» brukt som mål på søvnløshet).

Rösli (2024) vurderte at risiko for bias, inkonsistens og unøyaktighet førte til svært lav tillit. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Sammensatte symptomer (helkroppseksponering (fjernfelt))

Sammensatte symptomer i forhold til helkroppss-RF-EMF-eksponering fra fjernfelt omfattet 3 kohortstudier (7079 voksne med henholdsvis sju, ett og opptil 3 års oppfølging) og 1 kohortstudie (425 ungdommer med ett års oppfølging). En ikke-signifikant SMD var 1,13 SD høyere per 1 V/m eksponering (95 % KI: 0,94 lavere til 3,20 høyere). En ikke-signifikant SMD for sammensatte symptomer ut fra hjerneeksponering var på 0,01 SD høyere per 100 minutters økning i ukentlig trådløs telefonbruk (95 % KI: 0,07 lavere til 0,09 SD høyere) (3 studier).

Rösli (2024) vurderte at risiko for bias, inkonsistens og unøyaktighet resulterte i svært lav tillit til effektestimaterne. Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Sammenligning av modellert eksponering med egenvurdert eksponering.

2 kohortstudier inkludert i Rösli (2024) sammenlignet selvrapporterte symptomer assosiert med modellert fjernfelt opp mot egenoppfattet eksponering. Selvrapporterte symptomer var ikke assosiert med *modellert* fjernfelt-eksponering (SMD: 0,04 SD per V/m høyere, 95 % KI: 0,16 lavere, 0,24 høyere). Derimot var assosiasjonen mellom

selvrapporterte symptomer med *egenoppfattet* eksponering svært signifikant (SMD: 0,28 SD høyere 95 % KI:0,24 høyere, 0,33 høyere). Forskjellen mellom estimatene fra de 2 gruppene av studier var også svært signifikant ($p < 0,001$).

Sammenligningen er ikke tillitsvurdert.

Studier og utfall ikke inkludert i metaanalysene

Til sammen 235 kontraster fra 13 publikasjoner ble presentert i *Supplementary 7* til Rösli (2024). De fleste eksponering-respons-assosiasjonene var ikke signifikante, og viste både økning og reduksjon av symptomer assosiert med RF-EMF-eksponering.

Andre oversikter

De sprikende resultatene til Rösli (2024) er i tråd med en tidlig oversikt om temaet (Baliatsas et al., 2012) som hadde med 28 primærstudier. Rösli (2024) inkluderte kun 13 longitudinelle studier, og ekskluderte tversnittstudier, men 10 var nyere enn 2012.

Bodewein (2022) vurderte subjektive symptomer hos barn og unge etter mobiltelefoneksponering i 14 epidemiologiske studier som peker i retning av økt risiko. I mangel av metaanalyse, talte de 4 studier med assosiasjon til mobilbruk, 3 uten assosiasjon og 6 med begrenset assosiasjon. Bodewein (2022) hadde lav tillit til effektestimatene fra kohortstudiene og svært lav tillit til effektestimatene fra tversnittstudiene.

Samlet vurdering: Rösli (2024) vurderte at effektestimatene antydte at det ikke var noen effekt av RF-eksponering på selvrapporterte symptomer. Tilliten til alle utfall svært lav fordi det kun var få studier, høy risiko for-bias, inkonsistens, indirektehet og manglende presisjon. Usikkerheten ved eksponeringsberegningene, selv i kohortstudier, var stor. Rösli (2024) pekte også på at komplisert data-sammenslåing bidro til usikkerheten.

Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget fra epidemiologiske studier av selvrapporterte symptomer og RF-eksponering er svært usikkert. Det var en klar forskjell i effektestimater mellom modellert og egenoppfattet eksponering; mens modellert eksponering ikke viste effekter, viste egenoppfattet eksponering sterk assosiasjon med selvrapporterte symptomer.

SoF tabell 10 Selvrapporterte symptomer i epidemiologiske studier (Rösli 2024, Kacprzyk 2021)

Populasjon: voksne					
Setting: human populasjon, generell og folk med definerte og udefinerte plager					
Eksponering: 700-5000 MHz alle typer, endring i RR/SMD i forhold til endring i eksponering					
Sammenligning: Lav eller ikke eksponert					
Utfall	Forventede absolutte effekter (95 % KI) ¹		Relativ effekt (95 % KI) ¹	Antall og type studier ² , # deltakere	Tillit til estimatet (GRADE) ³
	Kontrollgruppe	Eksponering			
Eksponering: alle RF-EMF kilder, modellert SMD per V/m					
Selvrapporterte symptomer Målt som: Sammensatte symptomer Rösli (2024)		SMD per V/m: 1,13 høyere (0,94 lavere, 3,20 høyere)		4 KO 7771 individer	⊕○○○ Svært lav ^{B K P}

Selvrapporterte symptomer Målt som: hodepine, søvn, sammensatte symptomer Röösli (2024)		SMD per V/m: 0,04 høyere (0,16 lavere, 0,24 høyere)		2 KO 1 års oppfølging: 3276 individer, hvorav 1740 var med i 2 års oppfølging	⊕○○○ Svært lav ^{B K P}
Eksposering: alle kilder, egen oppfatning av eksponering (samme publikasjoner som over)					
Selvrapporterte symptomer Målt som: hodepine, søvnforstyrrelser, sammensatte symptomer Röösli (2024)		SMD per egenoppfattet eksponering i V/m: 0,28 høyere (0,24 høyere, 0,33 høyere)		2 KO 1 års oppfølging: 3276 individer, hvorav 1740 var med i 2 års oppfølging	⊕○○○ Svært lav ^{B P}
Eksposering: alle RF-EMF kilder om natta modellert SMD per V/m					
Selvrapporterte symptomer Målt som: Søvnforstyrrelse Röösli (2024)		SMD per V/m: 1,5 høyere (2,0 lavere, 5,0 høyere)		3 KO 3116 individer	⊕○○○ Svært lav ^{B K P}
Eksposering fra fjernfelt: basestasjoner, TVradio sendere, modellert SMD per V/m					
Selvrapporterte symptomer Målt som: Sammensatte symptomer Röösli (2024)		SMD per V/m: 1,11 SD høyere (0,97 lavere, 3,19 høyere)		4 KO 3079 individer	⊕○○○ Svært lav ^P
Eksposering fra fjernfelt: basestasjoner, TVradio sendere om natta, modellert SMD per V/m					
Selvrapporterte symptomer Målt som: Søvnforstyrrelse, Röösli (2024)		SMD per V/m: 1,6 høyere (1,6 lavere, 5,0 høyere)		3 KO 3116 individer	⊕○○○ Svært lav ^P
Eksposering: mobiltelefon (operatørdatab, spørreskjema) RR/SMD per 100 min ukentlig mobiltlf bruk					
Selvrapporterte symptomer Målt som: Migrane Röösli (2024)			RR: 1,2 (1,1, 1,3)	1 KO 420095 individer, 1401 tilfeller	⊕○○○ Svært lav ^{2B K D}
Selvrapporterte symptomer Målt som: Tinnitus Röösli (2024)			RR: 1,43 (0,94, 2,18)	2 KO, 1 KK 25834 individer	⊕○○○ Svært lav ^{2B K D P}
Selvrapporterte symptomer Målt som: Hodepine Röösli (2024)		SMD: 0,64 lavere (2,38 lavere, 1,10 høyere)		4 KO 58175 individer	⊕○○○ Svært lav ^{K D P}
Eksposering: mobiltelefon (spørreskjema) Høyeste eksponering mot laveste					
Selvrapporterte symptomer Målt som: Tinnitus Kacprzyk (2021)			OR: 1,73 (0,67, 4,49)	4 TS 4234 totalt, 1888 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{K P}
Selvrapporterte symptomer Målt som: Tinnitus Kacprzyk (2021)			OR: 1,20 (0,4, 3,61)	1 KO 1 KK 1312 totalt, 594 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{2P}
Eksposering: mobiltelefon, leverandørdatab, Høyeste eksponering mot laveste					
Selvrapporterte symptomer Målt som: Tinnitus Kacprzyk (2021)			OR: 1,03 (0,93, 1,14)	2 KO 14599 totalt, 7300 kontroller	⊕⊕○○ Lav ^P

¹ Risikovurdering: OR = Odds ratio, RR = relativ risiko, MD = gjennomsnittlig differanse, SMD = standardisert gjennomsnittlig differanse (ingen effekt når OR/RR = 1 eller når MD/SMD = 0)

² Forsøksdesign: KO = kohortstudie, TS = tverrsnittstudie, KK = kasus kontroll-studie

³ GRADE trekk (1 eller 2) : B = Bias, K = inKonsistens, D = inDirektehet, P = Presisjon

Selvrapporterte symptomer - Eksperimentell eksponering

Bosch-Capblanch et al. (2024) sto for den nyeste systematiske oversikten (lav bias i ROBIS) som tok for seg eksperimentelle studier utført både i den generelle befolkningen og hos personer med miljøintoleranse tilskrevet EMF (IEI-EMF¹). Oversikten er en del av WHO's initiativ for å kartlegge kunnskapsbasen for EMF og helse. 41 studier ble inkludert, for det meste overkrysnings-forsøk fra Europa, med totalt 2,874 deltakere. Ti studier var nyere enn 2012.

Inkluderte studier vurderte eksponering for RF-EMF mellom 100 KHz og 300 GHz, alle eksponeringsnivåer, opp mot null eksponering («sham») eller annen kjent EMF-eksponering. I det minste skulle deltakerne være ukjent med eksponeringen (enkelt blind), men de fleste eksperimentene var dobbelt blindet (observatørene kjente heller ikke eksponeringen). Blindet studiedesign er en forutsetning for å kunne se bort fra forventnings-effekter, og spesielt deltakerne skulle ikke vite om de ble eksponert eller ikke. OHAT-vurderingen av risiko for bias ble gradert som nivå 1 med definitivt eller sannsynlig liten risiko for bias, nivå 3 med definitivt eller sannsynlig høy risiko, og nivå 2 innimellom.

Hendelser henviste til enkelttester utført. Samme person kan ha blitt testet flere ganger, derfor er antall hendelser høyere enn antall testpersoner.

Den generelle befolkningen

Hodepine (eksponering av hode)

7 studier (totalt 766 hendelser) vurderte hodepine i den generelle befolkningen som et resultat av eksponering mot hodet. Alle sammenligninger av effektene av nærfeltseksponering på hodepine i eksponeringsområdet 0,5 til 1,6 W/Kg viste små eller ingen effekter (SMD <0,2 SD høyere) og alle 95 % KI inneholdt null. Det samlede effektestimatet var SMD 0,08 SD høyere (95 % KI 0,07 lavere til 0,22 høyere, $I^2 = 0\%$).

Bosch-Capblanch (2024) hadde moderat tillit til resultatet (kun trekk for risiko for bias). Vi konkluderer at relativt kortvarig RF-EMF-eksponering vil sannsynligvis ikke øke forekomsten av hodepine sammenlignet med ikke-eksponerte.

Hodepine (helkroppseksponering)

2 studier (med 264 hendelser) rapporterte effektene av helkroppseksponering på hodepine med eksponeringsnivåer på 1,0 og 19,4 V/m. Den sammenslåtte SMD var 0,09 SD høyere (95 % KI 0,35 lavere til 0,54 høyere, $I^2 = 24\%$), en liten eller ingen effekt.

¹ IEI-EMF: Idiopathic Environmental Intolerance attributed to Electromagnetic Fields - på norsk: Idiopatisk miljøintoleranse tilskrevet elektromagnetiske felt, der idiopatisk betyr «uten kjent årsak»

Bosch-Capblanch (2024) hadde høy tillit til effektestimaterne. Vi konkluderer at i den generelle befolkningen, øker ikke relativt kortvarig helkroppseksponering for RF-EMF forekomsten av hodepine.

Søvnforstyrrelser (eksponering av hode)

8 studier (392 hendelser, eksponering 1,0 til 2 W/Kg) vurderte søvnforstyrrelser etter eksponering til hodet. I 4 studier forverret RF-EMF-eksponeringen symptomene (i 1 av dem krysset ikke konfidensintervallene null) og i de 4 andre var det motsatt. Den samlede SMD var 0,03 SD høyere (95 % KI 0,23 lavere til 0,29 høyere, $I^2 = 7\%$), en liten eller ingen effekt.

Bosch-Capblanch (2024) hadde moderat tillit på grunn av bekymringer for risiko for bias. Vi konkluderer at relativt kortvarig eksponering av hodet for RF-EMF sannsynligvis ikke vil påvirke forekomsten av søvnforstyrrelser i den generelle befolkningen.

Søvnforstyrrelser (helkroppseksponering)

Kun 1 studie (726 hendelser) rapporterte subjektive søvnforstyrrelser ved helkroppseksponering for RF-EMF (dose ikke angitt): SMD = 0,00 (95 % KI 0,15 lavere til 0,15 høyere).

Bosch-Capblanch (2024) hadde lav tillit til effektestimaterne (risiko for bias og kun 1 studie). Vi konkluderer at relativt kortvarig helkroppseksponering for RF-EMF muligens ikke vil påvirke forekomsten av søvnforstyrrelser i den generelle befolkningen.

Sammensatte symptomer (eksponering av hodet)

Sammensatte symptomer ble rapportert av forfatterne på ulike måter; for eksempel ved å registrere spesifikke symptomer fra deltakere og sammenfatte dem i en score. Hvis hodepine eller søvnforstyrrelser ble rapportert separat i studiene, var de inkludert under omtalen av disse utfallene ovenfor og ikke tatt med under «sammensatte symptomer».

3 studier (100 hendelser) rapporterte om sammensatte symptomer med eksponeringsnivåer fra 0,4 til 1,6 W/Kg. 2 studier antydte at eksponering kan forverre symptomene, selv om alle hadde konfidensintervaller som inkluderte null. Den samlede SMD viste en liten effekt: 0,13 SD høyere (95 % KI 0,51 lavere til 0,76 høyere, heterogenitet: $I^2 = 36\%$).

Bosch-Capblanch (2024) hadde svært lav tillit til effektestimaterne (trekk for bias, inkonsistens og indirekthet - kun unge voksne). Relativt kortvarig eksponering av hodet for RF-EMF kan resultere i liten eller ingen effekt på sammensatte symptomer i den generelle befolkningen, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Sammensatte symptomer (helkroppseksponering)

Sammensatte symptomer etter helkroppseksponering ble rapportert i 4 studier (1,144 hendelser, eksponering 1,0 og 19,4 V/m). Den samlede SMD var svært liten, 0,07 SD lavere (95 % KI 0,19 lavere til 0,05 høyere, $I^2 = 2\%$)

Bosch-Capblanch (2024) hadde høy tillit til effektestimaterne. Vi konkluderer at relativt kortvarig helkroppseksponering for RF-EMF ikke vil øke forekomsten av sammensatte symptomer i den generelle befolkningen.

Selvrapporterte IEI-EMF-personer

Hodepine (eksponering av hodet)

3 studier (324 hendelser, eksponering fra 0,8 til 1,4 W/Kg) vurderte hodepine etter eksponering til hodet. Alle studier viste små effekter med konfidensintervaller som inkluderte null. Den samlede SMD var liten og ikke-signifikant: 0,16 lavere (95 % KI 0,38 lavere til 0,06 høyere, $I^2 = 0$ %).

Bosch-Capblanch (2024) hadde moderat tillit til effektestimatene, trekk for bias. Vi konkluderer at relativt kortvarig eksponering av hodet for RF-EMF sannsynligvis ikke vil ha noen effekt på hodepine hos IEI-EMF individer.

Hodepine (helkroppseksponering)

En studie (116 hendelser, eksponering 19,4 V/m) vurderte hodepine etter helkroppseksponering. SMD var 0,11 høyere (95 % KI 0,29 lavere til 0,52 høyere).

Bosch-Capblanch (2024) hadde moderat tillit til effektestimatene, selv om dette var 1 enkelt studie, men med lav risiko for bias. Pussig nok ble det trukket for inkonsistens med 1 studie, mens manglende presisjon ville passet bedre. Vi konkluderer at relativt kortvarig eksponering for RF-EMF vil sannsynligvis ikke ha noen effekt på hodepine rapportert av IEI-EMF individer.

Sammensatte symptomer (eksponering av hodet)

2 studier (169 hendelser, eksponering på 0,8 W/Kg) vurderte sammensatte symptomer etter eksponering av hodet. Den samlede SMD var liten: 0,05 SD høyere (95 % KI 0,58 lavere til 0,68 høyere, $I^2 = 64$ %).

Bosch-Capblanch (2024) hadde svært lav tillit til effektestimatene på grunn av inkonsistens og begge var nivå 2 for risiko for bias. Vi konkluderer at relativt kortvarig eksponering for RF-EMF vil ha liten eller ingen effekt på sammensatte symptomer hos IEI-EMF individer, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Sammensatte symptomer (helkroppseksponering)

3 studier (278 hendelser, eksponering 1,0 og 19,4 V/m) vurderte sammensatte symptomer etter eksponering til hele kroppen. Alle studier viste punktestimater som antydte at eksponering forbedrer symptomene, selv om alle konfidensintervaller inkluderte null. Den samlede SMD var 0,19 lavere (95 % KI 0,46 lavere til 0,07 høyere, $I^2 = 0$ %).

Bosch-Capblanch (2024) hadde høy tillit til effektestimatene (alle 3 studier klassifisert som nivå 1). Vi konkluderer at relativt kortvarig helkroppseksponering for RF-EMF ikke vil øke forekomsten av sammensatte symptomer hos IEI-EMF individer, det er mer sannsynlig at det vil forbedre symptomene.

Andre utfall

Bosch-Capblanch (2024) vurderte effektene av RF-EMF på andre selvrapporterte symptomer ble satt opp mot forskjellige utfall som ble kodet om for å grupperes etter likheter. Ingen metaanalyser ble gjort på grunn av uunngåelig heterogenitet.

Totalt 84 ytterligere individuelle effektestimater ble vurdert på tvers av 14 studier. 59 (70 %) datapunkter refererte til eksponering av hodet og resten til helkroppseksponering. 30 sammenligninger (28 %) gjaldt IEI-EMF individer og 59 gjaldt den generelle befolkningen. 25 forskjellige utfall ble rapportert, som for

eksempel omfattet psykisk ubehag, kløe og utslett, hjerte- og fordøyelsesplager og problemer med synet.

23 av de 84 effektstørrelsene var større enn 0,2 og alle 95 % konfidensintervaller inkluderte null (ikke signifikante).

Sammenheng mellom eksponeringsintensitet og utfall

Bosch-Capblanch (2024) vurderte dose-responser der eksponeringsverdiene ble brukt som forklaringsvariabel på alle utfall som kunne slås sammen i en meta-regresjonsanalyse. For 17 av 18 sammenligninger med deltakere fra den generelle befolkningen og med nærfeltseksponering av hodet, var det ingen indikasjon på en eksponering-respons-effekt (SMD = 0,01 SD lavere for hver 1 V/m økning i eksponering, $p = 0,88$).

For 6 av de 7 sammenligningene med eksponeringsverdier for deltakere fra den generelle befolkningen med helkroppseksponering, var koeffisienten 0,03 per 1 V/m økning i eksponering ($p = 0,96$).

For sammenligninger med IEI-EMF deltakere var koeffisienten for nærfeltseksponering (5 sammenligninger) -0,05 per 1 W/Kg ($p = 0,90$); og for fjernfelt (4 sammenligninger) var koeffisienten 0,02 per 1 V/m ($p = 0,26$).

Konklusjon: Begge analysene antyder at endringer i eksponering hadde ubetydelige og ikke-signifikante effekter på enhver form for symptomer. Ingen tillitsvurdering.

EMF-persepsjon

Mange med IEI-EMF mener at de raskt merker når de blir eksponert for RF-EMF. Derfor har mange studier testet om IEI-EMF-kasus er bedre til å føle RF-felt enn andre med persepsjonstester.

Bosch-Capblanch (2024) hadde med 9 persepsjonstester fra 8 publikasjoner med den generelle populasjonen, og 5 forsøk med IEI-EMF-kasus fra 4 av de samme publikasjonene, pluss en studie som bare testet IEI-EMF-kasus, i alt 562 testpersoner. Fordelingen på IEI-EMF eller ikke er ikke oppgitt.

Metaanalysen for ikke-IEI-EMF gruppa ga en sensitivitet på 0,30 (95 % KI 0,16 - 0,49) og spesifisitet på 0,72 (95 % KI 0,53 - 0,86). I IEI-EMF-populasjonen var sensitiviteten 0,67 (95 % KI 0,61 - 0,72) og spesifisiteten 0,37 (95 % KI 0,32 - 0,43). IEI-EMF gruppa hadde størst tendens til å svare «eksponering» selv om det var feil. Gruppene rekruttert fra den generelle befolkningen svarte oftere «ingen eksponering» når det var feil. Hvis IEI-EMF-gruppen var mer følsom, skulle resultatene vist *både* høy sensitivitet *og* høy spesifisitet. Skogplott - *forest plots* - viste konsistent at sensitiviteten lå over spesifisiteten hos IEI-EMF-kasus.

Presisjonen – treffsikkerheten - tilsvarte det man ville fått ved å kaste mynt og kron - fullstendig tilfeldig. Det samlede forholdet mellom observerte treff og forventet treff (O/F-forholdet) var 1,01 (95 % KI 0,98 - 1,05, ingen heterogenitet). Det var ingen forskjell i O/F-forholdet mellom studiepopulasjonene: I den generelle befolkningen var O/F-forholdet 1,00 (95 % KI 0,96 - 1,05) og blant IEI-EMF personer var O/F-forholdet 1,05 (95 % KI 0,97 - 1,12) ($p = 0,32$). Studier som bare vurderte eksponering mot hodet ga et O/F-forhold på 1,01 (95 % KI: 0,95 - 1,08), også likt for begge grupper ($p = 0,87$).

Konklusjon: Bosch-Capblanch (2024) vurderte ikke GRADE-basert tillit til persepsjonsresultatene, men nevnte 7 andre studier i tillegg som konkluderte med

ingen forskjeller i persepsjon uten å oppgi data som var egnet for metaanalysen. Resultatene antydte at relativt kortvarig RF-EMF ikke kan oppfattes av verken IEI-EMF-kasus eller av tilfeldige personer som ikke regner seg som overfølsomme. Vi kunne ikke vurdere tilliten til effektestimaterne.

Andre oversikter: Klaps (2016) rapporterte i sin systematiske oversikt (høy bias) at personer som diagnostiserte seg selv om el-overfølsomme, ikke kunne identifisere RF-EMF-eksponering i dobbelt blinde forsøk, mens feltstudier viste at IEI-EMF-symptomer var signifikant relaterte til egenrapportert eksponering.

SoF tabell 11 Selvrappporterte symptomer i eksponeringsforsøk – ikke IEI-EMF (Bosch-Capblanch 2024)

Populasjon: Generell befolkning					
Setting: eksperimentell eksponering. Overkrysningsstudier av høy til moderat kvalitet (nivå 1 og nivå 2 med OHAT). Minstekrav var enkelt-blindt design (XOeb)					
Eksponering: 0,5 til 6,0 W/Kg eller 1,0 til 19,4 V/m, hode eller kropps-eksponering alle akutte forsøk, minst 1 eksponering					
Sammenligning: ueksponert eller en annen RF-EMF-eksponering					
Utfall Bosch-Capblanch (2024)	Forventede absolutte effekter (95 % KI) ¹		Relativ effekt (95 % KI)	Antall studier og hendelser	Tillit til effekt-estimatet (GRADE)
	Kontrollgruppe	Eksponering			
E: Eksponering av hode: 0,5 til 1,6 W/Kg					
Selvrappporterte symptomer Målt som: Hodepine	Ingen symptomer	SMD 0,08 SD høyere (0,07 lavere til 0,24 høyere)		7 XOdb/eb 319 / 382 kontroll	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^B
E: Helkroppseksponering 1,0 til 19,4 V/m					
Selvrappporterte symptomer Målt som: Hodepine	Ingen symptomer	SMD 0,09 SD høyere (0,35 lavere til 0,54 høyere)		2 XOdb/eb 132 / 132 kontroll	⊕⊕⊕⊕ Høy
E: Eksponering av hode: 1,0 til 6,0 W/Kg					
Selvrappporterte symptomer Målt som: Søvnvansker	Ingen symptomer	SMD 0,01 SD lavere (0,22 lavere til 0,20 høyere)		8 XOdb/eb 196 / 196 kontroll	⊕⊕⊕⊖ Moderat ^B
E: Helkroppseksponering (ingen dose)					
Selvrappporterte symptomer Målt som: Søvnvansker	Ingen symptomer	SMD 0,00 SD (0,15 lavere til 0,15 høyere)		1 XOdb/eb 363 / 363 kontroll	⊕⊕⊖⊖ Lav ^{B K}
E: Eksponering av hode: 0,4 til 1,6 W/Kg					
Selvrappporterte symptomer Målt som: Sammensatte symptomer	Ingen symptomer	SMD 0,13 SD høyere (0,51 lavere til 0,76 høyere)		3 XOdb/eb 54 / 56 kontroll	⊕⊖⊖⊖ Svært lav ^{B K D}
E: Helkroppseksponering 1,9 til 19,4 V/m					

Selvrapporterte symptomer Målt som: Sammensatte symptomer	Ingen symptomer	SMD 0,05 SD lavere (0,17 lavere til 0,07 høyere)		4 XOdb/eb 572 / 572 kontroll	⊕⊕⊕⊕ Høy
--	-----------------	---	--	------------------------------------	-------------

¹ Risikovurdering: SMD = standardisert gjennomsnittlig differanse (ingen effekt når SMD = 0)

² Forsøksdesign: XOdb/eb Overkrysningsstudier (dobbelblindt / enkeltblindt)

³ GRADE trekk: B = Bias K = inKonsistens D = inDirektehet P = Presisjon

SoF tabell 12 Selvrapporterte symptomer i eksponeringsforsøk – kun IEI-EMF (Bosch-Capblanch 2024)

Populasjon: IEI-EMF individer, diagnostisert seg selv som plaget av EMF					
Setting: eksperimentell eksponering. Overkrysningsstudier av høy til moderat kvalitet (low to some concern med OHAT). Minstekrav var at testpersonen ikke visste hva som skjedde (enkelt blind XOeb)					
Eksponering: 0,5 til 6,0 W/Kg eller 1,0 til 19,4 V/m, hode eller kropps-eksponering alle akutte forsøk					
Sammenligning: Ueksponert					
Utfall	Forventede absolutte effekter (95 % KI) ¹		Relativ effekt (95 % KI) ²	Antall studier og deltakere ³	Tillit til effekt-estimatet (GRADE)
Bosch-Capblanch (2024)	Kontrollgruppe	Eksponering			
Eksponering av hode: 0,8 til 1,4 W/Kg					
Selvrapporterte symptomer Målt som: Hodepine	Uforklarte symptomer forekommer	SMD 0,16 SD lavere (0,38 lavere til 0,06 høyere)		3 XOdb/eb 161 / 163 kontroll	⊕⊕⊕○ Moderat ^B
Helkroppseksponering 19,4 V/m (1 studie)					
Selvrapporterte symptomer Målt som: Hodepine	Uforklarte symptomer forekommer	SMD 0,11 SD høyere (0,29 lavere til 0,52 høyere)		1 XOdb/eb 58 / 58 kontroll	⊕⊕⊕○ Moderat ^K
Eksponering av hode: 0,8 W/Kg					
Selvrapporterte symptomer Målt som: Sammensatte symptomer	Uforklarte symptomer forekommer	SMD 0,05 SD høyere (0,58 lavere til 0,68 høyere)		2 XOdb/eb 84 / 85 kontroll	⊕○○○ Svært lav ^{B K D}
Helkroppseksponering 1,9 til 19,4 V/m					
Selvrapporterte symptomer Målt som: Sammensatte symptomer	Uforklarte symptomer forekommer	SMD 0,19 SD lavere (0,46 lavere til 0,07 høyere)		3 XOdb/eb 139 / 139 kontroll	⊕⊕⊕⊕ Høy

¹ Risikovurdering: SMD = standardisert gjennomsnittlig differanse (ingen effekt når SMD = 0)

² Forsøksdesign: XOdb/eb Overkrysningsstudier (dobbelblindt / enkeltblindt)

³ GRADE trekk: B = Bias K = inKonsistens D = inDirektehet P = Presisjon

moderat tillit

Konklusjon: Selvrapporterte symptomer i den generelle befolkningen. Modellert RF-EMF-eksponering i epidemiologiske studier viste ingen klare effekter på selvrapporterte symptomer. Estimer av eksponering-respons viste sammenhenger, men med store konfidensintervaller uten statistisk signifikans. Kun for migrene var det en signifikant assosiert økning i egne rapporteringer med samlet antall ringeminutter, mens for hodepine var det en ingen slik effekt. Ettersom forfatterne hadde angitt svært

lav tillit til effektestimaterne fra de epidemiologiske studiene, er det mulig at RF-EMF kan være uten betydning for utviklingen av selvrapporterte symptomer, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Kontrollerte eksperimenter viste ingen effekt av RF-EMF på selvrapporterte symptomer, men resultatet fra et utfall ble gradert som svært usikkert.

Diskusjon og konklusjon: IEI-EMF-kasus (personer med plager de selv definerer som forårsaket av EMF). Kontrollerte eksperimenter viste ingen effekt av RF-EMF på selvrapporterte symptomer hos IEI-EMF-kasus, men resultatet fra et utfall ble gradert som svært usikkert (Tabell 9).

Flere studier har rapportert at forutbestemte oppfatninger av å bli utsatt for farlig RF-EMF er den største risikofaktoren for å utvikle eller beholde selvrapporterte symptomer. Dette blir antydnet hos Rösli (2024). 3 av oversiktene i Bosch-Capblanch (2024) viste at når man hadde åpen eksponering uten blinding, viste IEI-kasus symptomer.

Flere undersøkelser har vist at IEI-EMF var forbigående for mange (opptil 30 %), både når det gjaldt risikooppfatning og helse-score, og uten at eksponeringen har endret seg (Martens et al., 2017; Rösli et al., 2010; Traini et al., 2023). Disse studiene inkluderte ikke mange IEI-EMF individer, og kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Schmiedchen et al. (Schmiedchen et al., 2019) vurderte IEI-EMF-studier systematisk. De identifiserte metodologiske begrensninger som enten kan ha fremmet falske effekter av eksponering, eller skjult reelle effekter. De vanligste begrensningene var knyttet til utvelgelsen av studiedeltakere, balansering av eksponeringsrekkefølge og blinding. Mange studier manglet beregninger av statistisk styrke. Metodisk solide studier indikerte at en effekt av eksponering er lite sannsynlig. Interessant nok vurderte de at 10 av artiklene brukt av Bosch-Capblanch (2024) hadde en risiko for bias i retning av null-effekt og at disse studiene kanskje ikke var gode nok til å detektere virkelige effekter.

Andre har kritisert provokasjonsstudier for andre metodesvakheter som for kort eksponering, for tidlig symptomregistrering, at man ikke har tatt hensyn til at IEI-EMF deltakere er intolerante kun for spesifikke EMF-frekvenser (Belpomme & Irigaray, 2022; Leszczynski D, 2022).

Bosch-Capblanch (2024) har vurdert disse nevnte svakhetene i sin oversikt, men konkluderer at "tilgjengelig dokumentasjon tyder på at akutt RF-EMF-eksponering under gjeldende grenseverdier ikke forårsaker symptomer, og at tilsvarende påstander i hverdagen er knyttet til opplevd – og ikke faktisk – eksponeringsstatus."

Tabell 9 Retning og tillit: Selvrapporterte symptomer

Populasjon	Symptom	Eksperimentell, organ:		Befolkningsstudier, eksponering fra:		
		Hele kroppen	Hode	Mobiltelefon nærfelt	Alle kilder	Basestasjoner fjernfelt
Selvrapporterte symptomer, voksne uten plager	Hodepine	H ↔	M ↔	SL ↔		
	Hodepine, søvn, sammensatte symptomer (Egen oppfatning av eksponering i parentes)	M ↔				
	Migrene			SL ↑		
	Sammensatte symptomer	H ↔	SL ↔		SL ↔	
	Søvnforstyrrelse/-vansker	L ↔	M ↔		SL ↔	SL ↔ (SL ↑)
	Tinnitus			L 3SL ↔		
Selvrapporterte symptomer, IEI-EMF-kasus	Hodepine	M ↔	M ↔			SL ↔
	Sammensatte symptomer	H ↔	M ↔			SL ↔
	Følsomhet for tilstedeværelse av RF-EMF	Ikke vist	Ikke vist			

Tillit til effektestimatet: høy (**H**), moderat (**M**), lav (L), svært lav (U). Tall

Retning: reduksjon ↓, økning ↑, liten/ingen endring ↔, rødt angir uønsket effekt.

Mekanistiske studier

HOVEDFUNN

Genotoksisitet – skader på DNA -i *in vitro*-tester kan indikere økt risiko for kreft/svulstdannelse. Oversiktene viste at studier av tilfredsstillende kvalitet ikke viste noen økt risiko i genotoksiske tester som kometteesten og mikrokjernetesten. Oversiktene hadde uklar bias og rapporterte ingen relevante effektstørrelser, så kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Oksidativt stress molekyler gir celledskader når det er ubalanse mellom frie radikaler og antioksidanter, som kan føre til celledskader. Molekylene må ha en viss levetid for å kunne være anvendbare som biomarkører. Oversikten over oksidativt stress konkluderte med at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert fordi effektene svingte fra positive til negative, med små testgrupper, og store konfidensintervall. Det betyr at oksidativt stress-molekyler ikke kan benyttes som biomarkører for RF-EMF, og det er ingen holdepunkter for at RF-EMF induserer helsefarlig oksidativt stress.

Apoptose – programmert celledød - skjer når cellen starter sitt selvdestruksjonsprogram, eventuelt etter ordre fra andre celler. Mekanismen har blitt vurdert i 1 ikke-systematisk oversikt som endte opp med 7 studier uten effekt og ingen positive. Derfor er det hittil ingen holdepunkter for at RF-EMF induserer helsefarlig programmert celledød.

Spenningsregulerte kalsiumkanaler - små porter i cellemembranen - som åpnes når elektrisk spenning endres, ble vurdert i en systematisk oversikt som fant kun 7 gode studier. Akutt RF-EMF eksponering var ikke assosiert med effekter, mens lengre tids eksponering kunne antyde en redusert aktivitet. Kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Mekanistiske studier prøver å finne ut hva som skjer inni kroppen på molekyl- og cellenivå, trinn for trinn, når noe setter i gang en prosess. Slike studier er sentrale i vurderingen av grenseverdier for eksponering av kjemikalier og fysisk påvirkning. De kan ikke dokumentere helserisiko alene, men skal gi holdepunkter som kan forklare effekter vi registrerer i andre typer studier. Mekanismer som har blitt foreslått for RF-EMF-interaksjon med biologisk materiale er generelle mekanismer uten målorgan i kroppen.

Oppvarming er en kjent mekanistisk forklaring på effekter av RF-EMF. Spørsmålet er om det fins andre mekanismer som kan bidra til ikke-termiske effekter som har blitt foreslått av forskere som har rapportert effekter av svak RF-EMF-eksponering. Tolkningen av dyrestudiene vurdert tidligere i denne rapporten har vist at RF-EMF er spesielt problematisk fordi varmeeffekter vanskelig kan utelukkes som årsaksforklaring. I tillegg har akkurat de samme cellereaksjonene som man forventer

ved oppvarming blitt framsatt som forklaring på ikke-termiske effekter, og temperaturkontroll er derfor spesielt avgjørende for mekanistiske eksperimenter.

Mekanistiske studier er vanskelige å oppsummere systematisk. Studiedesign, effektmålinger og kvalitetskriterier varierer enormt i laboratorieeksperimenter dersom man ikke følger internasjonalt etablerte retningslinjer/guidelines. Derfor er det vanskelig å finne fellesnevnerne som gjør det mulig å vurdere studier i en metaanalyse.

Genotoksisitet

Den nyeste og eneste systematiske oversikten over genotoksisitet etter RF-EMF-eksponering gikk gjennom 159 artikler som kvalifiserte for inkludering (Romeo et al., 2024)(Uklar bias). Data ble ekstrahert fra 1111 eksperimenter (definert som uavhengige spesifikke kombinasjoner av diverse biologiske og elektromagnetiske parametere). Det store flertallet (80 %) av eksperimentene viste ingen statistisk signifikante genotoksiske effekter av RF-EMF-eksponering. De fleste positive studier ble vurdert til å være av moderat til lav kvalitet. Kun 54 artikler med signifikant effekter (av 159) ble vurdert i et GRADE-liknende oppsett.

Romeo (2024) vurderte de 54 studiene med OHAT, og flere årsaker til risiko for bias ble funnet: Blinding var mangelfull eller ikke rapportert i 75 % av studiene. Halvparten av studiene hadde utilstrekkelig karakterisering av eksponering. Halvparten av studiene fikk anmerkninger for mangelfull måling av utfall.

Forfatterne nedgraderte også tilliten til effektestimaterne på grunn av indirektehet ut ifra cellemodellenes relevans for mennesker, hvor primære humane celler (fra blodprøver eller celleprøver) ble ansett som mest relevante, etterfulgt av etablerte humane cellekulturer, mens dyreceller ble vurdert som minst relevante.

Enkeltutfall, kun signifikant **positive** studier vurdert Romeo (2024)

DNA-trådbrudd i kometanalyse, γH2AX eller 53-BPI (89 studier): **24** studier viste signifikante effekter. Ett trekk i tillit for alvorlig bias (18 av 24 i nivå 2), i tillegg ett trekk i tillit for bruk av humane celler i 16 av 24 studier. Samlet konkluderte Romeo (2024) med en lav tillit til at studiene viste en genotoksisk effekt.

Mikrokjerner, hovedsakelig med CBMN-analyse (55 studier, **15** signifikante): Ett trekk i tillit for alvorlig bias (11 av 15 studier i Nivå 2), i tillegg ett trekk i tillit for bruk av humane celler i 10 av 15 studier, samlet konkluderte Romeo (2024) med en lav tillit til at studiene viste en genotoksisk effekt.

Kromosomavvik, hovedsakelig Giemsa eller BRDU farging (31 studier, **7** signifikante): 2 trekk for svært alvorlig bias (kun 1 studie i nivå 1, 3 studier i nivå 2 og 3 studier i nivå 3), i tillegg 1 trekk i tillit for bruk av humane celler i 5 av 7 studier, samlet konkluderte Romeo (2024) med en svært lav tillit til at studiene viste en genotoksisk effekt.

Kromatinkondensasjon, hovedsakelig *anomalous viscosity time dependencies assay*: (9 studier, **8** studier signifikante). 2 trekk for svært alvorlig bias (4 av 8 studier i Nivå 2 og 4 i Nivå 3), i tillegg et trekk i tillit for bruk av humane celler i 7 av 8 studier

Aneuploidi, hovedsakelig FISH analyse (4 studier, derav **1** studie signifikant): Ett trekk i tillit for alvorlig bias (1 studie nivå 3), i tillegg ett trekk i tillit for bruk av humane celler i 1 studie, samlet konkluderte Romeo (2024) med en lav tillit til at studiene viste en genotoksisk effekt.

8-OH-dG addukter med flow-cytometri (4 studier, 3 signifikante): Ett trekk i tillit for alvorlig bias (2 av 3 studier i nivå 2), 2 trekk i tillit for bruk av dyreceller i 2 studier, samlet konkluderte Romeo (2024) med en svært lav tillit til at studiene viste en genotoksisk effekt.

Mutasjoner, hovedsakelig HPRT analyse (3 studier, 1 signifikant): Ett trekk i tillit for alvorlig bias (1 studie i nivå 2), 2 trekk i tillit for bruk av dyreceller, samlet konkluderte Romeo (2024) med en svært lav tillit til at studiene viste en genotoksisk effekt.

Søsterkromatid-bytte, hovedsakelig BRDU farging (16 studier, derav 1 signifikant) Ett trekk i tillit for alvorlig bias (nivå 2), ett trekk i tillit for bruk av dyreceller, samlet konkluderte Romeo (2024) med en lav tillit til at studiene viste en genotoksisk effekt.

Spindelforstyrrelser ved immunfarging (5 studier, derav 4 signifikante): Ett trekk i tillit for alvorlig bias (alle nivå 2), 2 trekk i tillit for bruk av dyreceller i 3 av 4 studier. Samlet konkluderte Romeo (2024) med en svært lav tillit til at studiene viste en genotoksisk effekt.

Forfatterne ekskluderte ikke-signifikante studier fra graderingen, noe som kan introdusere en seleksjonsbias mot positive funn. Dette betyr at «lav» eller «svært lav» tillit kun gjelder kvaliteten på studier med positive resultater, ikke evidensen for eller mot genotoksisitet av RF-EMF. Forfatterne var klare over denne begrensningen og mente det var verdt å vurdere hvor robuste de positive funnene var.

Ingen dose-respons-forhold kunne påvises. Statistisk signifikante effekter ble hovedsakelig observert ved lave eksponeringsnivåer, og spesielt i nivå 3-studier med høy risiko for bias. Eksponeringen var en blanding av kontinuerlige og pulsete bølger, og det var ingen tilsynelatende overvekt av den ene eller andre eksponeringen. Tillitsvurderingen var ikke helt standard, for eksempel virket vurderingen av indirektehet som ganske streng ettersom det er metoden som skal vurderes, og human relevans kommer i neste trinn. Hvis målet er å evaluere om RF-EMF kan indusere genotoksisitet under kontrollerte laboratorieforhold, er celletype mindre relevant og nedgradering for indirektehet blir urimelig. En GRADE vurdering ville i tillegg vurdere presisjon og publikasjonsbias, som ikke er vektlagt i oversikten. Forfatterne skrev at de skal komme med flere resultater fra materialet.

Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert fordi oversikten får trekk for bias, trekk for studiebias var gjennomgående og GRADE-vurderingen var ufullstendig. Vi merker oss at 80 % av eksperimentene viste ingen statistisk signifikante genotoksiske effekter, selv om det ikke sier noe om effektestimater.

Andre studier

En oversikt over studier av genotoksisitet (Vijayalaxmi & Prihoda, 2018) hadde med alle studier uten filtrering og vurderte sammenhengen mellom studiekvalitet og resultater. Oversikten vurderte 2160 genotoksisitet-tester fra 225 publikasjoner om genetisk skade i dyre- og menneskeceller eksponert for RF-EMF. Hovedfokuset i oversikten var å undersøke betydningen av 4 kvalitetskontrolltiltak: blinding,

dosimetribeskrivelse, positive kontroller og «sham»-kontroller¹. Vi graderte oversikten til Uklar bias med ROBIS fordi den er delvis systematisk. Men ettersom eksklusjonskriteriene var få for å kunne undersøke assosiasjonen mellom lav kvalitet og høy genotoksisitet, så var GRADE i utgangspunktet ikke mulig.

Oversikten viste at jo flere av de 4 kvalitetskontrolltiltakene som ble utført i studien, jo lavere var SMD-verdien. Oversikten viste en publikasjonsbias ved at positive funn var overrepresentert blant publikasjonene. Det var en sammenheng mellom manglende presisjon og rapportert effekt, selv publikasjoner med svært liten utvalgsstørrelse rapporterte store effekter (SMD fra 100 til 410 med utvalgsstørrelse rundt 5).

73 % av de inkluderte artiklene med de nødvendige kvalitetskontroll-tiltakene rapporterte ingen signifikant forskjell mellom eksponerte celler og kontrollceller. Mikrokjerner og kometanalyser var de vanligste metodene, men også andre metoder ble slått sammen i denne oversikten. Basert på inkluderingen av kvalitetskontrolltiltak, indikerte det vektete utfallet i celler utsatt for RF-energi en svært liten effekt av RF-eksponeringen på eventuell genetisk skade (SMD = 0,2-0,6, ingen KI oppgitt). Termiske effekter kan forklare stor skade ved høye SAR-nivåer i enkelte av studiene.

Resultatene understreker hvor viktig det er å inkludere kvalitetskontrolltiltak i *in vitro* forsøk. Vi må også ta med at (Vijayalaxmi & Prihoda, 2019) året etter publiserte en artikkel på det samme datasettet som viste at industri-relaterte studier viste signifikant færre positive funn enn offentlig finansierte.

Oversikten viste at de inkluderte genotoksisitet-studiene med RF-EMF hadde lav presisjon og var inkonsistente og at genotoksisitets-analyser hittil ikke har bidratt til en bedre mekanistisk forståelse av RF-EMF-effekter.

Situasjonen hadde ikke endret seg mye siden de samme forfatterne (Vijayalaxmi & Prihoda, 2012) konkluderte med at IARC klassifiseringen av RF som mulig kreftfremkallende ikke ble støttet av mekanistiske bevis fra en metaanalyse av 88 genotoksisitet-studier. De fant at forskjellen mellom eksponerte og kontroller var liten med noen unntak. Små studier med stor bias viste under visse eksponeringsforhold en statistisk signifikant økning i noen genotoksisitet-utfall. Studier av høyere kvalitet viste mindre effekter. Gjennomsnittsindeksene for kromosomavvik, mikrokjerner og søsterkromatid-utveksling i RF-eksponerte og kontroller var ikke over rapporterte bakgrunnsnivåer.

(Wood et al., 2021) vurderte 22 studier av genotoksisitet ved eksponeringer over 6 GHz – millimeterbølger – aktuelt for 5G. 20 av disse studiene fikk anmerkninger for studiemangler av Vijayalaxmi & Prihoda, 2019. Woods metaanalyse viste ingen dose-respons mellom eksponering og effekttetthet eller SAR. Tvert imot viste studier med høyere eksponering en lavere effekt, noe også Romeo (2024) understreket. Noen studier utført i frekvensområdet rundt 40–55 GHz viste en stor effekt. Dette var studier som undersøkte mulig bruk av mm-bølger i terapi og vurderte ikke helserisiko.

¹ I dyreforsøk og celleforsøk kan man ha minst to typer kontrollgrupper: 1) ubehandlede kontroller som står i normal oppstalling gjennom hele forsøket, 2) «sham»-kontroller som blir behandlet på samme måte som de eksponerte. «Sham» er essensiell fordi håndteringen av dyrene i seg selv gir fysiologiske responser – noe man også ser klart i forsøk med ioniserende stråling. De beste studier har begge typer kontroller.

Konklusjon: Selv om ingen av de inkluderte poversiktene hadde noen effektestimater, er det holdepunkter for at RF-EMF ikke er gentoksisk. Oversiktene har vist at kvalitet betyr alt, og at reelt positive studier er meget få. Uten et kvalitetsprang i slike analyser, kan vi ikke få klarhet i spørsmålet.

SoF tabell 13 Genotoksisitet

Populasjon: Menneske- og dyre-celler (opptil hhv. 17 og 11 celletyper)					
Setting: eksperimentell eksponering 100 kHz– 300 GHz					
Eksponering: stor variasjon i SAR, RF-frekvens, eksponeringstid og pulset/kontinuerlig frekvens					
Sammenligning: ueksponerte celler, effektstørrelser er ikke rapportert med standard metaanalyse					
Utfall	Forventede absolutte effekter (signifikans) ¹		Relativ effekt (95 % KI)	Antall studier	Tillit (GRADE)
	Kontrollgruppe	Eksponering			
Eksponering av celler/cellelinjer fra mennesker og dyr. Signifikante studier (Romeo (2024))					
DNA-trådbrudd		101 effekt, 544 null ¹		24 signifikante av 89 studier ²	Lav ^{B D}
Mikrokjerner		54 effekt, 211 null		15 signifikante av 55 studier	Lav ^{B D}
Kromosomavvik		17 effekt, 71 null		7 signifikante av 31 studier	Svært lav ^{2B D}
Kromatinkondensering		22 effekt, 13 null		8 signifikante av 9 studier	Svært lav ^{2B D}
Aneuploidi		2 effekt, 6 null		1 signifikant av 4 studier	Lav ^{B D}
8-OH-dG addukter		8 effekt, 6 null		3 signifikante av 4 studier	Svært lav ^{2B D}
Mutasjoner		1 effekt, 9 null		1 signifikant av 3 studier	Svært lav ^{2B D}
Søsterkromatid-bytte		4 effekt, 32 null		1 signifikant av 16 studier	Lav ^{B D}
Spindelforstyrrelser		9 effekt, 1 null		4 signifikante av 4 studier	Svært lav ^{2B D}
Eksponering av celler/cellelinjer fra mennesker. Betydningen av studiekvalitet (Vijayalaxmi (2019))					
Genotoksisitet (alle metoder samlet)		SMD 0,5 SD høyere (ikke signifikant)		70 studier, blinding utført	Svært lav tillit Trekk for: Bias: Ikke gjort RoB-vurdering, alle studier inkludert Indirektehet: <i>In vitro</i> og <i>in vivo</i> studier om hverandre Presisjon: 95% KI ikke gitt, ingen metaanalyse
Genotoksisitet (alle metoder samlet)		SMD 0,2 SD høyere (ikke signifikant)		81 studier, dosimetri utført	
Genotoksisitet (alle metoder samlet)		SMD 0,2 SD høyere (ikke signifikant)		77 studier, med positiv kontroll	
Genotoksisitet (alle metoder samlet)		SMD 0,3 SD høyere (ikke signifikant)		71 studier, med negativ kontroll	
Genotoksisitet (alle metoder samlet)		SMD 0,8 SD høyere (p< 0,01)		45 studier, ingen blinding	

Genotoksisitet (alle metoder samlet)		SMD 0,6 SD høyere ($p < 0,001$)		34 studier, ingen dosimetri	
Genotoksisitet (alle metoder samlet)		SMD 0,5 SD høyere ($p < 0,01$)		38 studier, ingen positiv kontroll	
Genotoksisitet (alle metoder samlet)		SMD 0,6 SD høyere ($p < 0,01$)		44 studier, ingen negativ kontroll	
Eksponering av celler/cellelinjer fra dyr. Betydningen av studiekvalitet (Vijayalaxmi (2019))					
Genotoksisitet (alle metoder samlet)		SMD 0,5 SD høyere (ikke signifikant)		66 studier, blinding utført	Svært lav tillit Trekk for: Bias: Ikke gjort RoB-vurdering, alle studier ble inkludert Indirektehet: <i>In vitro</i> og <i>in vivo</i> studier om hverandre Presisjon: 95% KI ikke gitt, ingen metaanalyse
Genotoksisitet (alle metoder samlet)		SMD 0,5 SD høyere (ikke signifikant)		63 studier, dosimetri utført	
Genotoksisitet (alle metoder samlet)		SMD 0,4 SD høyere (ikke signifikant)		54 studier, med positiv kontroll	
Genotoksisitet (alle metoder samlet)		SMD 0,6 SD høyere (ikke signifikant)		76 studier, med negativ kontroll	
Genotoksisitet (alle metoder samlet)		SMD 1,4 SD høyere ($p < 0,01$)		44 studier, ingen blinding	
Genotoksisitet (alle metoder samlet)		SMD 1,2 SD høyere ($p < 0,001$)		47 studier, ingen dosimetri	
Genotoksisitet (alle metoder samlet)		SMD 1,1 SD høyere ($p < 0,01$)		56 studier, ingen positiv kontroll	
Genotoksisitet (alle metoder samlet)		SMD 1,1 SD høyere ($p < 0,01$)		34 studier, ingen negativ kontroll	

1 Opptelling av eksperimenter med signifikant effekt eller null effekt (ikke signifikant), som er en ikke anbefalt måte å vurdere effektstyrke, kun fra studier som rapporterte signifikante funn (se ²)

² Signifikante betyr studier der signifikante effekter ble observert og vurdert, resterende studier rapporterte ikke signifikante effekter og ble ikke nærmere vurdert i oversikten

^B Nedgradert tilliten til resultatene med ett nivå når mesteparten av informasjonen stammet fra nivå 2 eller nivå 3

^{2B} Nedgradert to nivåer når andelen nivå 3-studier var tilstrekkelig til å påvirke tolkningen av resultatene

^D Ett trekk for indirektehet vurdert som «Alvorlig» når de fleste effektene ble observert i humane (primære) celler

^{2D} To trekk for indirektehet vurdert som «Svært alvorlig» når de fleste effektene ble observert i dyre-celler (immortaliserte)

HOVEDFUNN

Bevisene på forholdet mellom eksponeringen for RF-EMF og biomarkører for oksidativt stress ble tillagt svært lav tillit fordi et flertall studier ble vurdert til å ha høy risiko for bias og viste høy heterogenitet. Dette skyldtes unøyaktige målinger av eksponering og/eller måling av biomarkører for oksidativt stress og manglende informasjon om blindingen av forskningspersonellet. Det kan være ingen eller en inkonsistent effekt av RF-EMF på biomarkører for oksidativt stress i hjernen, leveren, blodet, plasma og serum og i det kvinnelige reproduksjonssystemet i dyreforsøk. Det kan være en økning i biomarkører for oksidativt stress i testikler, serum og tymus hos gnagere.

Vi konkluderer at kunnskapsgrunnlaget for biomarkører for oksidativt stress er svært usikkert, og at også her må kvaliteten på studiene forbedres drastisk.

Oksidativt stress er en grunnleggende cellulær respons som oppstår når det dannes reaktive oksygenforbindelse (ROS) i et omfang som overstiger celledens egen evne til å nøytralisere dem. Ved lavere energinivåer (fra infrarøde stråling ned til mikrobølger og radiofrekvenser) vil bølgeegenskapene dominere og sette molekyler i bevegelse som igjen gir energioverføring i form av varme. RF-EMF har derfor tradisjonelt vært ansett å påvirke biologiske systemer via termiske mekanismer. Oksidativt stress kan også oppstå på grunn av økt metabolsk aktivitet i celler og vev som ikke skyldes termisk påvirkning. Disse oksygenradikalene kan videre reagere med andre forbindelser i cellene som lipid, proteiner, DNA og vannmolekyler. Noen av disse oksidasjonsproduktene skulle kunne fungere som biomarkører for cellulært oksidativt stress.

Meyer (2024) er den nyeste og beste systematiske oversikten over målinger av biomarkører for oksidativt stress etter RF-EMF-eksponering. Oversikten inkluderte 56 studier, 45 *in vivo* og 11 *in vitro*, med eksponering i området 800 – 2450 MHz. Av 56 studier ble 52 studier med 169 individuelle resultater inkludert i metaanalysen. Disse studiene undersøkte 6 humane cellekulturer og femti dyreprøver (mus, rotter, hamstere og marsvin, [n = 46]) og kaniner [n = 4]). Hovedsakelig var eksponeringen kontinuerlige RF-EMF-bølger.

Biomarkører for modifiserte proteiner og aminosyrer ble målt i 30 studier (protein-karbyler, 3-nitrotyrosine (3-NT), glutation), oksiderte DNA-baser i 26 studier (8-Oxo-2'-deoxyguanosine (8-OHdG)), oksiderte lipider i 2 studier (4-Hydroxynonenal (4-HNE)) og hydrogenperoksidproduksjon i 2 studier. Utfall ble hovedsakelig målt i hjernen (n = 22), lever (n = 9), celler (n = 9), blod (n = 6), og testikler (n = 2).

Meyer (2024) vurderte disse studiene ut fra risikoen for bias med OHAT. Nivå 1 (*tier 1*) betyr lav risiko for bias (1 studie), nivå 2 er moderat risiko (19 studier) og nivå 3 betyr høy risiko for bias (38 studier). Alle kvalitetsnivåer ble tatt med i metaanalysene, men ble omtalt hver for seg.

Oversikten konkluderte med flertallet av studiene var utsatt for seleksjonsbias (manglende randomisering), bias for gjennomføring (manglende blinding¹) og/eller deteksjonsbias (store mangler i eksponerings- og utfallsvurdering). Manglende presisjon (små utvalgsstørrelser) og høy inkonsistens/heterogenitet bidro også til at effekt-estimatene ble vurdert til å ha svært lav tillit. Vi går derfor ikke detaljert gjennom alle vurderte biomarkører, men SoF-tabellen inneholder alle resultatene fra metaanalysene hos Meyer (2024) (SoF tabell 14). De narrative resultatene har vi ikke tatt med fordi de kun understreket det brokete bildet som kommer fram av tabellen.

Oksidativt stress-markører etter organ, *in vivo* eksponering

Hjerne

Effekten på biomarkører for oksiderte DNA-baser i gnagerhjerne (5 studier, $n = 98$) hadde en inkonsistent effekt, varierte fra en stor signifikant nedgang ($SMD = 3,40$ SD lavere) til en stor økning ($SMD = 2,2$ SD høyere). 2 studier i kaninhjerne ($n = 44$) varierte fra $SMD = 1,06$ SD lavere (95 % KI inkluderte 0,00) til en signifikant økning på $SMD = 5,94$ SD høyere. Effekten på biomarkører for modifiserte proteiner og aminosyrer i gnagerhjerne (15 studier, $n = 328$) varierte også fra en stor signifikant nedgang ($SMD = 6,11$ SD lavere) til en stor signifikant økning ($SMD = 5,33$ SD høyere). Effekten på oksiderte lipider i hjernen til gnagere varierte også fra en stor signifikant nedgang ($SMD = 4,10$ SD lavere) til en ikke signifikant $SMD = 1,27$ SD høyere i 1 og samme studie ($n = 56$).

Lever

Effekten på biomarkører for oksiderte DNA-baser i gnagerlever (2 studier, $n = 26$) var inkonsistent med effekter i begge retninger: $SMD = 0,71$ SD lavere og $SMD = 1,56$ SD høyere (signifikant). Effekten på biomarkører for oksiderte DNA-baser i kaninlever (2 studier, $n = 60$) var middels, men ikke signifikant ($SMD = 0,39$ SD høyere, 95 % KI: 0,79 lavere til 1,56 høyere). Biomarkører for modifiserte proteiner og aminosyrer i leveren til gnagere (6 studier, $n = 159$) økte med en signifikant SMD på 0,55 SD høyere (95 % KI: 0,06 høyere til 1,05 høyere).

Blod

Effekten av RF-EMF på biomarkører for oksiderte DNA-baser i gnagerblod (fire studier, $n = 104$) var inkonsistent, med SMD -er som varierte fra en signifikant reduksjon på 1,14 SD til en ikke signifikant økning på 1,71 SD. RF-EMF hadde ingen effekt på biomarkører for modifiserte proteiner og aminosyrer i gnagerblod (tre studier, $n = 40$), med en samlet SMD på 0,08 SD lavere. Det var en stor signifikant økning i biomarkører for oksiderte DNA-baser i gnagerplasma (to studier, $n = 38$, $SMD = 2,25$ SD høyere).

Kjønnsorganer og tymus/brissel

Det var en signifikant økning i biomarkører for oksiderte DNA-baser i testikler hos gnagere (2 studier, $n = 24$) med en SMD på 1,60 SD høyere. Effekten av RF-EMF på biomarkører for modifiserte proteiner og aminosyrer i eggstokker hos gnagere (to studier, $n = 52$) var inkonsistent med 1 moderat ikke-signifikant effekt ($SMD = 0,24$ SD

¹ Blinding: forskerne gjennomfører eksponering og avlesning av uten å vite på forhånd hvilken gruppe forsøksobjektene/resultatene tilhører, så godt det lar seg gjøre.

høyere) og 1 stor signifikant effekt (SMD = 2,08 SD høyere). RF-EMF økte biomarkører for modifiserte proteiner og aminosyrer i tymus hos gnagere (1 studie, n = 42) betydelig med en SMD = 6,16 SD høyere (95 % KI: 3,55 høyere til 8,76 høyere).

Cellestudier, *in vitro*-eksponering

RF-EMF økte oksiderte DNA-baser i gnagerceller med SMD = 2,49 SD høyere (95 % KI: 1,30 høyere til 3,67 høyere) (1 studie, n = 27). Det var en liten ikke-signifikant effekt på oksiderte lipider (1 studie, n = 18, SMD = 0,34 SD høyere).

I *in vitro*-studier i humane celler (tre studier, n = 110) var det inkonsistente økninger i biomarkører for oksiderte DNA-baser, hvor SMD-ene varierte fra 0,01 SD høyere til 7,12 SD høyere i 4 resultater (2 av dem statistisk signifikante). I gnagerceller (tre studier, n = 24) var det en ikke-signifikant stor effekt på biomarkører for oksiderte DNA-baser med SMD = 2,07 SD høyere (95 % KI: 1,38 lavere til 5,52 høyere). RF-EMF biomarkører for modifiserte proteiner og aminosyrer i humane celler (1 studie, n = 18) viste en ikke-signifikant stor effekt med SMD = 1,07 SD høyere. I gnagerceller (to studier, n = 24) ble det observert en moderat effekt på SMD = 0,56 SD høyere (ikke signifikant).

SoF tabell 14 Biomarkører for oksidativt stress (Meyer 2024)

Populasjon: Gnagere og kanin <i>in vivo</i> , humane og dyre-celler <i>in vitro</i>					
Setting: Eksperimentell eksponering, 3 OHAT bias-kategorier samlet					
Eksponering: RF-EMF, daglig 10 min til 24 timer i 1 dag til 4 uker, modulert/kontinuerlig					
Sammenligning: Kontroller med samme oppsett, men uten eksponering («sham»)					
Utfall (Meyer 2024)	Forventede absolutte effekter (95 % KI)		Retning på mulig effekt	Antall studier og eksperimentelle enheter	Tillit til effekt-estimatet (GRADE)
	Kontroller	Eksponering			
P: Forsøksdyr, E: Eksponering <i>in vivo</i>					
Oksiderte DNA-baser Målt i hjernen til gnagere	-	SMD varierte fra 3,40 SD lavere (5,15 lavere, 1,64 lavere) til 2,20 høyere (0,78 høyere, 3,62 høyere)	↔ ↑ ↓	5 XB 52 eksponert/ 46 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{2B1} 2K2 2P3
Oksiderte DNA-baser Målt i hjernen til kaniner	-	SMD varierte fra 1,06 SD lavere (2,13 lavere, 0,00) til 5,94 høyere (3,14 høyere, 8,73 høyere)	↔ ↑ ↓	2 XB 22 eksponert/ 22 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{B4} 2K2 2P3
Modifiserte proteiner og aminosyrer Målt i hjernen til gnagere	-	SMD varierte fra 6,11 SD lavere (8,16 lavere, 4,06 lavere) til 5,33 høyere (2,49 høyere, 8,17 høyere)	↔ ↑ ↓	15 XB 168 eksponert/ 160 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{2B5} 2K2 2P3
Oksiderte lipider Målt i hjernen til gnagere	-	SMD varierte fra 4,10 SD lavere (5,48 lavere, 2,73 lavere) til	↔ ↑ ↓	1 XB 14 eksponert/ 14 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{2B6} K7 2P3

		1,27 høyere (0,45 høyere, 2,10 høyere)			
Oksiderte DNA-baser Målt i leveren til gnagere	-	SMD varierte fra 0,71 SD lavere (1,80 lavere, 0,38 høyere) til 1,56 høyere (0,19 høyere, 2,92 høyere)	↔ ↑ ↓	2 XB 13 eksponert/ 13 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{2B8} 2K2 2P3
Oksiderte DNA-baser Målt i leveren til kaniner	-	SMD 0,39 SD høyere (0,79 lavere, 1,56 høyere)	↔	3 XB 22 eksponert/ 22 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{B4} K9 2P3
Modifiserte proteiner og aminosyrer Målt i leveren til gnagere	-	SMD 0,55 SD høyere (0,06 høyere, 1,05 høyere)	↑	6 XB 81 eksponert/ 78 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{2B10} K11 P12
Oksiderte DNA-baser Målt i blodet til gnagere	-	SMD varierte fra 1,14 SD lavere (2,23 lavere, 0,06 lavere) til 1,71 høyere (0,1 lavere, 3,53 høyere)	↔ ↓	4 XB 52 eksponert/ 52 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{2B13} 2K2 2P3
Modifiserte proteiner og aminosyrer Målt i blodet til gnagere	-	SMD 0,08 SD lavere (1,32 lavere, 1,16 høyere)	↔	3 XB 20 eksponert/ 20 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{2B13} K9 2P3
Oksiderte DNA-baser Målt i plasmaet til gnagere	-	SMD 2,25 SD høyere (1,27 høyere, 3,24 høyere)	↑	2 XB 19 eksponert/ 19 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{2B14} 15 P12
Oksiderte DNA-baser Målt i testiklene til gnagere	-	SMD 1,60 SD høyere (0,62 høyere, 2,59 høyere)	↑	2 XB 12 eksponert/ 12 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{2B14} P12
Modifiserte proteiner og aminosyrer Målt i eggstokken til gnagere	-	SMD varierte fra 0,24 SD høyere (0,74 lavere, 1,23 høyere) til 2,08 høyere (1,23 høyere, 2,94 høyere)	↔ ↑	2 XB 12 eksponert/ 24 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{2B14} 2K16 2P3
Modifiserte proteiner og aminosyrer Målt i thymus til gnagere	-	SMD 6,16 SD høyere (3,55 høyere, 8,76 høyere)	↑	1 XB 21 eksponert/ 21 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{2B6} K7 P12
P: Humane celler eller celler fra dyr, E: In vitro-eksponering					
Oksiderte DNA-baser Målt i gnagerceller	-	SMD 2,49 SD høyere (1,30 høyere, 3,67 høyere)	↑	1 XB 12 eksponert/ 15 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{2B6} K7 P12
Oksiderte lipider Målt i gnagerceller	-	SMD 0,34 SD høyere (0,62 lavere, 1,29 høyere)	↔	1 XB 9 eksponert/ 9 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{2B6} K7 P12
Oksiderte DNA-baser Målt i humane celler	-	SMD varierte fra 0,01 SD høyere (0,59 lavere, 0,62 høyere) til 7,74 høyere (2,24 høyere, 13,24 høyere)	↔ ↑	3 XB 56 eksponert/ 56 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{2B17} 2K18 P19

Modifiserte proteiner og aminosyrer Målt i humane celler	-	SMD 1,07 SD høyere (0,05 lavere, 2,19 høyere)	↔	1 XB 13 eksponert/ 13 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{2B6} K7 P19
Oksiderte DNA-baser Målt i gnagerceller	-	SMD 2,07 SD høyere (1,38 lavere, 5,52 høyere)	↔	3 XB 12 eksponert/ 12 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{B20} K9 P21
Oksiderte proteiner og aminosyrer Målt i gnagerceller	-	SMD 0,56 SD høyere (0,29 lavere, 1,41 høyere)	↔	1 XB 12 eksponert/ 12 kontroller	⊕○○○ Svært lav ^{2B6} P19

Design: XB = blokk/parallelldesign, blinding varierte

Pilene angir signifikante effekter rapportert for hvert utfall (↑,↓) eller ingen effekt (↔)

B Trekk for bias, evt 2 trekk

K Trekk for inkonsistens (heterogenitet), evt 2 trekk

P Trekk for presisjon, evt 2 trekk

¹ 3/5 studier i nivå 3

² I² ≥ 85 %; studier viste store effekter i begge retninger

³ n << 400, konfidensintervaller inkluderer store effekter i begge retninger

⁴ Alle studier i nivå 2

⁵ 12/15 studier i nivå 3

⁶ 1/1 studier i nivå 3

⁷ ikke mulig å vurdere på tvers av studier

⁸ Generelt høy risiko for skjevhet (nivå 2, nivå 3)

⁹ I² = 71-72 %

¹⁰ 6/6 studier i nivå 3

¹¹ I² = 51 %

¹² n << 400

¹³ 4/4 studier i nivå 3

¹⁴ 2/2 studier i nivå 3

¹⁵ I² = 17 %

¹⁶ I² = 87 %

¹⁷ 2/3 studier i nivå 3

¹⁸ I² = 83 %, studier viste enten ingen effekt eller svært store effekter

¹⁹ Konfidensintervall inkluderer 0

²⁰ 2/3 studier i nivå 2

²¹ Konfidensintervaller viste store effekter i begge retninger

Alle henvisninger til nivå er iflg. NTP-OHAT.

Samsvar med andre oversikter

En kartleggingsoversikt over tilsvarende utfall og eksponeringer omfattet langt flere eksperimenter (Schuermann & Mevissen, 2021). Den var ikke systematisk fordi de manglet søkeprofil, inklusjons/eksklusjonskriterier, ikke vurderte risiko for bias eller beregnet effektstørrelser/metaanalyse. De bare rapporterte hvilken retning signifikante resultater slo ut, med signifikansnivå på 5 % (p<0,05). Resultatene deres viste veldig stor inkonsistens (Tabell 10).

Meyer (2024) var spesifikt ute etter biomarkører som kunne detekteres i rimelig tid etter eksponering, og muligens ha klinisk nytte og bedre reproducerbarhet. Tabell 10 viser mange endepunkter som ikke kan brukes som biomarkører fordi de er kortvarige, enda mer inkonsistente og har enda mindre relevans for helseutfall.

Tabell 10 Kartleggingsoversikt oksidativt stress (Schuermann & Mevissen, 2021)

Antall studier, populasjon	Studiedesign	Eksponering	Signifikante studier og retning på effekt	Vurdering av tillit til effekt
56 cellestudier i humane celler, eller fra rotte, mus, hamster (udefinert)	Antagelig paralleldesign, fra 2010 til 2020 <i>Inkludert:</i> dose, tid <i>Mangler:</i>	700MHz - 5GHz alle typer	MDA: ↑6↓1◆1 ROS: ↑30↓1◆11 SOD: ↓5◆1↑1 NO(x): ↑6 GSH: ◆3↓4↑1	Mulig effekt, uklar relevans
70 studier i forsøksdyr: 10 i mus, 60 i rotte	søkeprofil, kvalitetsvurdering, RoB, gruppestørrelser, statistikk	700MHz - 5GHz alle typer	8-OH: ◆1 Apoptose: ↑1 CAT: ↑4↓1 GSH: ↑1◆1 LP: ↑5↓1◆2 MDA: ↑25↓1◆2 ORAC: ↓1 PCG: ↑1 ROS: ↑7 SH: ↑2 SOD: ↑1↓5 TAL: ↓1 TAS: ↓1 TOS: ↑1◆1	Mulig effekt, uklar relevans

Pilene og symbolene indikerer retningen på endringene som ble observert i studiene:

↑ økning, ↓ reduksjon, ◆ ingen endring

Endepunkter rapportert i denne oversikten:

8-OH: 8-hydroksydeoksyguanosin - en markør for DNA-skade forårsaket av oksidativt stress

Apoptose: Programmert celledød

CAT: Katalase - et antioksidantenzym

GSH: Glutation – et antioksidant molekyl

LP: Lipidperoksidering - oksidativ nedbrytning av lipider

MDA: Malondialdehyd - et biprodukt av lipidperoksidering og en markør for oksidativt stress

NO(x): nitrogenoksider

ORAC: Oxygen Radical Absorbance Capacity - et mål på antioksidantkapasitet

PCG: Protein Carbonyl Groups - markør for proteinoksidasjon

ROS: Reactive Oxygen Species - reaktive oxygenforbindelser

SH: Sulfhydrylgrupper - thiolgrupper som kan påvirkes av oksidativt stress

SOD: Superoksid dismutase - et viktig antioksidantenzym

TAL: Total Antioxidant Level - totalt nivå av antioksidanter

TAS: Total Antioxidant Status - total antioksidantstatus

TOS: Total Oxidant Status - total oksidantstatus

Spenningsregulerte kalsiumkanaler (voltage-gated ion channels - VGs)

Ionekanaler er viktige signalformidlere i nervesystemet. Om RF-EMF kan gi økt aktivitet av ionekanaler i hjernen, er det satt i sammenheng med overaktivitet (søvnlager, angst) og nevrotoksisitet, mens redusert aktivitet kan gi nedsatt signalering (satt i sammenheng med slapphet).

En oversikt fins for signaler gjennom nervekanaler som bruker «systematisk» i overskriften (Bertagna 2021). Den identifiserte 22 primærstudier, hvorav 7¹ tok for seg radiofrekvenser (RF-EMF). Ingen av disse inkluderte eksponeringer med SAR under 1

¹ Tallene i artikkelen varierer, vi vurderer ut fra studiesammendraget i Tabell 2.

W/Kg og frekvensene var 800-900 MHz. Den omfattet forskjellige cellelinjer fra forskjellige dyrearter, frekvenser, eksperimentelle teknikker/protokoller og typer ionekanaler, samt ulike utfall. Oversikten kunne ikke vurderes ved hjelp av GRADE, manglet kvantitativ analyse og konsistens mellom resultater med en narrativ sammenstilling, derfor høy risiko for bias i ROBIS.

Akutt eksponering for RF-EMF så ikke ut til å ha noen effekt (to artikler, 1 og 2 W/Kg). Etter kronisk eksponering rapporterte imidlertid 3 av 4 studier en reduksjon i kalsiumkanal-uttrykk. En studie rapporterte nedsatt evne til eksitasjon i purkinjenevroner i lillehjernen. Dette var i kontrast til effekten av ekstremt lavfrekvente EMF der kalsiumnivået stort sett gikk opp etter eksponering (vel å merke med magnetfelt på over 1 Tesla, nær MRI-nivå).

Noen få publikasjoner av høy kvalitet kunne antyde at RF-EMF ikke har noen akutt effekt, mens lengre tids eksponering (uker) antydte en nedregulerende effekt på spenningsregulerte kalsiumkanaler, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

Apoptose – programmert celledød

En kartleggingsoversikt (scoping review) (Romeo et al., 2022) inkluderte 42 studier (77 studier ekskludert pga. manglende dosimetri, temperaturkontroll og sammenlignbare kontrollgrupper, 2 var trukket tilbake). **31 av disse 42 viste ingen effekt** på apoptose, men 20 av disse var ikke gjort blindt, og 7 hadde ikke brukt positive kontroller. Kun 8 hadde tilfredsstillende eksperimentelt oppsett. **11 studier viste en effekt** på apoptose, men 8 av disse hadde ikke gjort det blindt, 10 var uten positiv kontroll, 1 studie viste temperaturøkning. Ingen resultater ble presentert om sammenhengen mellom kvalitet og utfall.

Kun 7 negative studier av RF-EMF og apoptose kan anses å ha høy kvalitet.

Det er hittil ingen holdepunkter for RF-EMF-effekter på programmert celledød.

Immuneffekter

Piszcze (Piszcze et al., 2021) (ikke systematisk) er den eneste oversikten over immunstudier med RF-EMF vi kunne finne. Den refererer mange positive, negative og null-effekter av RF-EMF-eksperimenter på et stort utvalg av immunceller.

Kompleksiteten i immunsystemet i seg selv, og i resultatene som de refererte, gjorde at forfatterne konkluderte at det var ekstremt vanskelig å velge en generell intracellulær mekanisme som kunne forklare variasjonen i cellereaksjoner mellom studier og eksponeringsbetingelser. De listet deretter opp en rekke mulige mekanismer uten å si noe om hva som kunne være mest sannsynlig.

Dongus (Dongus et al., 2022)(ikke systematisk) rapporterte fra 3 studier av immunmålinger og miljøeksponering fra RF-EMF (nært & fjernfelt), men de har alle forskjellige utfall og et par antyder signifikante effekter (% CD4⁺CD8⁺ celler (en liten T-cellepopulasjon med stor variasjon), IFN- γ) men ingen utslag på antistoffproduksjon og andre mer relevante kliniske parametere.

Hormoneffekter

EMF-påvirkning av hormonnivåer har blitt hevdet fordi hypofyse og skjoldbruskkjertel er nær mobiltelefoner under samtale.

Testikler kan kanskje eksponeres fra mobiltelefon i lomma eller i fanget under samtale/sende-modus. Testosteronmålinger i dyreforsøk har antydnet en reduksjon etter kontinuerlig RF-EMF-eksponering, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert (se under reproduksjon: Testosteronnivå hos forsøksdyr).

En ekskludert oversikt tok for seg skjoldbruskkjertelhormoner (Asl et al., 2019). Metodedelen manglet inklusjon/eksklusjon og kvalitetsvurderingen ble ikke presentert (kun at ingen studier hadde rapportert blinding («*surprisingly*», kommenterte de)). Datasyntesen visste bare opp og ned -piler, og ingen metaanalyse ble presentert selv om de anmerket svært høy heterogenitet, og refererte til en tabell som ikke eksisterte. Oversikten kan ikke ha vært fagfellevurdert.

5G, WiFi og smartmålere

Kapittelet omtaler spesielle forhold ved utviklingen av trådløse teknologier som har introdusert nye eksponeringssituasjoner som skiller seg fra vanlig mobiltelefoni. Mobiltelefonbruk karakteriseres av intermitterende eksponering nær hodet under sending, mens WiFi, tingenes internett (IoT) inkludert Bluetooth og smartmålere utgjør et lavnivå miljøeksponering. 5G vil føre med seg et endret eksponeringsbilde. Referanser her er til enkeltstudier, ikke systematiske oversikter om det ikke er skrevet eksplisitt.

WiFi bruker vanligvis 2,4 GHz og 5 GHz-båndene, med relativt kort rekkevidde og moderat effekt <100 mW. Dongus (2022) (ikke-systematisk oversikt) beskrev at WiFi bidro med mellom 2 % og 14 % av total RF-EMF-eksponering i en svensk studie, mens en sveitsisk studie beregnet at WiFi bidro med 0,2 % til hjernedose og 0,5 % til helkroppsdose.

Dongus (2022) vurderte 6 human-eksperimentelle og 5 tverrsnitt-studier med svært ulike utfall, få deltakere i enkelte studier og inkonsistente effekter. Tverrsnittstudiene utforsket typisk eksponeringsnivå langt under ICNIRPs grenseverdier og feltstyrker rundt 1V/m. Studiene viste ingen virkning på hjerterytme, blodtrykk eller andre fysiologiske parametere, og ingen akutte effekter (selv hos IEI-EMF-tilfeller). 2 forsøk i humane cellekulturer var inkludert, som ikke viste noen effekter av WiFi. Effektestimatene kan ikke tillitsvurderes, så kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

IoT-enheter opererer med Bluetooth ved 2,4 GHz i flere klasser etter bruksområde og rekkevidde, effekten varierer fra 100 mW til under 1 mW, der 2,5 mW er vanlig for datamaskiner, headsets osv (Koulouras et al., 2025). SAR verdier ligger under 1 W/Kg, men ikke mye (AirPods SAR på 0,39 W/Kg¹ – verste tenkelige scenario). Bluetooth sender hele tiden, men tjenestesyklus er rundt 1-2 % ved lytting, kanskje 10 %² ved samtaler ved bruk av airpods. Tidsvektet eksponering blir da for lytting 0,0039 W/Kg, som i hvert fall ikke kan føre til oppvarming. Stadig mer effektive Bluetooth teknologier utvikles, så eksponeringen vil stadig gå ned, akkurat slik som med mobiltelefoner (Koulouras et al., 2025).

Den europeiske utredningsgruppen SHEER hevdet at i noen boligenheter kan eksponeringen øke betydelig hvis arbeidsfrekvensen blir over 10 %, spesielt når de holdes eller brukes nær kroppen (European Commission: Directorate-General for Health and Food Safety, 2024).

¹ <https://fcc.report/FCC-ID/BCG-A2083>

² <https://novelbits.io/bluetooth-le-att-gatt-explained-connection-oriented-communication/>

5G teknologi 5G bruker hovedsakelig frekvenser som allerede er i bruk i dag. Teknologien skiller seg ut fra tidligere generasjoner ved at de kan ta i bruk høyere frekvenser og anvender andre antennesystemer. Høyere frekvenser betyr større båndbredde og mer data kan overføres raskt med mindre energi, men også kortere rekkevidde. Den nye MIMO antenne-teknologien øker kapasiteten med parallelle datastrømmer og strålebunter (beams) som fokuserer på og følger aktive brukere i stedet for å sende 360° rundt basestasjonen (som da bruker mindre energi pr dataenhet). 5G millimeterbølger krever flere basestasjoner («små celler») med cirka 250 meters avstand fordi kortere bølgelengder lett stoppes av faste objekter og vegger (Al-Falahy & Alani, 2017).

5G og eksponering kan ikke angis før systemet er i utstrakt bruk. Simuleringer har vist at fokuserte strålebunter og høyere frekvenser kan spare energi og dermed redusere miljøeksponeringen, noe som feltnålinger kan tyde på (Deprez et al., 2025). Hvordan det slår ut med økt trafikk og større utbredelse, er svært uklart. Den internasjonale elektrotekniske kommisjonen har (IEC) publisert en standard for evaluering av menneskelig eksponering i nærheten av basestasjoner, som tar hensyn til både MIMO- og stråleformingsteknologier (IEC 62232, 2022).

5G og millimeterbølger over 6 GHz Teoretiske vurderinger antyder at varmeeffekten i huden kan bli følbart og muligens føre til andre effekter som stimulering av det perifere nervesystemet (Hinrikus et al., 2022). Minst 12 studier har simulert dosimetri av millimeterbølger på forskjellige hudceller og lag. Oversikter over dyre- og cellestudier relevante for 5G har ikke påvist noen dose-respons forhold mellom eksponering og effektstørrelse (Karipidis et al., 2021; Simkó & Mattsson, 2019; Wood et al., 2021) (ikke systematiske). Studier beskrevet foran i rapporten av yrkeseksponering for radar omfattet frekvensområdet 6 til 300 GHz (millimeterbølger). Det var ikke observert uønskede effekter etter radareksponering, men kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert. Epidemiologiske studier med generell befolkning mangler, og data mangler for å konkludere for 5G effekter på hud.

Smartmålere Smartmålerne kommunikasjonsystemer har begrenset rekkevidde, de sender til hverandre for å bruke minst mulig effekt for å minimalisere interferens, og dermed minimalisere eksponering. De sender data i små pakker i korte intervaller, noe som ytterligere reduserer eksponering. De sender på frekvenser rundt 400 og 900 MHz.

Det er svært liten risiko for at smartmålere skal kunne være helseskadelige fordi eksponeringsnivåene er svært lave. Eksponeringen fra smartmålere er godt under internasjonale sikkerhetsgrenser, selv med flere enheter samlet (UK health Security agency, 2023). Til tross for feltstyrke på opptil 20 V/m på 50 cm var eksponeringen minimal på grunn av deres lave tjenestesyklus (maksimalt 1 %) og plassering (Aerts et al., 2019; Calderon et al., 2019). NKOM (nasjonal kommunikasjonsmyndighet) testet flere smartmålere og fant at de tilfredsstilte kravene. NKOMs beregninger viste at maksimalt tillatt eksponering ville blitt under 0,002 % av grenseverdiene fra hver måler dersom den ville sende på høyeste tillatte aktivitet (20 millisekunders pulser, max 20 % aktivitet). Alt er tilgjengelig på nkom.no.

Diskusjon

Hovedfunn

Vi fant 21 systematiske oversikter av høy eller moderat kvalitet vurdert med ROBIS, men tok også med 12 oversikter med lavere kvalitet for en bedre vurdering av samsvar mellom oversikter for svulstforekomst og for å få med flere vurderinger av mekanistiske studier (Tabell 2). Vi brukte resultatene fra metaanalyser der de var rapportert og ellers har vi presentert resultater narrativt. Resultat fra metaanalyser ble satt sammen i Oppsummering-av-funn-tabeller (SoF). Vi refererer våre funn sortert etter i hvilken grad vi vurderte tilliten til effektestimatene ut fra GRADE-metoden:

Når vi ser på utfall vurdert til høy tillit, basert på GRADE, finner vi at det ikke kan dokumenteres noen klare negative helseeffekter effekter som følge av RF-EMF-eksponering i denne rapporten.

Høy tillit til effektestimatene

RF-EMF-eksponering gir liten eller ingen forskjell i overlevelse i rotte- og museforsøk, selv med eksponering som kunne være over det som gir oppvarmingseffekter, og at mange forsøk innebar kombinert eksponering med kjente karsinogener. Resultatet ble vurdert som relevant for mennesker.

RF-EMF-eksponering i opptil 5 timer gir liten eller ingen forskjell i kognitiv funksjon i eksperimenter med mennesker.

RF-EMF-eksponering medfører ingen risiko for mindre kullstørrelse hos forsøksdyr, uansett eksponeringsnivå.

Moderat tillit til effektestimatene

RF-EMF-eksponering fra mobiltelefon øker sannsynligvis ikke risikoen for de vanligste svulstformene som er mistenkt for å ha sammenheng med RF, inkludert gliomer, vestibulære schwannomer, meningeomer, hjernesvulster hos barn, hypofyse- og spyttkjertelsvulster. Miljøeksponering fra RF medfører sannsynligvis ingen risiko for leukemi hos barn.

RF-EMF-eksponering gir sannsynligvis liten eller ingen forskjell i risiko for de fleste svulsttyper i rotte- og museforsøk. Viktige unntak nevnes nedenfor.

RF-EMF-eksponering under det som gir dokumenterte varmeeffekter, gir sannsynligvis liten eller ingen forskjell i risiko for fertiliteten hos hanndyr, men resultat fra flertallet av utfallene var svært usikre og kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert.

RF-EMF-eksponering vil sannsynligvis resultere i liten til ingen forskjell i fostervekt og hjernestørrelse hos avkom hos forsøksdyr.

Lav tillit til effektestimatene

RF-EMF-eksponering gir muligens liten eller ingen forskjell i risiko for andre svulsttyper enn de som er nevnt over hos mennesker

RF-EMF-eksponering kan muligens gi i en liten økning i resorberte fostre og misdannelser hos forsøksdyr.

Alle 4 oversikter over funn i dyreforsøk konkluderte at resultatene var utilstrekkelige for å konkludere om helseeffekt på mennesker.

Kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert (svært lav tillit) for RF-EMF effekter på:

- Reproduksjon hos kvinner/utviklingseffekter (1 av 8 signifikant)
- Reproduksjon hos menn (små og ikke signifikante)
- Spermiekvalitet hos menn (to signifikante effekter)
- Spermiekvalitet og testikkelmålinger hos dyr (mange signifikante effekter)
- Kognitive effekter i epidemiologiske studier (veldig små effekter)
- Atferdseffekter i dyreunger
- Fysiologiske reaksjoner i menneske
- Selvrapporterte symptomer i befolkningsstudier, noenlunde likt om de eksponerte betegnet seg selv om IEI-EMF eller ikke
- Mekanistiske studier. Store effekter kunne registreres i begge retninger for ett og samme utfall, og kvaliteten på flertallet av studier er så dårlig at de ikke bidrar til kunnskapsgrunnlaget.

Er kunnskapsgrunnlaget dekkende og anvendelig?

Vi vurderer at kunnskapsgrunnlaget er dekkende for dagens status for RF-EMF og helse. Oversiktsforfatterne, og vi, hadde lav eller svært lav tillit til mange av effektestimatene, men likevel er kunnskapsgrunnlaget anvendelig fordi samme hovedproblemstilling ble dekket gjennom epidemiologiske og eksperimentelle studier.

Vi inkluderte oversikter som vurderte alle typer populasjoner (voksne, barn, ungdom), alle dyrearter, alle typer eksponeringer (mobiltelefon, trådløs telefon, miljømessig RF-eksponering fra faste sendere, yrkesmessig RF-eksponering og eksponering fra simulatorer). Vi inkluderte den beste og nyeste systematiske oversikten for hvert hovedtema, og alle kombinasjoner for eksponering og utfall er rapportert. Resultater fra andre systematiske oversikter ble tatt med i vurderingen av svulstrisiko der det var avvikende konklusjoner og andre kombinasjoner av eksponering og utfall.

Av grå litteratur gikk vi gjennom en rekke offentlige utredninger og noen argumentsamlinger fra interesseorganisasjoner, men brukte ikke disse til kvantitative vurderinger av effekter.

Vi vurderte alle typer sammenligningsgrupper mot kontroller, unntaksvis mellom forskjellige eksponeringsnivåer. Vi vurderte også eksponering/dose-respons kurver.

Vi vurderte i utgangspunktet alle typer utfall fra systematiske oversikter med (sannsynlig) lav risiko for bias, vi tok også med oversikter med uklar eller høy risiko for bias dersom utfallet var viktig og en sammenligning med «beste og nyeste» oversikt var rimelig.

Vi fant systematiske oversikter av tilstrekkelig kvalitet og lav bias for hovedutfallene: svulstforekomst, reproduksjon, kognitive funksjoner og selvrapporterte symptomer. De mest kritiske og viktige utfall ble dekket av epidemiologiske studier hos menneske, men forfatterens tillit til estimatene var generelt lavere enn i eksperimentelle studier (unntatt for svulst-oversiktene, der tilliten var akseptabel). Funn fra dyreforsøk baserte seg ofte på mange eksperimenter og studier. En styrke med dyrestudiene var at de omfattet et vidt spekter av eksponeringsnivåer, slik at det var mulig å vurdere dose-respons. En ulempe med dyrestudiene var at estimer for eksponering under grenseverdiene ofte var av lav kvalitet på grunn av utilstrekkelig dosimetri eller rapportering, men også høy risiko for bias – ettersom det var en gjenganger at studier med lav eksponering ofte fikk de største effektene.

Diagnostiske metoder, effektmål og statistikk var overveiende relevant. GRADE-vurderingen i de fleste WHO-støttede oversiktene over epidemiologiske/populasjonsstudier starter med moderat tillit. GRADE håndboka sier lav tillit, men da ville nesten alle utfall i denne sammenhengen endt med svært lav tillit til estimatene og ingen mulighet til å vurdere forskjeller i styrke.

Begrensninger i datamaterialet skyldtes oftest lav studiekvalitet og høy risiko for bias i primærstudiene. Studiekvalitet handler om hvordan data ble samlet, målt, analysert, og er en bred vurdering av metodikk og relevans. Risiko for skjevhet (bias) handler om resultatene kan være systematisk skjeve og mulige trusler mot intern validitet.

Oversiktene endte ofte opp med få gode studier for metaanalyser av eksponering/utfall kombinasjoner. Derfor kunne GRADE-vurderingen tilsi trekk for tillit til estimatene, selv om narrative holdepunkter kunne støtte en sikrere vurdering.

I mange tilfeller har RF-EMF hatt en gunstig effekt. Selv om det kan ha vært en sann effekt, kan det like fullt være en følge av tilfeldig spredning av null-effekter der positive effekter oppstår ved en tilfeldighet (som for eksempel kan tenkes med hjerne og hjertesvulster i rotteforsøkene). Vi utelukket i utgangspunktet studier som handlet om terapi og hypoteser om terapeutiske effekter, da vi vurderte at det ikke ville gi informasjon om relevante eksponeringsnivåer. Det fins terapeutiske eksperimenter som testet ikke-termiske effekter av RF, men ingen har vurdert kvaliteten på slike studier.

Kan vi stole på kunnskapsgrunnlaget

Risiko for systematiske feil i primærstudier og oversikter

Vi brukte ROBIS-sjekklisten for å vurdere systematiske oversikter. Verktøyet er primært utviklet for å vurdere risiko for bias i systematiske oversikter, men inkluderer også vurdering av metodologisk kvalitet og validitet av inkluderte oversikter. Det tok tid for oss å kunne skille enkelte kontrollspørsmål fra hverandre, og slike uklårheter åpner for ulike vurderinger av forskjellige personer. Klarere kriterier ville gjort det enklere å komme fram til et veldokumentert standpunkt. ROBIS fokuserer på risiko for bias i systematiske oversikter, mens verktøyet AMSTAR 2 retter seg mer mot den metodologiske kvaliteten – som ofte oppleves enklere å vurdere i praksis. Etter pilot-testing og anbefaling fra fagfeller valgte vi likevel ROBIS, som også anbefales av Kolaski (2023).

Før 2023 hadde vi kun et par systematiske oversikter med lav risiko for bias i ROBIS, og vår paraplyoversikt ville vært mye dårligere fundert. Først i 2023-2025 fikk vi de WHO-initierte oversiktene pluss noen andre godt dokumenterte oversikter som tillot bedre vurderinger. Det er viktig å huske på at kvaliteten på systematiske oversikter har bedret seg over tid i tråd med evalueringsverktøyene ROBIS, OHAT og GRADE.

ROBIS-spørsmålstillingene krevde at vi mange ganger måtte gå inn på datagrunnlaget for GRADE-vurderingene i de nyeste og beste oversiktene. Et eksempel: Oversiktene over dyrestudiene vurderte alle eksponeringsnivåer, mens vi var mest interessert i studier med eksponering *under* grenseverdiene. Subgruppeanalyser for ulike SAR-kategorier eller dose-respons analyser var ikke alltid gjennomført på grunn av manglende data. Vurdering av enkeltstudier var ofte avklarende fordi vi kunne forkaste studier som var irrelevante for vårt spørsmål. Den andre grunnen til kryss-sjekking var for å vurdere hvordan oversiktene over populasjonsundersøkelser kombinerte de ulike effektmål i primærstudiene. Der kunne vi ofte bare vurdere dokumentasjonen og ikke detaljene, som i eksponering-respons kurvene til for eksempel Rööslis (2024). I noen tilfeller har vi kommentert og lagt til vurderinger av forfatterens konklusjoner ut fra vår gjennomgang, mest på grunn av svake primærstudier. 3 ganger har vi kommunisert med oversikt-forfattere, men aldri på grunn av systematiske feil. 2 ganger har vi kontaktet forfattere av primærstudier uten å få svar (Shahin og Lerchl).

Oppgitte søkeprofiler ble flere ganger prøvekjørt i PubMed for å få et inntrykk av om de var dekkende, men det var ikke mulig å vurdere hvilke som tilfredsstilte inklusjons- og eksklusjonskriteriene med en loddrett gjennomlesing.

Vi identifiserte flere primærstudier i de beste oversiktene som vi selv ikke ville hatt med fordi studiene hadde kritiske mangler både med hensyn til kvalitet og bias, noe vi også har kommentert noen steder. Karipidis/Rööslis liste (Karipidis 2024, Tabell 5) var til stor hjelp for å få en oversikt over hvordan de ulike andre oversiktene hadde valgt ut studier, og hvilken betydning nyere studier kan ha hatt. Bortsett fra at NTP-studiene burde vært med i reproduksjons-oversiktene til Cordelli (2023,2024), har vi ikke registrert at gode primærstudier har blitt oversett i de beste og nyeste oversiktene.

Utfyllende bevis i tillegg til metaanalysene

Komplementær evidens ble spesifikt vurdert for svulst-risiko, der resultatene fra observasjonsstudier ble sammenstilt med andre kilder for å vurdere relevansen av egne funn. Vi vurderer at trianguleringen til Karipidis (2024) var både transparent og relevant. Andre oversikter over svulstforekomst hadde stor risiko for bias i tilsvarende forsøk.

Kausalitet i lys av Hill-kriteriene

Bradford Hill (Hill, 1965) definerte et sett kriterier som ble brukt for å vise at tobakk medførte kreft. Kriteriene har blitt brukt i sammenheng med RF-EMF og kreft (Prasad et al., 2017). Hill-kriteriene var utviklet for å støtte kausalitet i epidemiologiske studier, som har spesielle utfordringer med hensyn på kausalitet. Fravær eller svakhet i flere kriterier kan muligens svekke troverdigheten til en foreslått kausal sammenheng, og det er en sammenheng mellom Hill og GRADE, noe NTP har vurdert (Tabell 11).

Tabell 11 OHAT/Grade sett i forhold til Hills kriterier

Hill-betraktning	Forhold til OHAT-tilnærmingen
Styrke	Vurdert ved oppgradering av tillit til evidensgrunnlaget ved stor effektstørrelse og ved nedgradering av tilliten for manglende presisjon.
Konsistens	Vurdert ved oppgradering av tillit til effektestimaterne ved konsistens på tvers av studietyper, på tvers av ulike populasjoner, eller på tvers av dyrearter; og ved integrering av evidensgrunnlaget mellom human-, dyre- og andre relevante data; også ved nedgradering av tillit til evidensgrunnlaget ved uforklart inkonsistens.
Spesifisitet	Ikke vurdert i OHAT manualen.
Temporalitet	Vurdert i innledende tillitsvurderinger gjennom nøkkelaspekter ved studiedesign; for eksempel har eksperimentelle studier en innledende vurdering på Høy tillit fordi det er klart at den kontrollerte eksponeringen gikk forut for utfallet. Epidemiologiske studier (som kohort/kasus-kontroll) kan ikke være like klare.
Biologisk gradient	Vurdert ved oppgradering av tillit til effektestimaterne ved evidens for en dose-respons-sammenheng.
Biologisk plausibilitet	Vurdert ved undersøkelse av dose-respons og utvikling av tillit på tvers av biologisk relaterte utfall, spesielt utfall som passer med en sykdomsutvikling. Andre relevante data som fysiologisk basert kinetiske og mekanistiske studier, vurderes ved integrering av biologisk plausibilitet. Og motsatt nedgraderes tilliten til effektestimaterne ved indirektehet, som for eksempel når sædprøver fra menn som oppsøker fertilitetsklinikker testes for spermienes følsomhet for mobiltelefoner.
Koherens	Ikke vurdert i OHAT manualen.
Eksperimentell evidens	Vurdert ved fastsetting av innledende tillitsvurderinger gjennom nøkkelaspekter ved studiedesign og nedgradering av tillitsvurderingen for bias-risiko.
Analogi	Ikke vurdert i OHAT manualen.

I motsetning til Hill, starter GRADE med høyest mulig tillit avhengig av studietype og deretter gis det trekk for mangler. Den samlede tilliten til effektestimater fra mange studier blir deretter grunnlaget for å konkludere med evidens for helseeffekter. ROBIS brukes til å vurdere oversiktene ut i fra bias og kvalitetskriterier. Alt er transparent og dokumentert.

De aller fleste kriteriene for en kausalitet er i dag mye svakere underbygget enn i 2017.

Styrker ved vår oversikt

Vi har vurdert mange oversikter med lav risiko for bias, god kvalitet og gjennomslutlig dokumentasjon. Vi har tatt med vurderinger fra systematiske oversikter med større risiko for bias for å illustrere likheter og forskjeller mellom oversikter som kom til forskjellige konklusjoner. Når det gjelder epidemiologiske studier av svulstforekomst var det flere oversikter med ulik risiko for bias som kom til ulike konklusjoner. Noe liknende gjaldt for spermie-studier, der alle andre oversikter hadde høy risiko for bias. Dessverre fant vi ingen andre systematiske oversikter nyere enn 2012 over IEI-EMF eller kognitive effekter.

En annen styrke er at vi i hovedsak har rapportert ingen eller kun en liten endring i risiko for helseeffekter etter RF-eksponering.

Svakheter som kan ha åpnet for bias

Vi har gjort anmerkninger og revurderinger i flere tilfeller. Av og til har vi kjørt en ny metaanalyse. Uansett medførte det en risiko for bias ettersom vi ikke har gjort dette for alle oversiktene, kun der vi ønsket å vurdere effekten av spesielle studier eller bruken av delte kontrollgrupper. Vi har alltid beholdt forfatternes originale estimer/vurderinger i SoF-tabellene, og eksplisitt nevnt våre vurderinger i teksten.

Innimellom fant vi feil i oversiktene, og i ett tilfelle fikk forfatterne rettet opp sin metaanalyse etter vår kommentar. Andre feil har vi vurdert som trivielle og kanskje anmerket det her, men de har hatt liten betydning for estimer og konklusjoner. Det har neppe medført økt risiko for bias.

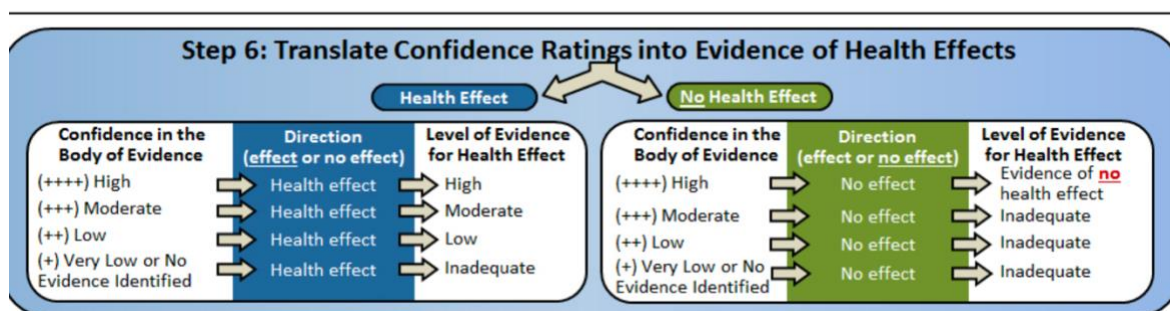
En mulig risiko for bias er at vi har vurdert alle oversiktene som kom ut av WHO initiativet, som «nyeste og beste». Mange av forfatterne er tilknyttet nasjonale eller internasjonale ekspertpaneler som har risikovurdert RF-EMF, og funnet manglende evidens for helseeffekter under tiltaksgrensene (SCHEER, ICNIRP). Hver oversikt har blitt gjort av et internasjonalt sammensatt team av aktive forskere. Oversiktene var vanligvis også best fordi alt var gjennomslutlig for leserne med omfattende dokumentasjon, inkludert mulige interessekonflikter. Metoder og verktøy for å gjøre systematiske oversikter er tilgjengelige for alle, det er bare for andre forskere å ta dem i bruk.

En annen svakhet som kan ha medført bias er at så mange av primærstudiene var av dårlig kvalitet i rapportering og dokumentasjon, til tross for at det fins retningslinjer eller standarder for rapportering og gjennomføring av studier på de fleste forskningsfelt. Mangel på dose/eksponering-respons, eller til og med tendenser til omvendt dose-respons, hang ofte sammen med lav kvalitet. Mange ganger mente vi at oversiktforfatterne var for milde i sine vurderinger av primærstudier, og at det kan ha hatt en bias i retning av falske positive estimer.

Systematiske oversikter har en asymmetrisk evidensstandard

GRADE -systemet er i utgangspunktet sunt fordi det starter med høyeste tillit til en hypotese, og trekker ned der data ikke støtter hypotesen. Men hypotesen blir ikke avvist. En grunnleggende svakhet ved GRADE/OHAT og systematiske oversikter generelt er den asymmetriske behandlingen av positive versus null-effekter. OHAT tillater riktignok å konkludere med null effekt gjennom kategorien "evidence of no health effect", (kun brukt 1 gang i denne rapporten – overlevelse i kreftstudier med dyr).

OHAT Handbook (March 4, 2019)



Figur 8 Asymmetrien i bevisbyrde med GRADE/OHAT (NTP 2019)

Moderat eller lav tillit kan være tilstrekkelig for å foreslå en sannsynlig eller mulig risiko. For å konkludere med ingen effekt aksepteres kun høy tillit. Resultatet blir derfor en systematisk skjevhet mot evig usikkerhet i vårt tilfelle, der tilliten til null-estimatene stort sett er lav og svært lav.

GRADE-rammeverkets forhindrer konklusjoner om *ingen effekt* i miljøhelseforskning. For RF-EMF-studier resulterer dette typisk ved automatisk nedgradering for heterogenitet fordi resultater spriker mellom studier som sjelden er signifikant forskjellige fra en null-effekt. Trekk for presisjon for brede konfidensintervaller er vanlig i observasjonsstudier. Utfordringer med eksponeringsmåling/beregning gir trekk for bias, indirekthet eller manglende presisjon, avhengig av forfatterne. Et overveldende flertall av utfall viste null effekt. Likevel ender man i kategorien "utilstrekkelig evidens" fremfor "ingen effekt påvist".

Det betyr også at epidemiologiske studier aldri kan bidra til en endelig konklusjon, ettersom de starter med lav eller moderat tillit.

Denne systematiske skjevheten har kritiske implikasjoner: Effekt-tilhengere har alltid en sak fordi det alltid er en lav terskel for å hevde mulige effekter mens terskelen for å konkludere med ingen effekter er umulig høy.

Ockhams barberkniv

Ockhams barberkniv (Sober, 2015) handler om at når 2 hypoteser stiller likt, da er det mest sannsynlig at den enkleste er den riktige.

I vurderingen av både mekanistiske og epidemiologiske data for RF-EMF finnes det en rekke effekter i begge retninger, noen signifikante, andre ikke. For celle- og vevsstudier gjelder dette markørene studert for oksidativ skade, der både økt og redusert aktivitet rapporteres under liknende eksponeringsforhold. Effekter i genotoksiske tester kunne best forklares med antall manglende eksperimentelle kontrolltiltak. Narrative oversikter over andre mekanisme-studier rapporterte det samme. Dette mønsteret gjør

det vanskelig å formulere en hypotese om retning på effekten, og tyder på metodisk og eksperimentell variasjon snarere enn en reell biologisk mekanisme som ikke har noe målorgan eller -vev.

Et lignende mønster kunne ses i kasus-kontroll-studier av svulstrisiko. Forekomsten av meningeomer ble rapportert å være lavere hos mobilbrukere enn hos ikke-brukere, som ble vurdert av forfatterne som ikke plausibel og resultat av bias. For vestibulære schwannomer svingte RR rundt null. For gliomer viste studiene i denne rapporten en tendens i retning av økt risiko, mens resultatene for ipsi- og kontralaterale gliomer var preget av at kontralaterale tumorer viste redusert risiko. (Ikke inkludert i Karipidis (2024) på grunn av høy risiko for bias, men i Wang (2018) og Chen (2021)). Svulststudier i dyreforsøk kan også vurderes på samme måte.

Mønster ble sett i eksperimentelle studier av kognitive funksjoner hos mennesker. Selv om tilliten til ingen økt risiko var høy, ble det rapportert både økt og redusert hastighet og nøyaktighet i ulike testmetoder etter RF-EMF-eksponering.

GRADE/OHAT åpner ikke for å trekke slutninger når motstridende funn spriker i retning og styrke. Metoden skal beskytte oss mot forhastede slutninger om ingen effekt. I vår rapport er den mest rimelige tolkningen at den store variasjonen i observerte effekter reflekterer tilfeldige eller metodiske variasjoner, og ikke en systematisk helseeffekt av RF-EMF.

Ockhams barberkniv tilsier at nullhypotesen er riktig.

Vår konklusjon er at mangelen på evidens for helseeffekter under grenseverdiene er sterke holdepunkter for ingen økt risiko ved disse eksponeringsnivåene. Riktig nok taler OHAT/GRADE-vurderingssystemet imot å trekke slike konklusjoner, noe Karipidis (2024) og Pinto (2023) problematiserte i diskusjonen av egne resultater.

Overensstemmelse med andre utredninger

Offentlige utredninger er samstemte i at det ikke er noen klar evidens for helseeffekter av svake RF-EMF.

USAs mat og legemiddeltilsyn om kreft og RF-EMF (FDA, 2020):

Rapporten er en narrativ gjennomgang av litteratur publisert mellom 2008 og 2018 med søkeprofil, inklusjonskriterier og effektstørrelser, men ellers ingen kvalitetsklassifisering eller metaanalyse. Det er vanskelig å finne fram til hva de la mest vekt på i sine vurderinger. Hver studie ble kort oppsummert etterfulgt av en detaljert vurdering av studiesvakheter og begrensninger.

FDAs konklusjon på dyreforsøk: (37 fagfellelvurderte studier + 4 NTP (2018) studier)

Det var ikke klare bevis for at RF-EMF har noen effekt på svulstdannelse.

Gjennomgangen rapporterte en rekke begrensninger fra *in vivo*-studiene, blant annet mangel på vurdering av dyrenes kroppstemperatur og metodeproblemer, prøvehåndtering og prøveevaluering. Videre hevdet de at *in vivo*-studiene ikke kunne brukes til å trekke konklusjoner om virkningen av RF-EMF på mennesker.

FDAs konklusjon på epidemiologiske bevis (69 studier): Det var ingen kvantifiserbar årsakssammenheng mellom RF-EMF-eksponering og tumorutvikling. Videre diskuterte de grundig noen av de iboende begrensningene i epidemiologiske studier, inkludert unøyaktig eksponeringsvurdering og hukommelsesskjevhet. De

hevdet også at flere befolkningsundersøkelser ikke vil gi ny kunnskap eller økt tillit til effektestimatene om ikke studiene ble kvalitativt bedre.

FDAs vurdering av de 4 NTP-studiene om svulsteffekter som følge av RF-eksponering på rotter og mus, er oppsummert i [Vedlegg 4](#):

SCHEER, EUs Vitenskapskomite for helse, miljø og nye risiko, (European Commission: Directorate-General for Health and Food Safety, 2024, 2025) kunne ikke identifisere klare sammenhenger mellom svak RF-EMF-eksponering og:

Kreft og svulster:

- Kohortstudier fant ikke økt risiko for gliom eller meningiom blant mobilbrukere
- Dyrestudier (inkludert NTP) viste noen effekter ved høy eksponering, men relevans for mennesker er usikker
- Ingen overbevisende bevis for økt kreftrisiko ved eksponeringsnivåer under grenseverdiene

Reproduksjon:

- Ingen påviste skadelige effekter på reproduksjon ved ikke-termiske eksponeringsnivåer
- Noen dyrestudier viste effekter på mannlig fertilitet ved høy eksponering (>4 W/Kg), men disse har metodologiske svakheter
- Epidemiologiske studier om mobilbruk under graviditet viste ingen effekt på barns kognitive utvikling

Nervesystem og kognitive effekter:

- EEG-studier viste små endringer i alfa-båndet (8-13 Hz) og søvnspindler (10-14 Hz) ved SAR<2 W/Kg
- Ingen evidens for at disse endringene har helsemessig betydning
- Motstridende funn om effekter på kognitive funksjoner
- Ingen konsistente bevis for nevrodegenerative sykdommer

Selvrappporterte symptomer og IEI-EMF:

- Ingen påvist årsakssammenheng mellom RF-eksponering og symptomer
- Dobbeltblinde studier tyder på at «nocebo-effekten» (forventning om symptomer) er viktigere enn selve eksponeringen
- Metodologiske utfordringer i epidemiologiske studier (seleksjonsskjevhet, rapporteringsskjevhet, dårlig eksponeringsvurdering)
- Vanskelig å skille mellom RF-effekter og andre faktorer ved mobilbruk (for eksempel søvnmangel ved nattlig bruk)

Begrensninger anmerket av SCHEER:

- Mange studier har metodologiske svakheter
- Standardisering av eksponeringsmål er vanskelig
- Få gode studier på langtidseffekter, kohorter med få kasus
- Fremdeles vanskelig å måle RF-eksponering i epidemiologiske studier

De peker også på at 5G skaper situasjoner hvor strålefokusering eller intens pulserende stråling kan øke eksponeringen i korte perioder, noe som trenger videre studier.

En rekke offentlige utredninger (Canada, Australia, New Zealand, Sverige) har ikke funnet klare bevis for økt helserisiko. Health Netherlands har laget 3 utredninger om RF-EMF og kreft og en om mulig fare (hazard) med 5G.

Resultatenes betydning for praksis

Grensenivåene gir etter all sannsynlighet tilstrekkelig beskyttelse av befolkningen mot helseeffekter av RF-EMF. Likevel må RF-EMF-eksponering, særlig ved radikalt ny teknologi, følges opp. IEI-EMF er en tilstand som kan gjøre folk veldig syke, og må følges opp med rådgivning, spisset forskning og mulig kognitiv terapi.

5G må følges opp med målinger

5G medfører mulig bruk av millimeterbølger over 6 GHz. Det betyr mindre penetrasjon i kroppen, men huden blir mer eksponert og organer mindre eksponert. Studier av mm-bølger er dårlig oppsummert, det meste er *in vitro* og lider av at så få følger protokoller og ikke vektlegger studiekvalitet. Verken dyreforsøk eller epidemiologiske studier inkludert i denne parapyoversikten har med mm-bølge eksponering, unntatt 1 begrenset oversikt over radar-effekter. SCHEER (2024) har vurdert 5G-teknologien. Health Netherlands (2020) vurderte studier i forhold til mulig fare ved 5G og konkluderer at kunnskapen om mm-bølger mangler.

MIMO-teknologi betyr fokuserte stråler som kan bety økt eller reduserte eksponering. NKOM følger dette opp (nkom.no), og vi er enige i at dette må ha prioritet. WHO/IARC sitt 5G prosjekt forventes å komme med flere resultater i den nærmeste tid, det er allerede kommet mange publikasjoner om dosimetri og modellering.

Subjektive symptomer og IEI-EMF

IEI-EMF er en plage som tas alvorlig, men ingen eksponerings-reduserende tiltak kan forventes å ha noen kurerende effekt annet enn som placebo. Det er rapporter som omtaler IEI-EMF og multippel kjemisk sensitivitet som beslektede tilstander, noe talspersoner for EMF som årsaken til el-overfølsomhet understreker (Belpomme & Irigaray, 2022).

Det foreligger ingen mekanistiske data som støtter opp under en fysiologisk effekt av RF-EMF (se vurderingen av

Oksidativt stress).

Nocebo/betinget læring er en forklaringsmodell for hvorfor IEI-EMF personer har disse sammensatte, men likevel svært forskjellige, plagene (Bosch-Capblanch et al., 2024; Eltiti et al., 2018; Schmiedchen et al., 2019; Verrender et al., 2018). **Nocebo-effekten** er et fenomen hvor en person opplever negative symptomer eller forverring av en tilstand etter å ha blitt utsatt for en behandling eller et stoff som ikke har noen skadelig effekt. Dette skjer fordi personen forventer å oppleve negative effekter, basert på informasjon eller tro de har fått på forhånd. Dette er et helt normalt reaksjonsmønster som kan gi uheldige effekter, i motsetning til placebo som gir gode effekter. Placebo er en sentral årsak til at vi kan kjøpe oss lykkelige eller bli friske av medisiner som egentlig ikke har noen effekt.

En annen forklaringsmodell er **attribusjonsmodellen** (Dieudonne, 2020), som går ut på at IEI-EMF-personer tilskriver sine uspesifikke fysiske symptomer spesifikt til elektromagnetiske felt. Modellen skiller seg fra nocebo-modellen ved at symptomene oppstår først, deretter søker personen en forklaring og tilskriver dem til EMF. Ved nocebo kommer negative forventninger først og negative symptomer kommer etterpå. Det kan skje etter å ha blitt informert om mulige EMF-virkninger. Nocebo er en direkte fysiologisk respons på negative forventninger. De 2 mekanismene kan gjerne operere parallelt når en person først mener eller tror at han/hun er el-overfølsom. Primærårsaker til symptomene kan være diagnostiserbare sykdommer, eller helseplager som legen ikke finner ut av, siden symptomer må være til stede før de attribueres til noe.

Andre forskergrupper jobber med ulike andre hypoteser om håndtering av IEI-EMF, for eksempel (Van Den Bergh et al., 2017).

Mange personer med IEI-EMF vil tolke forslag om psykologiske årsaker til deres symptomer som truende for eget selvbilde, noe som kan skape motstand mot slike forklaringer. Ved en vurdering av IEI-EMF personer vil det være nyttig å kunne skille mellom attribusjon og nocebo. En tilnærming til attribusjon vil innebære å endre hvordan pasienten tolker og forklarer eksisterende symptomer, ofte gjennom kognitiv restrukturering. En tilnærming til nocebo vil innebære å tolke og håndtere pasientens forventninger og redusere angst for eksponering.

Dieudonne (2020) og Van den Bergh (2017) har diskutert disse forklaringsmodellene i detalj.

ALARA eller føre-var-prinsippet

Det kan innvendes at dersom vi har mistanke til at slike mindre eksponeringsendringer medfører helsefare, så er sikkerhetsmarginene for mobiltelefonbruk for små. Men vi snakker om varmeeffekter som er mindre enn fysiske anstrengelser som fører til svette og sauna, der vi ikke har grenseverdier. For slike aktiviteter bruker vi selv ALARA-prinsippet («så lavt som rimelig oppnåelig») for å håndtere risiko fordi vi ikke kan identifisere et trygt oppvarmingsnivå. ALARA er basert på forståelsen av at ingen eksponering er helt uten risiko. Prinsippet kan brukes i kombinasjon med grenseverdier og andre tiltak, slik det gjøres i andre typer strålevern. Heri ligger at grenseverdier kan være retningsgivende så lenge de ikke er feil.

Føre-var-prinsippet gjelder når følgende betingelser er oppfylt (Fenstad & Matsuura, 2005):

- det foreligger betydelig vitenskapelig usikkerhet
- det finnes scenarier (eller modeller) for mulig skade som er vitenskapelig rimelige, basert på plausibel vitenskapelig begrunnelse
- usikkerheten kan ikke reduseres på kort sikt uten samtidig å øke uvitenheten om andre relevante forhold
- den potensielle skaden er tilstrekkelig alvorlig, irreversibel eller på annen måte moralsk uakseptabel for nåværende eller fremtidige generasjoner
- det er behov for å handle nå, ettersom effektiv motvirkning senere vil være vesentlig vanskeligere eller mer kostbar.

Vi vurderer at usikkerheten er metodisk, og at en potensiell helserisiko er utilstrekkelig dokumentert. Den kan reduseres gjennom videre forskning uten at dette medfører tap av innsikt på andre områder. Eventuelle skader er verken dokumentert som alvorlige, irreversible eller moralsk uakseptable for nåværende eller fremtidige generasjoner.

Det finnes per i dag ikke indikasjoner på at en utsettelse eller begrensning av eksisterende teknologi vil forhindre en identifisert risiko, og det er dermed ikke behov for føre-var-tiltak utover grenseverdiene som er basert på termiske effekter. En mulig bruk av føre-var-prinsippet kan bety fortsatt overvåking av forskningen og prioritering av studier med høy metodisk kvalitet, mer i tråd med Den nasjonale forskningsetiske komité for naturvitenskap og teknologi (NENT) (NENT, 2024).

Føre-var-prinsippet bør ikke brukes til restriktive tiltak i fravær av dokumentert risiko.

Kunnskapshull

Dyrestudier av fertilitet med bedre kvalitet og relevans

Alle oversikter over dyrestudier konkluderer med at effektestimatene gir lav eller utilstrekkelig evidens for betydningen for human helse. Cordelli (2024) har en lang liste med forbedringer som kan gjøre fertilitetsstudier bedre, men da må studiene gå rett på fertilitets- og utviklingsutfall. Da vil man også kunne få ut risikoberegninger som kan brukes for mennesker på samme måte som man gjør det for kjemikalier og farmaka. Spermiestudier bør forbeholdes kohortstudier.

5G byr på utfordringer med dosimetri og effekter på hud

Foster et al. pekte på nye aspekter med 5G som må følges opp:

Vurdering av miljøeksponering fra MIMO-antennner. Eksponeringsvurdering for sendere som bruker MIMO-antennner er mer kompleks enn for konvensjonelle antenner, hvis stråler er faste i rommet. En tilnærming er å bruke statistiske metoder for å beregne fordelinger av eksponering, og dette studeres for tiden av IEC/IEEE ad hoc-komiteer, samt utstyrsprodusenter. Statistisk eksponeringsvurdering vil kunne være vanskeligere å forholde seg til enn eksponeringsberegninger for antenner med faste stråler, der strålingsmønstre er offentlig tilgjengelige og beregningsmetoder er spesifisert. Alle de store teleoperatørene i Norge - Telenor, Telia, og Ice - bruker MIMO-teknologi i sine 5G-nettverk.

Bedre dosimetri ved frekvenser > 6 GHz. Bestemmelse av absorpsjonen av RF-energi i huden fra kilder nær kroppen ved frekvenser > 6 GHz kompliseres av den grunne penetrasjonsdybden i vev. Ved disse høye frekvensene gir den innfallende

effektettheten på hudoverflaten, som utledes fra antennens utgangseffekt og retningsvirkning, et unøyaktig mål på den absorberte energien i vev. Dette vil kreve utvikling og validering av nye metoder for samsvarsvurdering for håndholdte enheter som skal brukes nær eller mot kroppen, et problem der forskning pågår i EU-regi (Delidimitriou et al., 2024; Seawave project, 2025).

Nye hensyn til inter- og intrasubjekt variabilitet. Regulatoriske grenser er uttrykt i form av absorbert effekt i vev, som i praksis estimeres ved beregninger eller måles på fantommateriale brukt til å simulere vev eller numeriske simuleringer. Imidlertid endres de elektriske egenskapene til vev nær kroppens overflate, og dermed absorpsjon av RF-energi. Variasjoner i hudens blodgjennomstrømning og fuktighetsinnhold, tykkelsen på hud- og underhudsvevlag, og andre faktorer spiller inn. Mer arbeid er nødvendig for å etablere prosedyrer for å vurdere samsvar av mm-bølgeenheter brukt mot kroppen på grunn av høy forventet variabilitet i de små volumene av eksponert vev ved slike frekvenser.

Slike emner er tema for SEAWave-konsortiet i EU-regi:

- Dosimetri i hud: Kommende forskningsprosjekter vil se mer på millimeterbølge-eksponering som kan føre til temperaturøkning i et mikroskopisk hudområde. Studier (*in vitro*, dyre- og humane studier) om helserisiko.
- Kreftfremkallende effekt ved millimeterbølge-oppvarming i huden.
- Allmennhetens oppfatning av eksponering: forståelsen av og hvordan 5G eksponering oppfattes annerledes enn eksponering av 2-4G teknologi, og hvordan kommunisere eksponerings-risikoen av millimeterbølge.

IEI-EMF

I løpet av de siste ti år har mange arbeidshypoteser blitt framlagt, og detaljerte forslag til forbedringer av studiedesign har kommet. Metoder for å sammenfatte selvrapporterte uspesifikke symptomer til noe målbart er prøvd ut. Rösli (2024) anbefaler å gjennomføre kohortstudier der også andre hypoteser enn RF-eksponering vurderes, der eksponering fra alle kilder må måles/simuleres på forhånd og underveis, og relevante biologiske mekanismer for selvrapporterte symptomer studeres. Uten nye innovative metoder vil nye studier ikke styrke kunnskapsgrunnlaget (Rösli 2024).

Mekanistiske studier

Vår rapport har ikke funnet evidens for at det fins biomarkører for RF-eksponering, eller at RF-EMF-eksponering påvirker molekylære eller cellulære mekanismer. Kunnskapsgrunnlaget er svært usikkert fordi studiene spriker i alle retninger, også for markører som har blitt foreslått i lang tid. For *ioniserende* stråling har vi flere biomarkører med ulik sensitivitet, spesifisitet og tidsaspekt, der de mest reproduserbare er knyttet til virkning på DNA. Her er evidensen udiskutabel, dokumentert med dose-respons, kalibreringsmetoder og topp kvalitet studier. Mekanisme-studiene av RF-EMF viste til sammenligning ingen effekter dersom de hadde blitt utført etter standardiserte prosedyrer.

Markører for eksponering for RF-felt kan kanskje detekteres i studier som gjøres etter kvalitetssikrede metoder. Meyer (2024) har en liste med forbedringer som må gjennomføres om nye studier skal styrke evidensen, andre oversiktsforfattere har liknende anbefalinger.

Kreft/svulster

Mevissen (2025) mener det er tvilsomt om store dyrestudier av kreft/svulstforekomst vil styrke dagens kunnskapsgrunnlag vesentlig, slik at de øker overførbarheten til mennesker. De mener at en spissing av dyrestudier med hensyn på mekanismer kan være veien å gå for å gi ny viten om mekanistiske forhold og mulige ikke-termiske effekter. Karipidis (2024) mener at metodisk gode kohortstudier, fulgt opp med valideringsstudier og bias-simuleringer, vil være riktig vei å gå.

Konklusjon

Basert på denne gjennomgangen av vitenskapelig kunnskap om helseeffekter ved RF-EMF-eksponeringer, er det ikke grunnlag for å endre dagens grenseverdier.

Nullhypotesen blir stående

Å fastslå en årsakssammenheng krever omhyggelig overveielse av kriterier, som tidsrekkefølge, styrke av assosiasjon, biologisk gradient, biologisk rasjonalitet og konsistens. Å avvise en årsakssammenheng er å fastholde nullhypotesen når den alternative hypotesen har svake holdepunkter, i tråd med hypotetisk-deduktiv metode (Fjelland, 1995; Popper, 1975). Noen hevder at fravær av risiko aldri kan bevises, hvilket ikke er relevant fra et slikt synspunkt. Bevisbyrden ligger hos dem som hevder at RF-EMF forårsaker ikke-termiske helseeffekter.

Det betyr ikke at temaet er tilstrekkelig utforsket. Nye studier av tilstrekkelig kvalitet kan gi resultater som styrker kunnskapsgrunnlaget om virkninger av RF-EMF, og særlig IEI-EMF. Oversiktene som oppsummeres i denne rapporten, gir et godt grunnlag for forskere til å forbedre studiedesign, metoder og rapportering. De kan også bidra til å prioritere og tydeliggjøre problemstillinger i fremtidig forskning.

Referanser

- Aerts, S., Verloock, L., Van den Bossche, M., Martens, L., Vergara, X., & Joseph, W. (2019). Emissions From Smart Meters and Other Residential Radiofrequency Sources. *Health Physics*, 116(6), 776–788. <https://doi.org/10.1097/hp.0000000000001032>
- Ahlbom, A., & Feychting, M. (1999). Use of cellular phones and the risk of brain tumours: A case-control study. *International Journal of Oncology*. <https://doi.org/10.3892/ijo.15.5.1045>
- Al-Falahy, N., & Alani, O. Y. (2017). Technologies for 5G Networks: Challenges and Opportunities. *IT Professional*, 19(1), 12–20. <https://doi.org/10.1109/mitp.2017.9>
- Anderson, L. E., Sheen, D. M., Wilson, B. W., Grumbein, S. L., Creim, J. A., & Sasser, L. B. (2004). Two-Year Chronic Bioassay Study of Rats Exposed to a 1.6 GHz Radiofrequency Signal. *Radiation Research*, 162(2), 201–210. <https://doi.org/10.1667/RR3208>
- Arroyave, W. D., Mehta, S. S., Guha, N., Schwingl, P., Taylor, K. W., Glenn, B., Radke, E. G., Vilahur, N., Carreón, T., Nachman, R. M., & Lunn, R. M. (2021). Challenges and recommendations on the conduct of systematic reviews of observational epidemiologic studies in environmental and occupational health. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 31(1), 21–30. <https://doi.org/10.1038/s41370-020-0228-0>
- Asl, J. F., Larijani, B., Zakerkish, M., Rahim, F., Shirbandi, K., & Rasoul Akbari. (2019). The possible global hazard of cell phone radiation on thyroid cells and hormones: A systematic review of evidences. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(18), 18017–18031. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05096-z>
- Baliatsas, C., van Kamp, I., Lebrecht, E., & Rubin, G. J. (2012). Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): A systematic review of identifying criteria. *BMC Public Health*, 12, 643. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-643>
- Baste, V., Oftedal, G., Møllerlækken, O. J., Hansson Mild, K., & Moen, B. E. (2015). Prospective Study of Pregnancy Outcomes After Parental Cell Phone Exposure: The Norwegian Mother and Child Cohort Study. *Epidemiology*, 26(4), 613–621. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000293>
- Belbasis, L., Bellou, V., & Ioannidis, J. P. A. (2022). Conducting umbrella reviews. *BMJ Medicine*, 1(1). <https://doi.org/10.1136/bmjmed-2021-000071>
- Belpomme, D., & Irigaray, P. (2022). Why electrohypersensitivity and related symptoms are caused by non-ionizing man-made electromagnetic fields: An overview and medical assessment. *Environmental Research*, 212, 113374. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113374>
- Benke, G., Abramson, M. J., Brzozek, C., McDonald, S., Kelsall, H., Sanagou, M., Zeleke, B. M., Kaufman, J., Brennan, S., Verbeek, J., & Karipidis, K. (2024). The effects of radiofrequency exposure on cognition: A systematic review and meta-analysis of human observational studies. *Environment International*, 188, 108779. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108779>
- Bertagna, F., Lewis, R., Silva, S. R. P., McFadden, J., & Jeevaratnam, K. (2021). Effects of electromagnetic fields on neuronal ion channels: A systematic review. *Annals of the*

New York Academy of Sciences, 1499(1), 82–103.

<https://doi.org/10.1111/nyas.14597>

Birks, L. E., Struchen, B., Eeftens, M., van Wel, L., Huss, A., Gajšek, P., Kheifets, L., Gallastegi, M., Dalmau-Bueno, A., Estarlich, M., Fernandez, M. F., Meder, I. K., Ferrero, A., Jiménez-Zabala, A., Torrent, M., Vrijkotte, T. G. M., Cardis, E., Olsen, J., Valič, B., ... Guxens, M. (2018). Spatial and temporal variability of personal environmental exposure to radio frequency electromagnetic fields in children in Europe.

Environment International, 117, 204–214.

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.04.026>

Bodewein, L., Dechent, D., Graefrath, D., Kraus, T., Krause, T., & Driessen, S. (2022). Systematic review of the physiological and health-related effects of radiofrequency electromagnetic field exposure from wireless communication devices on children and adolescents in experimental and epidemiological human studies. *PloS One*, 17(6), e0268641. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268641>

Bortkiewicz, A., Gadzicka, E., & Szymczak, W. (2017). Mobile phone use and risk for intracranial tumors and salivary gland tumors—A meta-analysis. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 30(1), 27–43.

<https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.00802>

Bosch-Capblanch, X., Esu, E., Oringanje, C. M., Dongus, S., Jalilian, H., Eyers, J., Auer, C., Meremikwu, M., & Rösli, M. (2024). The effects of radiofrequency electromagnetic fields exposure on human self-reported symptoms: A systematic review of human experimental studies. *Environment International*, 187, 108612.

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108612>

Bouaoun, L., Byrnes, G., Lagorio, S., Feychting, M., Abou-Bakre, A., Béranger, R., & Schüz, J. (2024). Effects of Recall and Selection Biases on Modeling Cancer Risk From Mobile Phone Use: Results From a Case–Control Simulation Study. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 35(4), 437–446.

<https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001749>

Calderon, C., Addison, D., Chopra, N., Mann, S., Maslanyj, M., & Peyman, A. (2019). Exposure to Electromagnetic Fields From Smart Utility Meters in GB; Part III) On-Site Measurements in Homes. *Bioelectromagnetics*, 40(6), 434–440.

<https://doi.org/10.1002/bem.22202>

Cardis, E., Varsier, N., Bowman, J. D., Deltour, I., Figuerola, J., Mann, S., Moissonnier, M., Taki, M., Vecchia, P., Villegas, R., Vrijheid, M., Wake, K., & Wiart, J. (2011). Estimation of RF energy absorbed in the brain from mobile phones in the interphone study. *Occupational and Environmental Medicine*, 68(9), 686–693.

<https://doi.org/10.1136/oemed-2011-100065>

Chapman, S., Azizi, L., Luo, Q., & Sitas, F. (2016). Has the incidence of brain cancer risen in Australia since the introduction of mobile phones 29 years ago? *Cancer Epidemiology*, 42, 199–205. <https://doi.org/10.1016/j.canep.2016.04.010>

Chen, F., Wang, P., Lan, J., Hu, M., Zheng, J., Li, Y., Hou, C., & Zhou, D. (2021). Wireless phone use and adult meningioma risk: A systematic review and Meta-analysis. *British Journal of Neurosurgery*, 35(4), 444–450.

<https://doi.org/10.1080/02688697.2020.1856784>

Choi, Y.-J., Moskowitz, J. M., Myung, S.-K., Lee, Y.-R., & Hong, Y.-C. (2020). Cellular Phone Use and Risk of Tumors: Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 8079. PubMed.

<https://doi.org/10.3390/ijerph17218079>

Cordelli, E., Ardoino, L., Benassi, B., Consales, C., Eleuteri, P., Marino, C., Sciortino, M., Villani, P., Brinkworth, M. H., Chen, G., McNamee, J. P., Wood, A. W., Belackova, L., Verbeek, J., & Pacchierotti, F. (2023). Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field (RF-EMF) exposure on pregnancy and birth outcomes: A systematic review of experimental studies on non-human mammals. *Environment International*, 180, 108178. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108178>

- Cordelli, E., Ardoino, L., Benassi, B., Consales, C., Eleuteri, P., Marino, C., Sciortino, M., Villani, P., H. Brinkworth, M., Chen, G., P. McNamee, J., Wood, A. W., Belackova, L., Verbeek, J., & Pacchierotti, F. (2024). Effects of radiofrequency electromagnetic field (RF-EMF) exposure on male fertility: A systematic review of experimental studies on non-human mammals and human sperm in vitro. *Environment International*, 185, 108509. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108509>
- Coureau, G., Bouvier, G., Lebailly, P., Fabbro-Peray, P., Gruber, A., Leffondre, K., Guillamo, J. S., Loiseau, H., Mathoulin-Pélissier, S., Salamon, R., & Baldi, I. (2014). Mobile phone use and brain tumours in the CERENAT case-control study. *Occupational and Environmental Medicine*, 71(7), 514–522. <https://doi.org/10.1136/oemed-2013-101754>
- de Vocht, F., & Albers, P. (2022). The population health effects from 5G: Controlling the narrative. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1082031>
- Deeks, J. J., Higgins, J. P., & Altman, D. G. (2008). Analysing Data and Undertaking Meta-Analyses. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*, 243–296. <https://doi.org/10.1002/9780470712184.ch9>
- Delidimitriou, S., Babas, D., Manassas, A., Wiart, J., & Samaras, T. (2024). EMF Assessment Utilizing Low-Cost Mobile Applications. *Applied Sciences*, 14(23), Article 23. <https://doi.org/10.3390/app142310777>
- Deltour, I., Poulsen, A. H., Johansen, C., Feychting, M., Johannesen, T. B., Auvinen, A., & Schüz, J. (2022). Time trends in mobile phone use and glioma incidence among males in the Nordic Countries, 1979–2016. *Environment International*, 168, 107487. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107487>
- Deprez, K., Stroobandt, B., Veludo, A. F., Vecsei, Z., Necz, P. P., Politański, P., Verloock, L., Polanska, K., Thuróczy, G., Rössli, M., Plets, D., & Joseph, W. (2025). 5G RF EMF Spectral Exposure Assessment in Four European Countries. *Bioelectromagnetics*, 46(6), e70019. <https://doi.org/10.1002/bem.70019>
- Dieudonne, M. (2020). Electromagnetic hypersensitivity: A critical review of explanatory hypotheses. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 19(1) (no pagination). <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00602-0>
- Dolecek, T. A., Dressler, E. V. M., Thakkar, J. P., Liu, M., Al-Qaisi, A., & Villano, J. L. (2015). Epidemiology of meningiomas post-Public Law 107-206: The Benign Brain Tumor Cancer Registries Amendment Act. *Cancer*, 121(14), 2400–2410. PubMed. <https://doi.org/10.1002/cncr.29379>
- Dongus, S., Jalilian, H., Schürmann, D., & Rössli, M. (2022). Health effects of WiFi radiation: A review based on systematic quality evaluation. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52(19), 3547–3566. <https://doi.org/10.1080/10643389.2021.1951549>
- EFSA. (2005). Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) related to Di-isodecylphthalate (DIDP) for use in food contact materials. *EFSA Journal*, 3(9), 245. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2005.245>
- EFSA, E. F. S. (2009). Updated opinion on a request from the European Commission related to the 2nd ERF carcinogenicity study on aspartame, taking into consideration study data submitted by the Ramazzini Foundation in February 2009. *EFSA Journal*, 7(4), 1015. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1015>
- European Commission: Directorate-General for Health and Food Safety. (2024). *Opinion on the need of a revision of the annexes in the Council Recommendation 1999/519/EC and Directive 2013/35/EU, in view of the latest scientific evidence available with regard to radiofrequency (100kHz—300GHz)*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2875/798744>

- European Commission: Directorate-General for Health and Food Safety. (2025). *Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF) – Update with regard to frequencies between 1Hz and 100 kHz*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2875/3515904>
- Falcioni, L., Bua, L., Tibaldi, E., Lauriola, M., De Angelis, L., Gnudi, F., Mandrioli, D., Manservigi, M., Manservigi, F., Manzoli, I., Menghetti, I., Montella, R., Panzacchi, S., Sgargi, D., Strollo, V., Vornoli, A., & Belpoggi, F. (2018). Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission. *Environmental Research*, 165, 496–503. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.037>
- FCC. (2019, December 4). *FCC Maintains Current RF Exposure Safety Standards | Federal Communications Commission*. <https://www.fcc.gov/document/fcc-maintains-current-rf-exposure-safety-standards>
- Fenstad, J. E., & Matsuura, K. (2005). *The Precautionary Principle; UNESCO COMEST*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000139578>
- Feychting, M., Schüz, J., Toledano, M. B., Vermeulen, R., Auvinen, A., Harbo Poulsen, A., Deltour, I., Smith, R. B., Heller, J., Kromhout, H., Huss, A., Johansen, C., Tettamanti, G., & Elliott, P. (2024). Mobile phone use and brain tumour risk – COSMOS, a prospective cohort study. *Environment International*, 185, 108552. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108552>
- Fjelland, R. (1995). *Vitenskapsteori: Med spesiell vekt på naturvitenskapene* (3., Ed.). Universitetsforlaget. <https://www.nb.no/items/8e7a29a5065aed0502b2d591df449d2d?page=73>
- Gao, Y., Chen, H., Liu, Y., Zhang, X., Qiu, Y., & Huang, D. (2024). Modifiable factors for benign salivary gland neoplasms: A Mendelian randomization study. *Oral Diseases*, 30(4), 2245–2253. <https://doi.org/10.1111/odi.14682>
- Gift, J. S., Caldwell, J. C., Jinot, J., Evans, M. V., Cote, I., & Vandenberg, J. J. (2013). Scientific Considerations for Evaluating Cancer Bioassays Conducted by the Ramazzini Institute. *Environmental Health Perspectives*, 121(11–12), 1253–1263. <https://doi.org/10.1289/ehp.1306661>
- Goedhart, G., van Wel, L., Langer, C. E., de Llobet Viladoms, P., Wiart, J., Hours, M., Kromhout, H., Benke, G., Bouka, E., Bruchim, R., Choi, K. H., Eng, A., Ha, M., Huss, A., Kiyohara, K., Kojimahara, N., Krewski, D., Lacour, B., 't Mannetje, A., ... Vermeulen, R. (2018). Recall of mobile phone usage and laterality in young people: The multinational Mobi-Expo study. *Environmental Research*, 165, 150–157. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.04.018>
- Greim, H., Hartwig, A., Reuter, U., Richter-Reichhelm, H.-B., & Thielmann, H.-W. (2009). Chemically induced pheochromocytomas in rats: Mechanisms and relevance for human risk assessment. *Critical Reviews in Toxicology*. <https://doi.org/10.1080/10408440903190861>
- Guyatt, G. H., Oxman, A. D., Montori, V., Vist, G., Kunz, R., Brozek, J., Alonso-Coello, P., Djulbegovic, B., Atkins, D., Falck-Ytter, Y., Williams, J. W., Meerpohl, J., Norris, S. L., Akl, E. A., & Schünemann, H. J. (2011). GRADE guidelines: 5. Rating the quality of evidence—publication bias. *Journal of Clinical Epidemiology*, 64(12), 1277–1282. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2011.01.011>
- Hardell, L., & Carlberg, M. (2015). Mobile phone and cordless phone use and the risk for glioma – Analysis of pooled case-control studies in Sweden, 1997–2003 and 2007–2009. *Pathophysiology*, 22(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.pathophys.2014.10.001>
- Hardell, L., Carlberg, M., & Mild, K. H. (2006). Case-control study of the association between the use of cellular and cordless telephones and malignant brain tumors diagnosed during 2000–2003. *Environmental Research*, 100(2), 232–241. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2005.04.006>

- Hardell, L., Carlberg, M., Söderqvist, F., & Mild, K. H. (2013). Case-control study of the association between malignant brain tumours diagnosed between 2007 and 2009 and mobile and cordless phone use. *International Journal of Oncology*, 43(6), 1833–1845. <https://doi.org/10.3892/ijo.2013.2111>
- Hardell, L., Hallquist, A., Mild, K. H., Carlberg, M., Pålsson, A., & Lilja, A. (2002). Cellular and cordless telephones and the risk for brain tumours. *European Journal of Cancer Prevention*, 11(4), 377–386. <https://doi.org/10.1097/00008469-200208000-00010>
- Hardell, L., Mild, K. H., & Carlberg, M. (2002). Case-control study on the use of cellular and cordless phones and the risk for malignant brain tumours. *International Journal of Radiation Biology*, 78(10), 931–936. <https://doi.org/10.1080/09553000210158038>
- Hartling, L., Milne, A., Hamm, M. P., Vandermeer, B., Ansari, M., Tsertsvadze, A., & Dryden, D. M. (2013). Testing the Newcastle Ottawa Scale showed low reliability between individual reviewers. *Journal of Clinical Epidemiology*, 66(9), 982–993. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2013.03.003>
- Hartwig, A., Greim, H., Deutsche Forschungsgemeinschaft. Ständige Senatskommission Zur Prüfung Gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, & MAK Commission. (2016). *Chemically Induced Pheochromocytomas in Rats: MAK Value Documentation, 2010* [Application/pdf]. <https://doi.org/10.4126/FRL01-006461754>
- Hill, A. B. (1965). The Environment and Disease: Association or Causation? *Journal of the Royal Society of Medicine*, 58(5), 295–300. <https://doi.org/10.1177/003591576505800503>
- Hinrikus, H., Koppel, T., Lass, J., Orru, H., Roosipuu, P., & Bachmann, M. (2022). Possible health effects on the human brain by various generations of mobile telecommunication: A review based estimation of 5G impact. *International Journal of Radiation Biology*, 98(7), 1210–1221. <https://doi.org/10.1080/09553002.2022.2026516>
- IARC Nordcan. (2024). *Nordcan 2.0*. https://nordcan.iarc.fr/en/dataviz/cohorts?cancers=320_316&sexes=0&population=s=1&age_start=4&years_available=1943_2023&cohort=period&age_end=16&types=0&group_cancers=1&multiple_cancers=1
- ICNIRP. (2020a). Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz). *Health Physics*, 118(5), 483–524. <https://doi.org/10.1097/hp.0000000000001210>
- ICNIRP. (2020b). ICNIRP Note: Critical Evaluation of Two Radiofrequency Electromagnetic Field Animal Carcinogenicity Studies Published in 2018. *Health Physics*, 118(5), 525–532. <https://doi.org/10.1097/hp.0000000000001137>
- IEC 62232:2022. (2022). <https://webstore.iec.ch/en/publication/64934>
- Ingebrigtsen et al., T. (2024). *Årsrapport for hjerne- og ryggmargssvulster 2023* (No. 2; p. 76). Kreftregisteret. <https://www.kreftregisteret.no/Generelt/Rapporter/Arsrapport-fra-kvalitetsregistre/arsrapport-for-hjerne--og-ryggmargssvulster/arsrapport-for-hjerne--og-ryggmargssvulster-2023/>
- Ishihara, T., Yamazaki, K., Araki, A., Teraoka, Y., Tamura, N., Hikage, T., Omiya, M., Mizuta, M., & Kishi, R. (2020). Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Field in the High-Frequency Band and Cognitive Function in Children and Adolescents: A Literature Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(24), E9179. <https://doi.org/10.3390/ijerph17249179>
- Johansen, C., Schüz, J., Andreasen, A.-M. S., & Dalton, S. O. (2017). Study designs may influence results: The problems with questionnaire-based case-control studies on the epidemiology of glioma. *British Journal of Cancer*, 116(7), 841–848. <https://doi.org/10.1038/bjc.2017.46>

- Johnson, E. E., Kenny, R. P. W., Adesanya, A. M., Richmond, C., Beyer, F., Calderon, C., Rankin, J., Pearce, M. S., Toledano, M., Craig, D., & Pearson, F. (2024). The effects of radiofrequency exposure on adverse female reproductive outcomes: A systematic review of human observational studies with dose–response meta-analysis. *Environment International*, 190, 108816. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108816>
- Joobar, R., Schmitz, N., Annable, L., & Boksa, P. (2012). Publication bias: What are the challenges and can they be overcome? *Journal of Psychiatry & Neuroscience : JPN*, 37(3), 149–152. <https://doi.org/10.1503/jpn.120065>
- Kacprzyk, A., Stefura, T., Krzysztofik, M., Rok, T., Rokita, E., & Tatoń, G. (2021). The Impact of Mobile Phone Use on Tinnitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Bioelectromagnetics*, 42(2), 105–114. <https://doi.org/10.1002/bem.22316>
- Karipidis, K., Baaken, D., Loney, T., Blettner, M., Brzozek, C., Elwood, M., Narh, C., Orsini, N., Roosli, M., Paulo, M. S., & Lagorio, S. (2024). The effect of exposure to radiofrequency fields on cancer risk in the general and working population: A systematic review of human observational studies—Part I: Most researched outcomes. *Environment International*, 191, 108983. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108983>
- Karipidis, K., Baaken, D., Loney, T., Blettner, M., Mate, R., Brzozek, C., Elwood, M., Narh, C., Orsini, N., Rösli, M., Paulo, M. S., & Lagorio, S. (2025). The effect of exposure to radiofrequency fields on cancer risk in the general and working population: A systematic review of human observational studies – Part II: Less researched outcomes. *Environment International*, 109274. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109274>
- Karipidis, K., Mate, R., Urban, D., Tinker, R., & Wood, A. (2021). 5G mobile networks and health—A state-of-the-science review of the research into low-level RF fields above 6 GHz. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 31(4), 585–605. <https://doi.org/10.1038/s41370-021-00297-6>
- Kenny, R., Evelynne Johnson, E., Adesanya, A. M., Richmond, C., Beyer, F., Calderon, C., Rankin, J., Pearce, M. S., Toledano, M., Craig, D., & Pearson, F. (2024). The effects of radiofrequency exposure on male fertility: A systematic review of human observational studies with dose–response meta-analysis. *Environment International*, 190, 108817. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108817>
- Kim, S., Han, D., Ryu, J., Kim, K., & Kim, Y. H. (2021). Effects of mobile phone usage on sperm quality—No time-dependent relationship on usage: A systematic review and updated meta-analysis. *Environmental Research*, 202, 111784. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111784>
- Kiyohara, K., Wake, K., Watanabe, S., Arima, T., Sato, Y., Kojimahara, N., Taki, M., & Yamaguchi, N. (2016). Recall accuracy of mobile phone calls among Japanese young people. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 26(6), 566–574. <https://doi.org/10.1038/jes.2015.13>
- Klaps, A., Ponocny, I., Winker, R., Kundi, M., Auersperg, F., & Barth, A. (2016). Mobile phone base stations and well-being—A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 544, 24–30. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.009>
- Kolaski, K., Logan, L. R., & Ioannidis, J. P. A. (2023). Guidance to best tools and practices for systematic reviews. *Systematic Reviews*, 12(1), 96. <https://doi.org/10.1186/s13643-023-02255-9>
- Koulouras, G., Katsoulis, S., & Zantalis, F. (2025). Evolution of Bluetooth Technology: BLE in the IoT Ecosystem. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 25(4), 996. <https://doi.org/10.3390/s25040996>
- Kuhne, J., Schmidt, J.-A., Geschwentner, D., Pophof, B., & Ziegelberger, G. (2020). Thermoregulatory Stress as Potential Mediating Factor in the NTP Cell Phone Tumor Study. *Bioelectromagnetics*, 41(6), 471–479. <https://doi.org/10.1002/bem.22284>

- Lagorio, S., Blettner, M., Baaken, D., Feychting, M., Karipidis, K., Loney, T., Orsini, N., Roosli, M., Paulo, M. S., & Elwood, M. (2021). The effect of exposure to radiofrequency fields on cancer risk in the general and working population: A protocol for a systematic review of human observational studies. *Environment International*, 157 (no pagination). <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106828>
- Lawlor, D. A., Tilling, K., & Davey Smith, G. (2017). Triangulation in aetiological epidemiology. *International Journal of Epidemiology*, dyw314. <https://doi.org/10.1093/ije/dyw314>
- Lerchl, A., Klose, M., Grote, K., Wilhelm, A. F. X., Spathmann, O., Fiedler, T., Streckert, J., Hansen, V., & Clemens, M. (2015). Tumor promotion by exposure to radiofrequency electromagnetic fields below exposure limits for humans. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 459(4), 585–590. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2015.02.151>
- Leszczynski D. (2022). The lack of international and national health policies to protect persons with self-declared electromagnetic hypersensitivity. *Rev Environ Health*. <https://doi.org/10.1515/reveh-2022-0108>
- Liu, K., Li, Y., Zhang, G., Liu, J., Cao, J., Ao, L., & Zhang, S. (2014). Association between mobile phone use and semen quality: A systemic review and meta-analysis. *Andrology*, 2(4), 491–501. <https://doi.org/10.1111/j.2047-2927.2014.00205.x>
- Lovdata. (2017). *Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer (forskrift om tiltaks- og grenseverdier)—Vedlegg 7: Grenseverdier for elektromagnetisk felt—Lovdata*. https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-12-06-1358/KAPITTEL_14#KAPITTEL_14
- Mähler, M., Berard, M., Feinstein, R., Gallagher, A., Illgen-Wilcke, B., Pritchett-Corning, K., & Raspa, M. (2014). FELASA recommendations for the health monitoring of mouse, rat, hamster, guinea pig and rabbit colonies in breeding and experimental units. *Laboratory Animals*, 48(3), 178–192. <https://doi.org/10.1177/0023677213516312>
- Mann, C. J. (2003). Observational research methods. Research design II: Cohort, cross sectional, and case-control studies. *Emergency Medicine Journal*, 20(1), 54–60. <https://doi.org/10.1136/emj.20.1.54>
- Mansourian, M., Marateb, H., Nouri, R., & Mansourian, M. (2023). Effects of man-made electromagnetic fields on heart rate variability parameters of general public: A systematic review and meta-analysis of experimental studies. *Reviews on Environmental Health*, 39. <https://doi.org/10.1515/reveh-2022-0191>
- Mansournia, M. A., Jewell, N. P., & Greenland, S. (2018). Case-control matching: Effects, misconceptions, and recommendations. *European Journal of Epidemiology*, 33(1), 5–14. <https://doi.org/10.1007/s10654-017-0325-0>
- Martens, A. L., Slottje, P., Timmermans, D. R. M., Kromhout, H., Reedijk, M., Vermeulen, R. C. H., & Smid, T. (2017). Modeled and Perceived Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields from Mobile-Phone Base Stations and the Development of Symptoms over Time in a General Population Cohort. *American Journal of Epidemiology*, 186(2), 210–219. <https://doi.org/10.1093/aje/kwx041>
- Mevissen, M., Ducray, A., Ward, J. M., Kopp-Schneider, A., Wood, A. W., Rivero, T. M., & Straif, K. (2025). Effects of radiofrequency electromagnetic field exposure on cancer in laboratory animal studies, a systematic review. *Environment International*, 199, 109482. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109482>
- Meyer, F., Bitsch, A., Forman, H. J., Fragoulis, A., Ghezzi, P., Henschenmacher, B., Kellner, R., Kuhne, J., Ludwig, T., Sachno, D., Schmid, G., Tsaoun, K., Verbeek, J., & Wright, R. (2024). The effects of radiofrequency electromagnetic field exposure on biomarkers of oxidative stress in vivo and in vitro: A systematic review of experimental studies. *Environment International*, 108940. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108940>

- Myung, S.-K., Moskowitz, J. M., Choi, Y.-J., & Hong, Y.-C. (2021). Reply to Comment on Choi, Y.-J., et al. Cellular Phone Use and Risk of Tumors: Systematic Review and Meta-Analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17, 8079. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 3326. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063326>
- NENT. (2024, November 13). *Forskningsetiske retningslinjer for naturvitenskap og teknologi*. Forskningsetikk. <https://www.forskningsetikk.no/om-oss/komiteer-og-utvalg/nent/nat-tek/forskningsetiske-retningslinjer-for-naturvitenskap-og-teknologi/>
- Nesslany, F., Aurengo, A., Bonnet-Belfais, M., & Lambrozo, J. (2015). Comment on Lerchl study: "Tumor promotion in mice by exposure to radiofrequency electromagnetic fields still waiting evidence". *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 467(1), 101–102. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2015.09.114>
- Nicklas et al. (2002). Recommendations for the health monitoring of rodent and rabbit colonies in breeding and experimental units. *Laboratory Animals*, 36(1), 20–42. <https://doi.org/10.1258/0023677021911740>
- NTP. (2018a). Toxicology and carcinogenesis studies in B6C3F1/N mice exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (1,900 MHz) and modulations (GSM and CDMA) used by cell phones. *National Toxicology Program Technical Report Series*, 596, NTP-TR-596. <https://doi.org/10.22427/NTP-TR-596>
- NTP. (2018b). Toxicology and carcinogenesis studies in Sprague Dawley (Hsd:Sprague Dawley SD) rats exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (900 MHz) and modulations (GSM and CDMA) used by cell phones. *National Toxicology Program Technical Report Series*, 595, NTP-TR-595. <https://doi.org/10.22427/NTP-TR-595>
- NTP-OHAT. (2019). *Handbook for Conducting a Literature-Based Health Assessment Using OHAT Approach for Systematic Review and Evidence Integration*. https://ntp.niehs.nih.gov/sites/default/files/ntp/ohat/pubs/handbookmarch2019_508.pdf
- OECD. (2018, June 26). *Test No. 451: Carcinogenicity Studies*. OECD. https://www.oecd.org/en/publications/test-no-451-carcinogenicity-studies_9789264071186-en.html
- Olsen, J. (2008). Using secondary data. *Modern Epidemiology*, 3rd Ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins, 481–491.
- Pinto, R., Ardoino, L., Giardullo, P., Villani, P., & Marino, C. (2024). A Systematic Review on the In Vivo Studies on Radiofrequency (100 kHz-300 GHz) Electromagnetic Field Exposure and Co-Carcinogenesis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(8). <https://doi.org/10.3390/ijerph21081020>
- Pinto, R., Ardoino, L., Villani, P., & Marino, C. (2023). In Vivo Studies on Radiofrequency (100 kHz-300 GHz) Electromagnetic Field Exposure and Cancer: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph20032071>
- Piszczyk, P., Wójcik-Piotrowicz, K., Gil, K., & Kaszuba-Zwońska, J. (2021). Immunity and electromagnetic fields. *Environmental Research*, 200, 111505. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111505>
- Pophof, B., Kuhne, J., Schmid, G., Weiser, E., Dorn, H., Henschenmacher, B., Burns, J., Danker-Hopfe, H., & Sauter, C. (2024). The effect of exposure to radiofrequency electromagnetic fields on cognitive performance in human experimental studies: Systematic review and meta-analyses. *Environment International*, 191, 108899. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108899>
- Popper, K. R. (1975). *Problems of Scientific Revolution: Progress through Criticism*. Clarendon Press.

- Prasad, M., Kathuria, P., Nair, P., Kumar, A., & Prasad, K. (2017). Mobile phone use and risk of brain tumours: A systematic review of association between study quality, source of funding, and research outcomes. *Neurological Sciences*, 38(5), 797–810. <https://doi.org/10.1007/s10072-017-2850-8>
- Price, M., Ballard, C., Benedetti, J., Neff, C., Cioffi, G., Waite, K. A., Kruchko, C., Barnholtz-Sloan, J. S., & Ostrom, Q. T. (2024). CBTRUS Statistical Report: Primary Brain and Other Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2017–2021. *Neuro-Oncology*, 26(Supplement_6), vi1–vi85. <https://doi.org/10.1093/neuonc/noae145>
- Reznitsky, M., Petersen, M. M. B. S., West, N., Stangerup, S.-E., & Cayé-Thomasen, P. (2019). Epidemiology Of Vestibular Schwannomas – Prospective 40-Year Data From An Unselected National Cohort. *Clinical Epidemiology*, 11, 981–986. <https://doi.org/10.2147/CLEP.S218670>
- Romeo, S., Sannino, A., Rosaria Scarfi, M., Lagorio, S., & Zeni, O. (2024). Genotoxicity of radiofrequency electromagnetic fields on mammalian cells *in vitro*: A systematic review with narrative synthesis. *Environment International*, 193, 109104. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.109104>
- Romeo, S., Zeni, O., Scarfi, M. R., Poeta, L., Lioi, M. B., & Sannino, A. (2022). Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure and Apoptosis: A Scoping Review of In Vitro Studies on Mammalian Cells. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4), 2322. PubMed. <https://doi.org/10.3390/ijms23042322>
- Rooney, A. A., Boyles, A. L., Wolfe, M. S., Bucher, J. R., & Thayer, K. A. (2014). Systematic Review and Evidence Integration for Literature-Based Environmental Health Science Assessments. *Environmental Health Perspectives*, 122(7), 711–718. <https://doi.org/10.1289/ehp.1307972>
- Röösli, M., Dongus, S., Jalilian, H., Eysers, J., Esu, E., Oringanje, C. M., Meremikwu, M., & Bosch-Capblanch, X. (2024). The effects of radiofrequency electromagnetic fields exposure on tinnitus, migraine and non-specific symptoms in the general and working population: A systematic review and meta-analysis on human observational studies. *Environment International*, 183, 108338. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108338>
- Röösli, M., Frei, P., Mohler, E., & Hug, K. (2010). Systematic review on the health effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields from mobile phone base stations. *Bulletin of the World Health Organization*, 88(12), 887–896. <https://doi.org/10.2471/BLT.09.071852>
- Röösli, M., Lagorio, S., Schoemaker, M. J., Schüz, J., & Feychting, M. (2019). Brain and Salivary Gland Tumors and Mobile Phone Use: Evaluating the Evidence from Various Epidemiological Study Designs. *Annual Review of Public Health*, 40(1), 221–238. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-040218-044037>
- Santesso, N., Glenton, C., Dahm, P., Garner, P., Akl, E. A., Alper, B., Brignardello-Petersen, R., Carrasco-Labra, A., De Beer, H., Hultcrantz, M., Kuijpers, T., Meerpohl, J., Morgan, R., Mustafa, R., Skoetz, N., Sultan, S., Wiysonge, C., Guyatt, G., & Schünemann, H. J. (2020). GRADE guidelines 26: Informative statements to communicate the findings of systematic reviews of interventions. *Journal of Clinical Epidemiology*, 119, 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2019.10.014>
- Schmiedchen, K., Driessen, S., & Oftedal, G. (2019). Methodological limitations in experimental studies on symptom development in individuals with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF)—A systematic review. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 18(1), 88. <https://doi.org/10.1186/s12940-019-0519-x>
- Schuermann, D., & Mevissen, M. (2021). Manmade Electromagnetic Fields and Oxidative Stress—Biological Effects and Consequences for Health. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3772. <https://doi.org/10.3390/ijms22073772>

- Schulz, K. F., & Grimes, D. A. (2002). Case-control studies: Research in reverse. *The Lancet*, 359(9304), 431–434. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)07605-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)07605-5)
- Schünemann H, Brożek J, Guyatt G, Oxman A. (2013). *GRADE handbook*. GRADE Handbook. <https://gdt.gradepro.org/app/handbook/handbook.html>
- Schüz, J. (2009). Lost in laterality: Interpreting “preferred side of the head during mobile phone use and risk of brain tumour” associations. *Scandinavian Journal of Public Health*, 37(6), 664–667. <https://doi.org/10.1177/1403494809341096>
- Schüz, J., Jacobsen, R., Olsen, J. H., Boice, J. D., McLaughlin, J. K., & Johansen, C. (2006). Cellular telephone use and cancer risk: Update of a nationwide Danish cohort. *Journal of the National Cancer Institute*, 98(23), 1707–1713. <https://doi.org/10.1093/jnci/djj464>
- Seawave project. (2025, August 20). *SEAWave Home*. Seawave Project. <https://seawave-project.eu/>
- Sienkiewicz, Z., & van Rongen, E. (2019). Can Low-Level Exposure to Radiofrequency Fields Effect Cognitive Behaviour in Laboratory Animals? A Systematic Review of the Literature Related to Spatial Learning and Place Memory. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(9), e1607. <https://doi.org/10.3390/ijerph16091607>
- Simkó & Mattsson. (2019). 5G Wireless Communication and Health Effects—A Pragmatic Review Based on Available Studies Regarding 6 to 100 GHz. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18), 3406. <https://doi.org/10.3390/ijerph16183406>
- Sober, E. (2015). *Ockham's razors: A user's manual*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107705937>
- Statista. (2024). *Norway: Smartphone user penetration 2020*. Statista. <https://www.statista.com/statistics/631747/norway-smartphone-user-penetration/>
- Steenland, K., Schubauer-Berigan, M. K., Vermeulen, R., Lunn, R. M., Straif, K., Zahm, S., Stewart, P., Arroyave, W. D., Mehta, S. S., & Pearce, N. (2020). Risk of Bias Assessments and Evidence Syntheses for Observational Epidemiologic Studies of Environmental and Occupational Exposures: Strengths and Limitations. *Environmental Health Perspectives*, 128(9), 095002. <https://doi.org/10.1289/EHP6980>
- Tillmann, T., Ernst, H., Streckert, J., Zhou, Y., Taugner, F., Hansen, V., & Dasenbrock, C. (2010). Indication of cocarcinogenic potential of chronic UMTS-modulated radiofrequency exposure in an ethylnitrosourea mouse model. *International Journal of Radiation Biology*, 86(7), 529–541. <https://doi.org/10.3109/09553001003734501>
- Traini, E., Martens, A. L., Slottje, P., Vermeulen, R. C. H., & Huss, A. (2023). Time course of health complaints attributed to RF-EMF exposure and predictors of electromagnetic hypersensitivity over 10 years in a prospective cohort of Dutch adults. *Science of The Total Environment*, 856, 159240. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159240>
- Tsarna, E., Reedijk, M., Birks, L. E., Guxens, M., Ballester, F., Ha, M., Jiménez-Zabala, A., Kheifets, L., Lertxundi, A., Lim, H. R., Olsen, J., González Safont, L., Sudan, M., Cardis, E., Vrijheid, M., Vrijkotte, T., Huss, A., & Vermeulen, R. (2019). Associations of Maternal Cell-Phone Use during Pregnancy with Pregnancy Duration and Fetal Growth in 4 Birth Cohorts. *American Journal of Epidemiology*, 188(7), 1270–1280. <https://doi.org/10.1093/aje/kwz092>
- Turner, M. C., Sadetzki, S., Langer, C. E., Villegas, R., Figuerola, J., Armstrong, B. K., Chetrit, A., Giles, G. G., Krewski, D., Hours, M., McBride, M. L., Parent, M. E., Richardson, L., Siemiatycki, J., Woodward, A., & Cardis, E. (2016). Investigation of bias related to differences between case and control interview dates in five

- INTERPHONE countries. *Annals of Epidemiology*, 26(12), 827-832.e2.
<https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2016.09.013>
- UK health Security agency. (2023). *Smart meters: Radio waves and health*. GOV.UK.
<https://www.gov.uk/government/publications/smart-meters-radio-waves-and-health/smart-meters-radio-waves-and-health>
- Van Den Bergh, O., Witthöft, M., Petersen, S., & Brown, R. J. (2017). Symptoms and the body: Taking the inferential leap. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 74, 185–203. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.01.015>
- Van Wel, L., Liorni, I., Huss, A., Thielens, A., Wiart, J., Joseph, W., Rösli, M., Foerster, M., Massardier-Pilonchery, A., Capstick, M., Cardis, E., & Vermeulen, R. (2021). Radio-frequency electromagnetic field exposure and contribution of sources in the general population: An organ-specific integrative exposure assessment. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 31(6), 999–1007.
<https://doi.org/10.1038/s41370-021-00287-8>
- Variani, A. S., Saboori, S., Shahsavari, S., Yari, S., & Zaroushani, V. (2019). Effect of occupational exposure to radar radiation on cancer risk: A systematic review and meta-analysis. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 20(11), 3211–3219.
<https://doi.org/10.31557/APJCP.2019.20.11.3211>
- Verbeek, J., Oftedal, G., Feychting, M., van Rongen, E., Rosaria Scarfi, M., Mann, S., Wong, R., & van Deventer, E. (2021). Prioritizing health outcomes when assessing the effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields: A survey among experts. *Environment International*, 146 (no pagination).
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106300>
- Vijayalaxmi, & Prihoda, T. J. (2012). Genetic Damage in Human Cells Exposed to Non-ionizing Radiofrequency Fields: A Meta-Analysis of the Data from 88 Publications (1990-2011). *Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen*, 749(1-2), 1–16.
<https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2012.09.007>
- Vijayalaxmi, & Prihoda, T. J. (2018). Comprehensive Review of Quality of Publications and Meta-Analysis of Genetic Damage in Mammalian Cells Exposed to Non-Ionizing Radiofrequency Fields. *Radiation Research*, 191(1), 20–30.
<https://doi.org/10.1667/RR15117.1>
- Vijayalaxmi, & Prihoda, T. J. (2019). Funding Source, Quality of Publications and Outcome in Genetic Damage in Mammalian Cells Exposed to Non-Ionizing Radiofrequency Fields. *Radiation Research*, 192(4), 353–362.
<https://doi.org/10.1667/RR15364.1>
- Vijayan, K., & Eslick, G. D. (2022). A meta-analysis of the risk of salivary gland tumors associated with mobile phone use: The importance of correct exposure assessment. *Reviews on Environmental Health*, 38(4), 591–599. <https://doi.org/10.1515/reveh-2022-0055>
- Villeneuve, P. J., Momoli, F., Parent, M. E., Siemiatycki, J., Turner, M. C., & Krewski, D. (2021). Cell phone use and the risk of glioma: Are case-control study findings consistent with Canadian time trends in cancer incidence? *Environmental Research*, 200 (no pagination). <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111283>
- Vrijheid, M., Mann, S., Vecchia, P., Wiart, J., Taki, M., Ardoino, L., Armstrong, B. K., Auvinen, A., Bédard, D., Berg-Beckhoff, G., Brown, J., Chetrit, A., Collatz-Christensen, H., Combalot, E., Cook, A., Deltour, I., Feychting, M., Giles, G. G., Hepworth, S. J., ... Cardis, E. (2009). Determinants of mobile phone output power in a multinational study: Implications for exposure assessment. *Occupational and Environmental Medicine*, 66(10), 664–671. <https://doi.org/10.1136/oem.2008.043380>
- Wake, K., Varsier, N., Watanabe, S., Taki, M., Wiart, J., Mann, S., Deltour, I., & Cardis, E. (2009). The estimation of 3D SAR distributions in the human head from mobile phone compliance testing data for epidemiological studies. *Physics in Medicine and Biology*, 54(19), 5695–5706. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/54/19/003>

- Wang, P., Hou, C., Li, Y., & Zhou, D. (2018). Wireless Phone Use and Risk of Adult Glioma: Evidence from a Meta-Analysis. *World Neurosurgery*, 115, e629–e636. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.04.122>
- Wang, Su, H., Xie, W., & Yu, S. (2017). Mobile Phone Use and the Risk of Headache: A Systematic Review and Meta-analysis of Cross-sectional Studies. *Scientific Reports*, 7(1), 12595. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12802-9>
- Whaley, P., Aiassa, E., Beausoleil, C., Beronius, A., Bilotta, G., Boobis, A., De Vries, R., Hanberg, A., Hoffmann, S., Hunt, N., Kwiatkowski, C. F., Lam, J., Lipworth, S., Martin, O., Randall, N., Rhomberg, L., Rooney, A. A., Schünemann, H. J., Wikoff, D., ... Halsall, C. (2020). Recommendations for the conduct of systematic reviews in toxicology and environmental health research (COSTER). *Environment International*, 143, 105926. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105926>
- Whiting, P., Savović, J., Higgins, J. P. T., Caldwell, D. M., Reeves, B. C., Shea, B., Davies, P., Kleijnen, J., & Churchill, R. (2016). ROBIS: A new tool to assess risk of bias in systematic reviews was developed. *Journal of Clinical Epidemiology*, 69, 225–234. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2015.06.005>
- Withrow, D. R., Devesa, S. S., Deapen, D., Petkov, V., Van Dyke, A. L., Adamo, M., Armstrong, T. S., Gilbert, M. R., & Linet, M. S. (2021). Nonmalignant meningioma and vestibular schwannoma incidence trends in the United States, 2004-2017. *Cancer*, 127(19), 3579–3590. <https://doi.org/10.1002/cncr.33553>
- Wood, A., Mate, R., & Karipidis, K. (2021). Meta-analysis of in vitro and in vivo studies of the biological effects of low-level millimetre waves. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 31(4), 606–613. <https://doi.org/10.1038/s41370-021-00307-7>
- Wyde, M., Cesta, M., Blystone, C., Elmore, S., Foster, P., Hooth, M., Kissling, G., Malarkey, D., Sills, R., Stout, M., Walker, N., Witt, K., Wolfe, M., & Bucher, J. (2016). *Report of Partial findings from the National Toxicology Program Carcinogenesis Studies of Cell Phone Radiofrequency Radiation in Hsd: Sprague Dawley® SD rats (Whole Body Exposures)*. Cancer Biology. <https://doi.org/10.1101/055699>
- Yu, G., Bai Z, Song C, Cheng Q, Wang G, Tang Z, & Yang S. (2021). Current progress on the effect of mobile phone radiation on sperm quality: An updated systematic review and meta-analysis of human and animal studies. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 282, 116952–116952. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116952>
- Zhang, Y., Zhang, Y., Ye, Z., Yang, S., Liu, M., Wu, Q., Zhou, C., He, P., Gan, X., & Qin, X. (2024). Mobile Phone Use and Risks of Overall and 25 Site-Specific Cancers: A Prospective Study from the UK Biobank Study. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 33(1), 88–95. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-23-0766>
- Zubko, O., Gould, R. L., Gay, H. C., Cox, H. J., Coulson, M. C., & Howard, R. J. (2017). Effects of electromagnetic fields emitted by GSM phones on working memory: A meta-analysis. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 32(2), 125–135. <https://doi.org/10.1002/gps.4581>

Vedlegg 1: Søkestrategi

SVAKE RADIOFREKVENTE FELT originalt søk

Kontaktperson: Tuyet Anh Pham/FHI
Søk: Ragnhild Agathe Tornes og Astrid Nøstberg
Fagfelle: Bente Foss
Dublettsjekk i EndNote: Før dublettkontroll: 6355
Etter dublettkontroll: 3816

Hvilket spørsmål skal litteratursøket besvare?			
Hva er (helse)effekten ved eksponering for svake høyfrekvente elektromagnetiske felt?			
Spørsmålet i PICO-format			
Population (pasient)	Intervention (tiltak)	Comparison (sammenligning)	Outcome (utfall)
	Svake høyfrekvente elektromagnetiske felt, 100 kHz-300 GHz		Helseeffekt(er): kreft, nevrologiske symptomer, reproduksjon, fertilitet, apoptose, genotoksisitet...
Kjente relevante studier			
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935118300367?via=ihub https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562618/ NTP Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies in Sprague Dawley (Hsd:Sprague Dawley® SD®) Rats Exposed to Whole-body Radio Frequency Radiation at a Frequency (900 Mhz) and Modulations (GSM and CDMA) Used by Cell Phones: Technical Report 595 -			

Database: Ovid MEDLINE® and Epub Ahead of Print, In-Process, In-Data-Review & Other Non-Indexed Citations, Daily and Versions <1946 to October 20, 2022>

Dato: 21,10,2022

Antall treff: 1183

1 (((cell or cellular or mobile or cordless) adj (phone? or telephone? or technolog* or device?)) or smartphone? or smart-phone? or cellphone? or mobiles or ipad? or i-pad? or ipod? or i-pod? or iphone? or i-phone? or android or ((tablet? or electronic) adj3 (device? or computer?)) or wireless technolog* or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequency") adj wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or electro-magnetic? or electromagnetism or electro magnetism or EMF or EMFs or radiofrequency or radio-frequency or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) adj3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or

268155

	UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or WiFi or wi-fi or wlan or w-lan or wireless area network* or wireless network* or powerline? or "t ray?" or ((terahertz or thz) adj1 radiation?)).tw,kf.	
2	exp Risk Factors/ or exp Risk Assessment/ or Public Health/	1235707
3	1 and 2	6898
4	(((((cell or cellular or mobile or cordless) adj (phone? or telephone? or technolog* or device?)) or smartphone? or smart-phone? or cellphone? or mobiles or ipad? or i-pad? or ipod? or i-pod? or iphone? or i-phone? or android or ((tablet? or electronic) adj3 (device? or computer?)) or wireless technolog* or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequency") adj wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or electro-magnetic? or electromagnetism or electro magnetism or EMF or EMFs or radiofrequency or radio-frequency or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) adj3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or WiFi or wi-fi or wlan or w-lan or wireless area network* or wireless network* or powerline? or "t ray?" or ((terahertz or thz) adj1 radiation?)) adj10 (risk? or effect? or public health or expose? or exposure? or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlation* or symptom? or harmful)).tw,kf. (Magnetic Fields/ or electromagnetic fields/ or Electromagnetic Phenomena/ or Electromagnetic Radiation/ or Microwaves/ or Radio waves/ or Wireless Technology/ or Terahertz Radiation/) and (exp Risk Factors/ or exp Risk Assessment/ or Public Health/ or (risk? or effect? or public health or expose? or exposure? or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlation* or symptom? or harmful)).tw,kf.)	35190
5	(Cell Phone/ or Smartphone/ or "Cell Phone Use") and (radiation? or station? or mast? or transmitter? or antenna? or wave? or expose? or exposure?)).tw,kf.	29193
6	or/3-6	2417
7	limit 7 to yr = »2012 -Current«	57376
8	limit 8 to "reviews (maximizes specificity)"	33084
9	Meta-Analysis/ or Network Meta-Analysis/ or ((systematic* adj2 review*) or metaanal* or "meta anal*" or (review and ((structured or database* or systematic*) adj2 search*)) or "integrative review*" or (evidence adj2 review*)).tw,kf,bt.	999
10	9 or (8 and 10)	469347
11		1183

<https://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&NEWS=N&PAGE=main&SHAREDSEARCHID=2tVV6Yv6AdgfeasR1qptIUAbv6SARajAHgWXHZciZRTEO0CJdA8qtnVvcsNoKNhV>

Database: Embase <1974 to 2022 October 20>

Dato: 21,10,2022

Antall treff: 1266

1	(((((cell or cellular or mobile or cordless) adj (phone? or telephone? or technolog* or device?)) or smartphone? or smart-phone? or cellphone? or mobiles or ipad? or i-pad? or ipod? or i-pod? or iphone? or i-phone? or android or ((tablet? or electronic) adj3 (device? or computer?)) or wireless technolog* or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequency") adj wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or electro-magnetic? or electromagnetism or electro magnetism or EMF or EMFs or radiofrequency or radio-frequency or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) adj3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or WiFi or wi-fi or wlan or w-lan or wireless area network* or wireless network* or powerline? or "t ray?" or ((terahertz or thz) adj1 radiation?)).tw,kf.	308631
2	risk factor/ or exp risk assessment/ or adverse outcome/ or public health/	2010165
3	1 and 2	12714
4	(((((cell or cellular or mobile or cordless) adj (phone? or telephone? or technolog* or device?)) or smartphone? or smart-phone? or cellphone? or mobiles or ipad? or i-pad? or ipod? or i-pod? or iphone? or i-phone? or android or ((tablet? or electronic) adj3 (device? or computer?)) or wireless technolog* or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequency") adj wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or electro-magnetic? or electromagnetism or electro magnetism or EMF or EMFs or radiofrequency or radio-frequency or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) adj3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or WiFi or wi-fi or wlan or w-lan or wireless area network* or wireless network* or powerline? or "t ray?" or ((terahertz or thz) adj1 radiation?)) adj10 (risk? or effect? or public health or expose? or exposure? or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlation* or symptom? or harmful)).tw,kf. (magnetic field/ or electromagnetism/ or electromagnetic radiation/ or microwave radiation/ or radiofrequency radiation/ or terahertz radiation/ or wireless communication/) and (risk factor/ or exp risk assessment/ or adverse outcome/ or public health/ or (risk? or effect? or public health or expose? or exposure? or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlation* or symptom? or harmful)).tw,kf.)	42915
5		40628

6	(mobile phone/ or smartphone/ or "cell phone use"/) and (radiation? or station? or mast? or transmitter? or antenna? or wave? or expose? or exposure?).tw,kf.	4748
7	or/3-6	83026
8	limit 7 to yr = »2012 -Current»	55513
9	limit 8 to "reviews (maximizes specificity)"	1384
10	exp Meta-Analysis/ or "systematic review"/ or ((systematic* adj2 review*) or metaanal* or "meta anal*" or (review and ((structured or database* or systematic*) adj2 search*)) or "integrative review*" or (evidence adj2 review*)).tw,kf.	676425
11	9 or (8 and 10)	1994
12	limit 11 to (embase or "preprints (unpublished, non-peer reviewed)")	1266

<https://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&NEWS=N&PAGE=main&SHAREDSEARCHID=1WZ09Hee9raM68oxeJarKOsvTpOESU9knLo4OF76ZgzJrS9noUhTBfvNTYdaGLpSy>

Database: Web of Science

Dato: 21,10,2022

Antall treff: 906

5	#3 and 2022 or 2021 or 2020 or 2019 or 2018 or 2017 or 2016 or 2015 or 2014 or 2013 or 2012 (Publication Years)	Exact search	906
4	#3	Exact search	1,026
3	#2 AND #1	Exact search	1,026
2	TS = (((("systematic*" NEAR/1 "review*") or ("review" and ((("structured" or "database*" or "systematic*" NEAR/1 "search*")) or "integrative review*" or ("evidence" NEAR/1 "review*")) OR TI = ("metaanal*" or "meta anal*") OR AB = ("metaanal*" or "meta anal*"))	Exact search	517,263
1	TS = (((((cell or cellular or mobile or cordless) NEAR/0 (phone\$ or telephone\$ or technolog* or device\$) or smartphone\$ or "smart-phone\$" or cellphone\$ or mobiles or ipad\$ or "i-pad\$" or ipod\$ or "i-pod\$" or iphone\$ or "i-phone\$" or android or ((tablet\$ or electronic) NEAR/2 (device\$ or computer\$) or "wireless technolog*" or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequency") NEAR/0 wave\$) or radiowave\$ or shortwave\$ or hertzianwave\$ or microwave\$ or electromagnetic\$ or "electro-magnetic\$" or electromagnetism or "electro magnetism" or EMF or EMFs or radiofrequency or "radio-frequency" or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) NEAR/2 (station\$ or mast\$ or transmit* or transmission* or antenna\$)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or WiFi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or "wireless area network*" or "wireless network*" or powerline\$ or "t ray\$" or ((terahertz or thz) NEAR/0 radiation\$) NEAR/9 (risk\$ or effect\$ or "public health" or expose\$ or exposure\$ or connection\$ or impact\$ or link\$ or linked or outcome\$ or correlation* or symptom\$ or harmful))	Exact search	86,189

Database: Cochrane Database of Systematic Reviews, Issue 10 of 12, October 2022

Dato: 21,10,2022

Antall treff: 51

#1	((cell or cellular or mobile or cordless) NEXT (phone? or telephone? or technolog* or device?) or smartphone? or "smart-phone" or "smart-phones" or cellphone? or mobiles or ipad? or "i-pad" or "i-pads" or ipod? or "i-pod" or "i-pods" or iphone? or "i-phone" or "i-phones" or android or ((tablet? or electronic) NEAR/3 (device? or computer?)) or (wireless NEXT technolog*) or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequency") NEXT wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or "electro-magnetic" or "electro-magnetics" or electromagnetism or "electro magnetism" or EMF or EMFs or radiofrequency or "radio-frequency" or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) NEAR/3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or WiFi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or "wireless area" NEXT network*) or (wireless NEXT network*) or powerline? or "t ray" or "t rays" or ((terahertz or thz) NEAR/1 radiation?)):ti,ab	26623
#2	[mh «Risk Factors»]	26359

#3	[mh «Risk Assessment»]	9460
#4	[mh ^»Public Health»]	295
#5	{or #2-#4}	32745
#6	#1 and #5	322
#7	(((cell or cellular or mobile or cordless) NEXT (phone? or telephone? or technolog* or device?)) or smartphone? or "smart-phone" or "smart-phones" or cellphone? or mobiles or ipad? or "i-pad" or "i-pads" or ipod? or "i-pod" or "i-pods" or iphone? or "i-phone" or "i-phones" or android or ((tablet? or electronic) NEAR/3 (device? or computer?)) or (wireless NEXT technolog*) or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequency") NEXT wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or "electro-magnetic" or "electro-magnetics" or electromagnetism or "electro magnetism" or EMF or EMFs or radiofrequency or "radio-frequency" or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) NEAR/3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or WiFi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or ("wireless area" NEXT network*) or (wireless NEXT network*) or powerline? or "t ray" or "t rays" or ((terahertz or thz) NEAR/1 radiation?)) NEAR/10 (risk? or effect? or "public health" or expose? or exposure? or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlation* or symptom? or harmful)):ti,ab	5425
#8	[mh ^»Magnetic Fields»]	33
#9	[mh ^»Electromagnetic Fields»]	389
#10	[mh ^»Electromagnetic Phenomena»]	112
#11	[mh ^»Electromagnetic Radiation»]	9
#12	[mh ^Microwaves]	230
#13	[mh ^»Radio Waves»]	129
#14	[mh ^»Wireless Technology»]	45
#15	[mh ^»Terahertz Radiation»]	0
#16	{or #8-#15}	892
#17	(risk? or effect? or "public health" or expose? or exposure? or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlation* or symptom? or harmful)):ti,ab	1305766
#18	#16 and (#6 or #17)	713
#19	[mh ^»Cell Phone»]	800
#20	[mh ^Smartphone]	683
#21	[mh ^»Cell Phone Use»]	12
#22	{or #19-#21}	1485
#23	(radiation? or station? or mast? or transmitter? or antenna? or wave? or expose? or exposure?):ti,ab	106936
#24	#22 and #23	133
#25	#6 or #7 or #18 or #24 with Cochrane Library publication date Between Jan 2012 and Dec 2022	5167
#26	#25 in Cochrane Reviews	51

Database: Epistemonikos

Dato: 21,10,2022

Antall unike treff: 2582

Kommentar: Begrensninger i databasens søkemuligheter gjør det nødvendig med et forenklet søk.

Title/Abstract: ("cell phone" or "cell phones" or "cellular phone" or "cellular phones" or "mobile phone" or "mobile phones" or "cordless phone" or "cordless phones" or "cell telephone" or "cell telephones" or "cellular telephone" or "cellular telephones" or "mobile telephone" or "mobile telephones" or "cordless telephone" or "cordless telephones" or "cell technology" or "cell technologies" or "cellular technology" or "cellular technologies" or "mobile technology" or "mobile technologies" or "cordless technology" or "cordless technologies" or "cell device" or "cell devices" or "cellular device" or "cellular devices" or "mobile device" or "mobile devices" or "cordless device" or "cordless devices" or smartphone* or "smart-phone" or "smart-phones" or cellphone* or mobiles or ipad* or "i-pad" or "i-pads" or ipod* or "i-pod" or "i-pods" or iphone* or "i-phone" or "i-phones" or android or "tablet device" or "tablet devices" or "electronic device" or "electronic devices" or "tablet computer" or "tablet computers" or "electronic computer" or "electronic computers") **AND** (risk* or effect* or "public health" or expose* or exposure* or connection* or impact* or link* or linked or outcome* or correlation* or symptom* or harmful) **AND 2012-2022 = 80** (Broad synthesis), **6** (structured summary), **1434** (SR)

Title/Abstract: ("wireless technology" or "wireless technologies" or "micro wave" or "ehf wave" or "short wave" or "hertzian wave" or "radio wave" or "high frequency wave" or "micro waves" or "ehf waves" or "short waves" or "hertzian waves" or "radio waves" or "high frequency waves" or radiowave* or shortwave* or hertzianwave* or microwave* or electromagnetic* or "electro-magnetic" or "electro-magnetics" or electromagnetism or "electro magnetism" or EMF or EMFs or radiofrequency or "radio-frequency" or "radio station" or "radio stations" or "telephone station" or "telephone stations" or "mobile station" or "mobile stations" or "base station" or "base stations" or "radar station" or "radar stations" or "radio mast" or "radio masts" or "telephone mast" or "telephone masts" or "mobile mast" or "mobile masts") **AND** (risk* or effect* or "public health" or expose* or exposure* or connection* or impact* or link* or linked or outcome* or correlation* or symptom* or harmful) **AND 2012-2022 = 19** (Broad synthesis), **15** (structured summary), **1133** (SR)

Title/Abstract: ("base mast" or "base masts" or "radar mast" or "radar masts" or "radio transmitter" or "radio transmitters" or "telephone transmitter" or "telephone transmitters" or "mobile transmitter" or "mobile transmitters" or "base transmitter" or "base transmitters" or "radar transmitter" or "radar transmitters" or "radio transmission" or "radio transmissions" or "telephone transmission" or "telephone transmissions" or "mobile transmission" or "mobile transmissions" or "base transmission" or "base transmissions" or "radar transmission" or "radar transmissions" or "radio antenna" or "radio antennas" or "telephone antenna" or "telephone antennas" or "mobile antenna" or "mobile antennas" or "base antenna" or "base antennas" or "radar antenna" or "radar antennas" or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or WiFi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or "wireless area network" or "wireless area networks" or "wireless network" or "wireless networks" or powerline* or "t ray" or "t rays" or "terahertz radiation" or "thz radiation" or "terahertz radiations" or "thz radiations") **AND** (risk* or effect* or "public health" or expose* or exposure* or connection* or impact* or link* or linked or outcome* or correlation* or symptom* or harmful) = **0**

Database: EMF-PORTAL

Dato: 21,10,2022

Antall unike treff: 367

Kommentar: Begrensninger i databasens søkemuligheter gjør det nødvendig med et forenklet søk.

(ta = risk OR ta = effect OR ta = "public health" OR ta = expose OR ta = exposure OR ta = connection OR ta = impact OR ta = link OR ta = outcome OR ta = correlation OR ta = symptom OR ta = harmful) AND year = 2012-2022 AND topic = review_survey_summary AND (frequencyRange = radio_frequency OR frequencyRange = mobile_communications)

OPPDATERINGSSØK REFERANSER 2012-2022

Kontaktperson: Dag Markus Eide/FHI
Søk: Astrid Nøstberg
Fagfelle: Ragnhild Agathe Ternes
Dublettsjekk i EndNote: Etter dublettkontroll: 165

Hvilket spørsmål skal litteratursøket besvare?
Hva er (helse)effekten ved eksponering for svake høyfrekvente elektromagnetiske felt?
Spørsmålet i PICO-format

Population (pasient)	Intervention (tiltak)	Comparison (sammenligning)	Outcome (utfall)
	Svake høyfrekvente elektromagnetiske felt, 100 kHz-300 GHz		Helseeffekt(er): kreft, nevrologiske symptomer, reproduksjon, fertilitet, apoptose, genotoksisitet...
Kjente relevante studier			
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935118300367?via=ihub https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562618/ NTP Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies in Sprague Dawley (Hsd:Sprague Dawley® SD®) Rats Exposed to Whole-body Radio Frequency Radiation at a Frequency (900 Mhz) and Modulations (GSM and CDMA) Used by Cell Phones: Technical Report 595 -			

Database: Ovid MEDLINE(R) and Epub Ahead of Print, In-Process, In-Data-Review & Other Non-Indexed Citations, Daily and Versions <1946 to September 11, 2024>

Dato: 11,09,2024

Antall treff: Totalt: 1151; etter kontroll mot tidligere treff: 8

#	Searches	Results
1	((cell or cellular or mobile or cordless) adj (phone? or telephone? or technolog* or device?)) or smartphone? or "smart-phone?" or cellphone? or "car phone?" or carphone? or mobiles or ipad? or "i-pad?" or ipod? or "i-pod?" or iphone? or "i-phone?" or android or ((tablet? or electronic) adj3 (device? or computer?)) or "digital radio?" or (DAB adj1 radio?) or "wireless technolog*" or "wireless communication" or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequenc*" or "ultrahigh frequenc*" or VHF or UHF) adj wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or "electro-magnetic?" or electromagnetism or "electro magnetism" or "magneto-electric" or magnetoelectric or "electronic magnetic" or "magnetic electrical" or EMF or EMFs or radiofrequenc* or "radio-frequenc*" or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) adj3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or wifi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or "wireless area network*" or "wireless network*" or powerline? or "t ray?" or ((terahertz or thz) adj1 radiation?)).tw,kf.	314728
2	exp Risk Factors/ or exp Risk Assessment/ or Public Health/	1314818
3	1 and 2	7433
4	((cell or cellular or mobile or cordless) adj (phone? or telephone? or technolog* or device?)) or smartphone? or "smart-phone?" or cellphone? or "car phone?" or carphone? or mobiles or ipad? or "i-pad?" or ipod? or "i-pod?" or iphone? or "i-phone?" or android or ((tablet? or electronic) adj3 (device? or computer?)) or "digital radio?" or (DAB adj1 radio?) or "wireless technolog*" or "wireless communication" or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequenc*" or "ultrahigh frequenc*" or VHF or UHF) adj wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or "electro-magnetic?" or electromagnetism or "electro magnetism" or "magneto-electric" or magnetoelectric or "electronic magnetic" or "magnetic electrical" or EMF or EMFs or radiofrequenc* or "radio-frequenc*" or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) adj3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or wifi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or "wireless area network*" or "wireless network*" or powerline? or "t ray?" or ((terahertz or thz) adj1 radiation?)) adj10 (risk? or effect? or "public health" or "community health" or "national health" or expos* or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlat* or symptom? or harmful)).tw,kf.	42767
5	(Magnetic Fields/ or electromagnetic fields/ or Electromagnetic Phenomena/ or Electromagnetic Radiation/ or Microwaves/ or Radio waves/ or Wireless Technology/ or Terahertz Radiation/) and (exp Risk Factors/ or exp Risk Assessment/ or Public Health/ or (risk? or effect? or "public health" or "community health" or "national health" or expos* or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlat* or symptom? or harmful)).tw,kf.)	31550
6	(Cell Phone/ or Smartphone/ or "Cell Phone Use"/) and (radiation? or station? or mast? or transmitter? or antenna? or wave? or expos*).tw,kf.	2678
7	or/3-6	66786
8	limit 7 to yr = "2012 -Current"	41774
9	limit 8 to "reviews (maximizes specificity)"	1308

10	Meta-Analysis/ or Network Meta-Analysis/ or ((systematic* adj2 review*) or metaanal* or "meta anal*" or (review and ((structured or database* or systematic*) adj2 search*)) or "integrative review*" or (evidence adj2 review*)).tw,kf,bt.	586798
11	9 or (8 and 10)	1554
12	(2023* or 2024*).ed,ep,yr,dp,dt.	2923403
13	(202210* or 202211* or 202212*).ep,ed,dt.	559386
14	11 and (12 or 13)	403
15	11 not 14	1151

Database: Embase <1974 to 2024 September 11>

Dato: 12,09,2024

Antall treff: Totalt: 1224; etter kontroll mot tidligere treff: 7

#	Searches	Results
1	((cell or cellular or mobile or cordless) adj (phone? or telephone? or technolog* or device?)) or smartphone? or "smart-phone?" or cellphone? or "car phone?" or carphone? or mobiles or ipad? or "i-pad?" or ipod? or "i-pod?" or iphone? or "i-phone?" or android or ((tablet? or electronic) adj3 (device? or computer?)) or "digital radio?" or (DAB adj1 radio?) or "wireless technolog*" or "wireless communication" or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequenc*" or "ultrahigh frequenc*" or VHF or UHF) adj wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or "electro-magnetic?" or electromagnetism or "electro magnetism" or "magneto-electric" or magnetolectric or "electronic magnetic" or "magnetic electrical" or EMF or EMFs or radiofrequenc* or "radio-frequenc*" or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) adj3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or wifi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or "wireless area network*" or "wireless network*" or powerline? or "t ray?" or ((terahertz or thz) adj1 radiation?)).tw,kf.	360608
2	risk factor/ or exp risk assessment/ or adverse outcome/ or public health/	2313572
3	1 and 2	15224
4	((cell or cellular or mobile or cordless) adj (phone? or telephone? or technolog* or device?)) or smartphone? or "smart-phone?" or cellphone? or "car phone?" or carphone? or mobiles or ipad? or "i-pad?" or ipod? or "i-pod?" or iphone? or "i-phone?" or android or ((tablet? or electronic) adj3 (device? or computer?)) or "digital radio?" or (DAB adj1 radio?) or "wireless technolog*" or "wireless communication" or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequenc*" or "ultrahigh frequenc*" or VHF or UHF) adj wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or "electro-magnetic?" or electromagnetism or "electro magnetism" or "magneto-electric" or magnetolectric or "electronic magnetic" or "magnetic electrical" or EMF or EMFs or radiofrequenc* or "radio-frequenc*" or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) adj3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or wifi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or "wireless area network*" or "wireless network*" or powerline? or "t ray?" or ((terahertz or thz) adj1 radiation?)) adj10 (risk? or effect? or "public health" or "community health" or "national health" or expos* or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlat* or symptom? or harmful?)).tw,kf.	51664
5	(magnetic field/ or electromagnetism/ or electromagnetic pulse/ or electromagnetic radiation/ or microwave radiation/ or radiofrequency radiation/ or terahertz radiation/ or wireless communication/) and (exp Risk Factors/ or exp Risk Assessment/ or Public Health/ or (risk? or effect? or "public health" or "community health" or "national health" or expos* or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlat* or symptom? or harmful?)).tw,kf.)	49171
6	(mobile phone/ or smartphone/ or "cell phone use/") and (radiation? or station? or mast? or transmitter? or antenna? or wave? or expos*)).tw,kf.	5780
7	or/3-6	100729
8	limit 7 to yr = "2012 -Current"	72370
9	limit 8 to "reviews (maximizes specificity)"	1956
10	exp Meta-Analysis/ or "systematic review"/ or ((systematic* adj2 review*) or metaanal* or "meta anal*" or (review and ((structured or database* or systematic*) adj2 search*)) or "integrative review*" or (evidence adj2 review*)).tw,kf,bt.	842064
11	9 or (8 and 10)	2800
12	limit 11 to (embase or "preprints (unpublished, non-peer reviewed)")	1880
13	(2023* or 2024*).yr,dd,dp,dc.	3671790

14	(202210* or 202211* or 202212*).dd,dc.	547658
15	12 and (13 or 14)	656
16	12 not 15	1224

Database: Web of Science

Dato: 12,09,2024

Antall treff: Totalt: 885; etter kontroll mot tidligere treff: 3

#	Search	Search mode	Hits
7	#5 NOT #6	Exact search	885
6	#5 Index date: 2022-10-01 to 2024-12-31	Exact search	348
5	#4 AND #3	Exact search	1,233
4	PY = (2012-2024)	Exact search	33,419,944
3	#2 AND #1	Exact search	1,354
2	TS = (("systematic*" NEAR/1 "review*") or ("review" and (("structured" or "database*" or "systematic*") NEAR/1 "search*")) or "integrative review*" or ("evidence" NEAR/1 "review*")) OR TI = ("metaanal*" or "meta anal*") OR AB = ("metaanal*" or "meta anal*")	Exact search	663,528
1	TS = (((cell or cellular or mobile or cordless) NEAR/0 (phone\$ or telephone\$ or technolog* or device\$)) or smartphone\$ or "smart-phone\$" or cellphone\$ or "car phone\$" or carphone\$ or mobiles or ipad\$ or "i-pad\$" or ipod\$ or "i-pod\$" or iphone\$ or "i-phone\$" or android or ((tablet\$ or electronic) NEAR/2 (device\$ or computer\$)) or "digital radio\$" or (DAB NEAR/0 radio\$) or "wireless technolog*" or "wireless communication" or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequenc*" or "ultrahigh frequenc*" or VHF or UHF) NEAR/0 wave\$) or radiowave\$ or shortwave\$ or hertzianwave\$ or microwave\$ or electromagnetic\$ or "electro-magnetic\$" or electromagnetism or "electro magnetism" or "magneto-electric" or magnetoelectric or "electronic magnetic" or "magnetic electrical" or EMF or EMFs or radiofrequenc* or "radio-frequenc*" or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) NEAR/2 (station\$ or mast\$ or transmit* or transmission* or antenna\$)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or wifi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or "wireless area network*" or "wireless network*" or powerline\$ or "t ray\$" or ((terahertz or thz) NEAR/0 radiation\$)) NEAR/9 (risk\$ or effect\$ or "public health" or "community health" or "national health" or expos* or connection\$ or impact\$ or link\$ or linked or outcome\$ or correlat* or symptom\$ or harmful))	Exact search	109,455

Database: Cochrane Database of Systematic Reviews, Issue 9 of 12, September 2024

Dato: 12,09,2024

Antall treff: Totalt: 46; etter kontroll mot tidligere treff: 0

ID	Search	Hits
#1	(((cell or cellular or mobile or cordless) NEXT (phone? or telephone? or technolog* or device?)) or smartphone? or "smart-phone" or "smart-phones" or cellphone? or "car phone" or "car phones" or carphone? or mobiles or ipad? or "i-pad" or "i-pads" or ipod? or "i-pod" or "i-pods" or iphone? or "i-phone" or "i-phones" or android or ((tablet? or electronic) NEAR/3 (device? or computer?)) or "digital radio" or "digital radios" or (DAB NEAR/1 radio?) or (wireless NEXT technolog*) or "wireless communication" or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequency" or "high frequencies" or "ultrahigh frequency" or "ultrahigh frequencies" or VHF or UHF) NEXT wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or "electro-magnetic" or "electro-magnetics" or electromagnetism or "electro magnetism" or "magneto-electric" or magnetoelectric or	34018

	"electronic magnetic" or "magnetic electrical" or EMF or EMFs or radiofrequenc* or "radio-frequency" or "radio-frequencies" or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) NEAR/3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or wifi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or ("wireless area" NEXT network*) or (wireless NEXT network*) or powerline? or "t ray" or "t rays" or ((terahertz or thz) NEAR/1 radiation?);ti,ab	
#2	[mh "Risk Factors"]	38391
#3	[mh "Risk Assessment"]	13686
#4	[mh ^"Public Health"]	586
#5	{or #2-#4}	47570
#6	#1 and #5	447
#7	(((((cell or cellular or mobile or cordless) NEXT (phone? or telephone? or technolog* or device?)) or smartphone? or "smart-phone" or "smart-phones" or cellphone? or "car phone" or "car phones" or carphone? or mobiles or ipad? or "i-pad" or "i-pads" or ipod? or "i-pod" or "i-pods" or iphone? or "i-phone" or "i-phones" or android or ((tablet? or electronic) NEAR/3 (device? or computer?)) or "digital radio" or "digital radios" or (DAB NEAR/1 radio?) or (wireless NEXT technolog*) or "wireless communication" or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequency" or "high frequencies" or "ultrahigh frequency" or "ultrahigh frequencies" or VHF or UHF) NEXT wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or "electro-magnetic" or "electro-magnetics" or electromagnetism or "electro magnetism" or "magneto-electric" or magnetoelectric or "electronic magnetic" or "magnetic electrical" or EMF or EMFs or radiofrequenc* or "radio-frequency" or "radio-frequencies" or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) NEAR/3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or wifi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or ("wireless area" NEXT network*) or (wireless NEXT network*) or powerline? or "t ray" or "t rays" or ((terahertz or thz) NEAR/1 radiation?)) NEAR/10 (risk? or effect? or "public health" or "community health" or "national health" or expos* or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlat* or symptom? or harmful));ti,ab	7003
#8	[mh ^"Magnetic Fields"]	51
#9	[mh ^"Electromagnetic Fields"]	500
#10	[mh ^"Electromagnetic Phenomena"]	154
#11	[mh ^"Electromagnetic Radiation"]	15
#12	[mh ^Microwaves]	305
#13	[mh ^"Radio Waves"]	163
#14	[mh ^"Wireless Technology"]	73
#15	[mh ^"Terahertz Radiation"]	0
#16	{or #8-#15}	1189
#17	(risk? or effect? or "public health" or "community health" or "national health" or expos* or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlat* or symptom? or harmful):ti,ab	1542882
#18	#16 and (#5 or #17)	945
#19	[mh ^"Cell Phone"]	1058
#20	[mh ^Smartphone]	1203
#21	[mh ^"Cell Phone Use"]	21
#22	{or #19-#21}	2265
#23	(radiation? or station? or mast? or transmitter? or antenna? or wave? or expos*);ti,ab	124859
#24	#22 and #23	177
#25	#6 or #7 or #18 or #24	7853
#26	#25 with Cochrane Library publication date Between Jan 2012 and Dec 2024	6922
#27	#26 in Cochrane Reviews, Cochrane Protocols	54
#28	#27 with Cochrane Library publication date Between Oct 2022 and Dec 2024	8
#29	#27 NOT #28	46

Database: Epistemonikos

Dato: 12,09,2024

Antall treff: 2702; etter kontroll mot tidligere treff: 124

Kommentar: Begrensninger i databasens søkemuligheter gjør det nødvendig med et forenklet søk.

Title/Abstract: ("cell phone" or "cell phones" or "cellular phone" or "cellular phones" or "mobile phone" or "mobile phones" or "cordless phone" or "cordless phones" or "cell telephone" or "cell telephones" or "cellular telephone" or "cellular telephones" or "mobile telephone" or "mobile telephones" or "cordless telephone" or "cordless telephones" or "cell technology" or "cell

technologies" or "cellular technology" or "cellular technologies" or "mobile technology" or "mobile technologies" or "cordless technology" or "cordless technologies" or "cell device" or "cell devices" or "cellular device" or "cellular devices" or "mobile device" or "mobile devices" or "cordless device" or "cordless devices" or "smartphone*" or "smart phone" or "smart-phone" or "smart phones" or "smart-phones" or "cellphone*" or "car phone" or "car-phone" or "car phones" or "car-phones" or "carphone*" or "mobiles or ipad*" or "i-pad" or "i pad" or "i-pads" or "i pads" or "ipod*" or "i-pod" or "i pod" or "i-pods" or "i pods" or "iphone*" or "i-phone" or "i phone" or "i-phones" or "i phones" or "android" or "tablet device" or "tablet devices" or "electronic device" or "electronic devices" or "tablet computer" or "tablet computers" or "electronic computer" or "electronic computers") AND (risk or risks or effect or effects or "public health" or "community health" or "national health" or "expos*" or "connection*" or "impact*" or "link or links or linked or outcome*" or "correlat*" or "symptom*" or "harmful") AND 2012-2024

Added to database: 01,01,2012-30,09,2022 = 108 (Broad synthesis), 3 (Structured summary), 1314 (SR)

Title/Abstract: ("digital radio" or "digital radios" or "DAB radio" or "DAB radios" or "radio DAB" or "radios DAB" or "wireless technology" or "wireless technologies" or "wireless communication" or "micro wave" or "ehf wave" or "short wave" or "hertzian wave" or "radio wave" or "high frequency wave" or "high frequencies wave" or "ultrahigh frequency wave" or "ultrahigh frequencies wave" or "VHF wave" or "UHF wave" or "micro waves" or "ehf waves" or "short waves" or "hertzian waves" or "radio waves" or "high frequency waves" or "high frequencies waves" or "ultrahigh frequency waves" or "ultrahigh frequencies waves" or "VHF waves" or "UHF waves" or "radiowave*" or "shortwave*" or "hertzianwave*" or "microwave*" or "electromagnetic*" or "electro-magnetic" or "electro magnetic" or "electro-magnetics" or "electro magnetics" or "electromagnetism" or "electro magnetism" or "electro-magnetism" or "magneto-electric" or "magneto electric" or "magnetoelectric" or "electronic magnetic" or "electronic-magnetic" or "magnetic electrical" or "magnetic-electrical" or "EMF" or "EMFs" or "radiofrequenc*" or "radio-frequency" or "radio-frequencies" or "radio frequency" or "radio frequencies" or "radio station" or "radio stations" or "telephone station" or "telephone stations" or "mobile station" or "mobile stations" or "base station" or "base stations" or "radar station" or "radar stations" or "radio mast" or "radio masts" or "telephone mast" or "telephone masts") AND (risk or risks or effect or effects or "public health" or "community health" or "national health" or "expos*" or "connection*" or "impact*" or "link or links or linked or outcome*" or "correlat*" or "symptom*" or "harmful") AND 2012-2024

Added to database: 01,01,2012-30,09,2022 = 24 (Broad synthesis), 10 (Structured summary), 1068 (SR)

Title/Abstract: ("mobile mast" or "mobile masts" or "base mast" or "base masts" or "radar mast" or "radar masts" or "radio transmitter" or "radio transmitters" or "telephone transmitter" or "telephone transmitters" or "mobile transmitter" or "mobile transmitters" or "base transmitter" or "base transmitters" or "radar transmitter" or "radar transmitters" or "radio transmission" or "radio transmissions" or "telephone transmission" or "telephone transmissions" or "mobile transmission" or "mobile transmissions" or "base transmission" or "base transmissions" or "radar transmission" or "radar transmissions" or "radio antenna" or "radio antennas" or "telephone antenna" or "telephone antennas" or "mobile antenna" or "mobile antennas" or "base antenna" or "base antennas" or "radar antenna" or "radar antennas" or "TETRA" or "GSM" or "UMTS" or "LTE" or "5G" or "4G" or "mhz" or "ghz" or "wifi" or "wi-fi" or "wi fi" or "wlan" or "w-lan" or "w lan" or "wireless area network" or "wireless area networks" or "wireless network" or "wireless networks" or "powerline*" or "t ray" or "t-ray" or "t rays" or "t-rays" or "terahertz radiation" or "thz radiation" or "terahertz radiations" or "thz radiations") AND (risk or risks or effect or effects or "public health" or "community health" or "national health" or "expos*" or "connection*" or "impact*" or "link or links or linked or outcome*" or "correlat*" or "symptom*" or "harmful") AND 2012-2024

Added to database: 01,01,2012-30,09,2022 = 5 (Broad synthesis), 2 (Structured summary), 168 (SR)

Database: EMF-PORTAL

Dato: 12,09,2024

Antall treff: 396; etter kontroll mot tidligere treff: 31

Kommentar: Begrensninger i databasens søkemuligheter gjør det nødvendig med et forenklet søk.

(ta = risk OR ta = effect OR ta = health OR ta = expose OR ta = exposure OR ta = connection OR ta = impact OR ta = link OR ta = linked OR ta = outcome OR ta = correlation OR ta = symptom OR ta = harmful) AND year = 2012-2022 AND topic = review_survey_summary AND (frequencyRange = radio_frequency OR frequencyRange = mobile_communications)

SVAKE HØYFREKVENTE FELT – ENDRET UTVIDET SØK 2012-2024

Kontaktperson: Dag Markus Eide/FHI
Søk: Astrid Nøstberg
Fagfelle: Ragnhild Agathe Ternes
Dublettsjekk i EndNote: Før dublettkontroll: 2584
Etter dublettkontroll: 1669

Hvilket spørsmål skal litteratursøket besvare?			
Hva er (helse)effekten ved eksponering for svake høyfrekvente elektromagnetiske felt?			
Spørsmålet i PICO-format			
Population (pasient)	Intervention (tiltak)	Comparison (sammenligning)	Outcome (utfall)
	Svake høyfrekvente elektromagnetiske felt, 100 kHz-300 GHz		Helseeffekt(er): kreft, nevrologiske symptomer, reproduksjon, fertilitet, apoptose, genotoksisitet...
Kjente relevante studier			
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935118300367?via %3Dihub https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562618/ NTP Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies in Sprague Dawley (Hsd:Sprague Dawley® SD®) Rats Exposed to Whole-body Radio Frequency Radiation at a Frequency (900 Mhz) and Modulations (GSM and CDMA) Used by Cell Phones: Technical Report 595 -			

Database: Ovid MEDLINE(R) and Epub Ahead of Print, In-Process, In-Data-Review & Other Non-Indexed Citations, Daily and Versions <1946 to September 09, 2024>

Dato: 10,09,2024

Antall treff: Totalt: 1550; 2022-2024: 399

#	Searches	Results
1	((cell or cellular or mobile or cordless) adj (phone? or telephone? or technolog* or device?)) or smartphone? or "smart-phone?" or cellphone? or "car phone?" or carphone? or mobiles or ipad? or "i-pad?" or ipod? or "i-pod?" or iphone? or "i-phone?" or android or ((tablet? or electronic) adj3 (device? or computer?)) or "digital radio?" or (DAB adj1 radio?) or "wireless technolog*" or "wireless communication" or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequenc*" or "ultrahigh frequenc*" or VHF or UHF) adj wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or "electro-magnetic?" or electromagnetism or "electro magnetism" or "magneto-electric" or magnetoelectric or "electronic magnetic" or "magnetic electrical" or EMF or EMFs or radiofrequenc* or "radio-frequenc*" or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) adj3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or wifi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or "wireless area network*" or "wireless network*" or powerline? or "t ray?" or ((terahertz or thz) adj1 radiation?)).tw,kf.	314675
2	exp Risk Factors/ or exp Risk Assessment/ or Public Health/	1314653
3	1 and 2	7433
4	((cell or cellular or mobile or cordless) adj (phone? or telephone? or technolog* or device?)) or smartphone? or "smart-phone?" or cellphone? or "car phone?" or carphone? or mobiles or ipad? or "i-pad?" or ipod? or "i-pod?" or iphone? or "i-phone?" or android or ((tablet? or electronic) adj3 (device? or computer?)) or "digital radio?" or (DAB adj1 radio?) or "wireless technolog*" or "wireless communication" or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequenc*" or "ultrahigh frequenc*" or VHF or UHF) adj wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or "electro-magnetic?" or electromagnetism or "electro magnetism" or "magneto-electric" or magnetoelectric or "electronic magnetic" or "magnetic electrical" or EMF or EMFs or radiofrequenc* or "radio-frequenc*" or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) adj3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or wifi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or "wireless area network*" or "wireless network*" or powerline? or "t ray?" or ((terahertz or thz) adj1 radiation?)) adj10 (risk? or effect? or "public health" or "community health" or "national health" or expos* or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlat* or symptom? or harmful).tw,kf.	42753
5	(Magnetic Fields/ or electromagnetic fields/ or Electromagnetic Phenomena/ or Electromagnetic Radiation/ or Microwaves/ or Radio waves/ or Wireless Technology/ or Terahertz Radiation/) and (exp Risk Factors/ or exp Risk Assessment/ or Public Health/ or (risk? or effect? or "public health" or "community health" or "national health" or expos* or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlat* or symptom? or harmful).tw,kf.)	31549

6	(Cell Phone/ or Smartphone/ or "Cell Phone Use"/) and (radiation? or station? or mast? or transmitter? or antenna? or wave? or expos*).tw,kf.	2675
7	or/3-6	66771
8	limit 7 to yr = "2012 -Current"	41759
9	limit 8 to "reviews (maximizes specificity)"	1304
10	Meta-Analysis/ or Network Meta-Analysis/ or ((systematic* adj2 review*) or metaanal* or "meta anal*" or (review and ((structured or database* or systematic*) adj2 search*)) or "integrative review*" or (evidence adj2 review*)).tw,kf,bt.	586454
11	9 or (8 and 10)	1550
12	(2023* or 2024*).ed,ep,yr,dp,dt.	2918203
13	(202210* or 202211* or 202212*).ep,ed,dt.	559399
14	11 and (12 or 13)	399

Database: Embase <1974 to 2024 September 09>

Dato: 10,09,2024

Antall treff: Totalt: 1878; 2022-2024: 654

#	Searches	Results
1	((((cell or cellular or mobile or cordless) adj (phone? or telephone? or technolog* or device?)) or smartphone? or "smart-phone?" or cellphone? or "car phone?" or carphone? or mobiles or ipad? or "i-pad?" or ipod? or "i-pod?" or iphone? or "i-phone?" or android or ((tablet? or electronic) adj3 (device? or computer?)) or "digital radio?" or (DAB adj1 radio?) or "wireless technolog*" or "wireless communication" or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequenc*" or "ultrahigh frequenc*" or VHF or UHF) adj wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or "electro-magnetic?" or electromagnetism or "electro magnetism" or "magneto-electric" or magnetoelectric or "electronic magnetic" or "magnetic electrical" or EMF or EMFs or radiofrequenc* or "radio-frequenc*" or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) adj3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or wifi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or "wireless area network*" or "wireless network*" or powerline? or "t ray?" or ((terahertz or thz) adj1 radiation?)).tw,kf.	360460
2	risk factor/ or exp risk assessment/ or adverse outcome/ or public health/	2312925
3	1 and 2	15220
4	((((cell or cellular or mobile or cordless) adj (phone? or telephone? or technolog* or device?)) or smartphone? or "smart-phone?" or cellphone? or "car phone?" or carphone? or mobiles or ipad? or "i-pad?" or ipod? or "i-pod?" or iphone? or "i-phone?" or android or ((tablet? or electronic) adj3 (device? or computer?)) or "digital radio?" or (DAB adj1 radio?) or "wireless technolog*" or "wireless communication" or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequenc*" or "ultrahigh frequenc*" or VHF or UHF) adj wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or "electro-magnetic?" or electromagnetism or "electro magnetism" or "magneto-electric" or magnetoelectric or "electronic magnetic" or "magnetic electrical" or EMF or EMFs or radiofrequenc* or "radio-frequenc*" or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) adj3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or wifi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or "wireless area network*" or "wireless network*" or powerline? or "t ray?" or ((terahertz or thz) adj1 radiation?)) adj10 (risk? or effect? or "public health" or "community health" or "national health" or expos* or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlat* or symptom? or harmful)).tw,kf.	51641
5	(magnetic field/ or electromagnetism/ or electromagnetic pulse/ or electromagnetic radiation/ or microwave radiation/ or radiofrequency radiation/ or terahertz radiation/ or wireless communication/) and (exp Risk Factors/ or exp Risk Assessment/ or Public Health/ or (risk? or effect? or "public health" or "community health" or "national health" or expos* or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlat* or symptom? or harmful)).tw,kf.)	49154
6	(mobile phone/ or smartphone/ or "cell phone use"/) and (radiation? or station? or mast? or transmitter? or antenna? or wave? or expos*).tw,kf.	5779
7	or/3-6	100690
8	limit 7 to yr = "2012 -Current"	72331
9	limit 8 to "reviews (maximizes specificity)"	1954
10	exp Meta-Analysis/ or "systematic review"/ or ((systematic* adj2 review*) or metaanal* or "meta anal*" or (review and ((structured or database* or systematic*) adj2 search*)) or "integrative review*" or (evidence adj2 review*)).tw,kf,bt.	841517

11	9 or (8 and 10)	2798
12	limit 11 to (embase or "preprints (unpublished, non-peer reviewed)")	1878
13	(2023* or 2024*).yr,dd,dp,dc.	3660902
14	(202210* or 202211* or 202212*).dd,dc.	547658
15	12 and (13 or 14)	654

Database: Web of Science

Dato: 10,09,2024

Antall treff: Totalt: 1233; 2022-2024: 348

#	Search	Search mode	Hits
6	#5 Index date: 2022-10-01 to 2024-12-31	Exact search	348
5	#4 AND #3	Exact search	1,233
4	PY = (2012-2024)	Exact search	33,403,573
3	#2 AND #1	Exact search	1,354
2	TS = (("systematic*" NEAR/1 "review*") or ("review" and (("structured" or "database*" or "systematic*") NEAR/1 "search*")) or "integrative review*" or ("evidence" NEAR/1 "review*")) OR TI = ("metaanal*" or "meta anal*") OR AB = ("metaanal*" or "meta anal*")	Exact search	663,268
1	TS = (((cell or cellular or mobile or cordless) NEAR/0 (phone\$ or telephone\$ or technolog* or device\$)) or smartphone\$ or "smart-phone\$" or cellphone\$ or "car phone\$" or carphone\$ or mobiles or ipad\$ or "i-pad\$" or ipod\$ or "i-pod\$" or iphone\$ or "i-phone\$" or android or ((tablet\$ or electronic) NEAR/2 (device\$ or computer\$)) or "digital radio\$" or (DAB NEAR/0 radio\$) or "wireless technolog*" or "wireless communication" or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequenc*" or "ultrahigh frequenc*" or VHF or UHF) NEAR/0 wave\$) or radiowave\$ or shortwave\$ or hertzianwave\$ or microwave\$ or electromagnetic\$ or "electro-magnetic\$" or electromagnetism or "electro magnetism" or "magneto-electric" or magnetoelectric or "electronic magnetic" or "magnetic electrical" or EMF or EMFs or radiofrequenc* or "radio-frequenc*" or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) NEAR/2 (station\$ or mast\$ or transmit* or transmission* or antenna\$)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or wifi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or "wireless area network*" or "wireless network*" or powerline\$ or "t ray\$" or ((terahertz or thz) NEAR/0 radiation\$)) NEAR/9 (risk\$ or effect\$ or "public health" or "community health" or "national health" or expos* or connection\$ or impact\$ or link\$ or linked or outcome\$ or correlat* or symptom\$ or harmful))	Exact search	109,425

Database: Cochrane Database of Systematic Reviews, Issue 9 of 12, September 2024

Dato: 10,09,2024

Antall treff: Totalt: 54; 2022-2024: 8

ID	Search	Hits
#1	((cell or cellular or mobile or cordless) NEXT (phone? or telephone? or technolog* or device?)) or smartphone? or "smart-phone" or "smart-phones" or cellphone? or "car phone" or "car phones" or carphone? or mobiles or ipad? or "i-pad" or "i-pads" or ipod? or "i-pod" or "i-pods" or iphone? or "i-phone" or "i-phones" or android or ((tablet? or electronic) NEAR/3 (device? or computer?)) or "digital radio" or "digital radios" or (DAB NEAR/1 radio?) or (wireless NEXT technolog*) or "wireless communication" or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequency" or "high frequencies" or "ultrahigh frequency" or "ultrahigh frequencies" or VHF or UHF) NEXT wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or "electro-magnetic" or "electro-magnetics" or electromagnetism or "electro magnetism" or "magneto-electric" or magnetoelectric or	34018

	"electronic magnetic" or "magnetic electrical" or EMF or EMFs or radiofrequenc* or "radio-frequency" or "radio-frequencies" or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) NEAR/3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or wifi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or ("wireless area" NEXT network*) or (wireless NEXT network*) or powerline? or "t ray" or "t rays" or ((terahertz or thz) NEAR/1 radiation?);ti,ab	
#2	[mh "Risk Factors"]	38391
#3	[mh "Risk Assessment"]	13686
#4	[mh ^"Public Health"]	586
#5	{or #2-#4}	47570
#6	#1 and #5	447
#7	(((cell or cellular or mobile or cordless) NEXT (phone? or telephone? or technolog* or device?)) or smartphone? or "smart-phone" or "smart-phones" or cellphone? or "car phone" or "car phones" or carphone? or mobiles or ipad? or "i-pad" or "i-pads" or ipod? or "i-pod" or "i-pods" or iphone? or "i-phone" or "i-phones" or android or ((tablet? or electronic) NEAR/3 (device? or computer?)) or "digital radio" or "digital radios" or (DAB NEAR/1 radio?) or (wireless NEXT technolog*) or "wireless communication" or ((micro or ehf or short or hertzian or radio or "high frequency" or "high frequencies" or "ultrahigh frequency" or "ultrahigh frequencies" or VHF or UHF) NEXT wave?) or radiowave? or shortwave? or hertzianwave? or microwave? or electromagnetic? or "electro-magnetic" or "electro-magnetics" or electromagnetism or "electro magnetism" or "magneto-electric" or magnetoelectric or "electronic magnetic" or "magnetic electrical" or EMF or EMFs or radiofrequenc* or "radio-frequency" or "radio-frequencies" or ((radio or telephon* or mobile or base or radar) NEAR/3 (station? or mast? or transmit* or transmission* or antenna?)) or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or wifi or "wi-fi" or wlan or "w-lan" or ("wireless area" NEXT network*) or (wireless NEXT network*) or powerline? or "t ray" or "t rays" or ((terahertz or thz) NEAR/1 radiation?)) NEAR/10 (risk? or effect? or "public health" or "community health" or "national health" or expos* or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlat* or symptom? or harmful);ti,ab	7003
#8	[mh ^"Magnetic Fields"]	51
#9	[mh ^"Electromagnetic Fields"]	500
#10	[mh ^"Electromagnetic Phenomena"]	154
#11	[mh ^"Electromagnetic Radiation"]	15
#12	[mh ^Microwaves]	305
#13	[mh ^"Radio Waves"]	163
#14	[mh ^"Wireless Technology"]	73
#15	[mh ^"Terahertz Radiation"]	0
#16	{or #8-#15}	1189
#17	(risk? or effect? or "public health" or "community health" or "national health" or expos* or connection? or impact? or link? or linked or outcome? or correlat* or symptom? or harmful);ti,ab	1542881
#18	#16 and (#5 or #17)	945
#19	[mh ^"Cell Phone"]	1058
#20	[mh ^Smartphone]	1203
#21	[mh ^"Cell Phone Use"]	21
#22	{or #19-#21}	2265
#23	(radiation? or station? or mast? or transmitter? or antenna? or wave? or expos*);ti,ab	124859
#24	#22 and #23	177
#25	#6 or #7 or #18 or #24	7853
#26	#25 with Cochrane Library publication date Between Jan 2012 and Dec 2024	6922
#27	#26 in Cochrane Reviews, Cochrane Protocols	54
#28	#27 with Cochrane Library publication date Between Oct 2022 and Dec 2024	8

Database: Epistemonikos

Dato: 10,09,2024

Antall unike treff: 1037

Kommentar: Begrensninger i databasens søkemuligheter gjør det nødvendig med et forenklet søk.

Title/Abstract: ("cell phone" or "cell phones" or "cellular phone" or "cellular phones" or "mobile phone" or "mobile phones" or "cordless phone" or "cordless phones" or "cell telephone" or "cell telephones" or "cellular telephone" or "cellular telephones"

or "mobile telephone" or "mobile telephones" or "cordless telephone" or "cordless telephones" or "cell technology" or "cell technologies" or "cellular technology" or "cellular technologies" or "mobile technology" or "mobile technologies" or "cordless technology" or "cordless technologies" or "cell device" or "cell devices" or "cellular device" or "cellular devices" or "mobile device" or "mobile devices" or "cordless device" or "cordless devices" or smartphone* or "smart phone" or "smart-phone" or "smart phones" or "smart-phones" or cellphone* or "car phone" or "car-phone" or "car phones" or "car-phones" or carphone* or mobiles or ipad* or "i-pad" or "i pad" or "i-pads" or "i pads" or ipod* or "i-pod" or "i pod" or "i-pods" or "i pods" or iphone* or "i-phone" or "i phone" or "i-phones" or "i phones" or android or "tablet device" or "tablet devices" or "electronic device" or "electronic devices" or "tablet computer" or "tablet computers" or "electronic computer" or "electronic computers") AND (risk or risks or effect or effects or "public health" or "community health" or "national health" or expos* or connection* or impact* or link or links or linked or outcome* or correlat* or symptom* or harmful) AND 2012-2024

Added to database: 01,10,2022-04,09,2024 = 70 (Broad synthesis), 520 (SR)

Title/Abstract: ("digital radio" or "digital radios" or "DAB radio" or "DAB radios" or "radio DAB" or "radios DAB" or "wireless technology" or "wireless technologies" or "wireless communication" or "micro wave" or "ehf wave" or "short wave" or "hertzian wave" or "radio wave" or "high frequency wave" or "high frequencies wave" or "ultrahigh frequency wave" or "ultrahigh frequencies wave" or "VHF wave" or "UHF wave" or "micro waves" or "ehf waves" or "short waves" or "hertzian waves" or "radio waves" or "high frequency waves" or "high frequencies waves" or "ultrahigh frequency waves" or "ultrahigh frequencies waves" or "VHF waves" or "UHF waves" or radiowave* or shortwave* or hertzianwave* or microwave* or electromagnetic* or "electro-magnetic" or "electro magnetic" or "electro-magnetics" or "electro magnetics" or electromagnetism or "electro magnetism" or "electro-magnetism" or "magneto-electric" or "magneto electric" or magnetolectric or "electronic magnetic" or "electronic-magnetic" or "magnetic electrical" or "magnetic-electrical" or EMF or EMFs or radiofrequenc* or "radio-frequency" or "radio-frequencies" or "radio frequency" or "radio frequencies" or "radio station" or "radio stations" or "telephone station" or "telephone stations" or "mobile station" or "mobile stations" or "base station" or "base stations" or "radar station" or "radar stations" or "radio mast" or "radio masts" or "telephone mast" or "telephone masts") AND (risk or risks or effect or effects or "public health" or "community health" or "national health" or expos* or connection* or impact* or link or links or linked or outcome* or correlat* or symptom* or harmful) AND 2012-2024

Added to database 01,10,2022-04,09,2024: 8 (Broad synthesis), 400 (SR)

Title/Abstract: ("mobile mast" or "mobile masts" or "base mast" or "base masts" or "radar mast" or "radar masts" or "radio transmitter" or "radio transmitters" or "telephone transmitter" or "telephone transmitters" or "mobile transmitter" or "mobile transmitters" or "base transmitter" or "base transmitters" or "radar transmitter" or "radar transmitters" or "radio transmission" or "radio transmissions" or "telephone transmission" or "telephone transmissions" or "mobile transmission" or "mobile transmissions" or "base transmission" or "base transmissions" or "radar transmission" or "radar transmissions" or "radio antenna" or "radio antennas" or "telephone antenna" or "telephone antennas" or "mobile antenna" or "mobile antennas" or "base antenna" or "base antennas" or "radar antenna" or "radar antennas" or TETRA or GSM or UMTS or LTE or 5G or 4G or mhz or ghz or wifi or "wi-fi" or "wi fi" or wlan or "w-lan" or "w lan" or "wireless area network" or "wireless area networks" or "wireless network" or "wireless networks" or powerline* or "t ray" or "t-ray" or "t rays" or "t-rays" or "terahertz radiation" or "thz radiation" or "terahertz radiations" or "thz radiations") AND (risk or risks or effect or effects or "public health" or "community health" or "national health" or expos* or connection* or impact* or link or links or linked or outcome* or correlat* or symptom* or harmful) AND 2012-2024

Added to database 01,10,2022-04,09,2024: 9 (Broad synthesis), 59 (SR)

Database: EMF-PORTAL

Dato: 10,09,2024

Antall treff: 138

Kommentar: Begrensninger i databasens søkemuligheter gjør det nødvendig med et forenklet søk.

(ta = risk OR ta = effect OR ta = "public health" OR ta = "community health" OR ta = "national health" OR ta = expose OR ta = exposure OR ta = connection OR ta = impact OR ta = link OR ta = linked OR ta = outcome OR ta = correlation OR ta = symptom OR ta = harmful) AND year = 2022-2024 AND topic = review_survey_summary AND (frequencyRange = radio_frequency OR frequencyRange = mobile_communications)
= 138

Vedlegg 2: ROBIS av studier vurdert i full tekst

Tabell 12 Kvalitetsvurderinger gjort med ROBIS-sjekklisten.

(kontrollspørsmål i neste tabell)

Kort tittel (år)	1,1 ¹	1,2	1,3	1,4	1,5	B.1 ²	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	B.2	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	B.3	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	B.4	D	R	S	Σ
Benke (2024)	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	J	L	J	J	J	L
Bertagna (2021)	N	aJ	N	aJ	J	U	J	N	aJ	N	N	H	J	—	aN	aJ	N	H	aJ	aJ	aN	N	—	N	H	N	aJ	aJ	H
Bodewein (2022)	J	J	J	aJ	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	aJ	aJ	J	L	J	J	aJ	J	J	J	U	J	J	J	U
Bortkiewicz (2017)	N	J	aJ	J	aJ	U	aJ	N	aJ	aJ	N	U	—	J	J	N	N	H	aN	—	J	J	aN	N	H	N	aJ	J	H
Bosch-Capblanch (2024)	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	aN	J	J	J	L	J	J	J	aJ	aJ	J	L	J	J	J	L
Chen (2021)	J	aJ	J	aJ	aJ	L	J	J	aJ	—	aN	U	aJ	N	aJ	J	aJ	U	aN	aJ	J	J	J	aJ	L	N	aJ	N	U
Choi (2020)	N	N	J	aJ	N	H	J	J	J	aJ	J	L	—	J	aJ	J	J	U	N	J	N	N	J	aN	H	N	aN	J	H
Cordelli (2023)	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	aJ	J	J	L	aJ	J	J	J	J	J	L	J	J	J	L
Cordelli (2024)	J	aJ	J	aJ	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	J	L	J	J	J	L

¹ ROBIS karakter: J = ja (full score), aJ = antagelig ja (litt trekk for mangler), aN = antagelig nei (mangler, men muligens vurdert), N = nei, viktig informasjon utelatt), – = ingen informasjon.

² Risiko for bias i underseksjoner/oppsummert endelig risiko for bias (Σ) : Lav = lav risiko, U = uklar risiko H = høy risiko for bias

Kort tittel (år)	1,1 ¹	1,2	1,3	1,4	1,5	B.1 ²	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	B.2	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	B.3	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	B.4	D	R	S	Σ
Johnson (2024)	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	J	L	J	J	J	L
Kacprzyk (2021)	—	J	J	J	J	U	J	J	J	J	aJ	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	J	L	J	J	J	U
Karipidis (2024)	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	J	L	J	J	J	L
Karipidis (2025)	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	J	L	J	J	J	L
Kenny (2024)	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	J	L	J	J	J	L
Kim (2021)	aJ	N	N	N	aN	H	N	J	aJ	N	aN	H	—	N	J	N	N	H	N	N	aJ	aN	aN	aN	H	N	N	J	H
Klaps (2016)	—	—	—	—	—	H	N	J	aJ	—	—	U	N	aN	aJ	aN	N	H	aJ	aJ	J	J	—	—	U	aJ	J	N	H
Liu (2014)	—	aN	aN	aN	J	H	J	N	aJ	J	—	H	—	N	aJ	aJ	—	H	aJ	—	J	N	J	J	H	J	J	J	U
Mansourian (2024)	aN	N	N	N	aJ	H	J	N	J	aJ	aJ	U	J	N	N	N	—	H	aJ	—	aJ	aN	aN	N	H	N	aN	J	H
Mevissen (2025)	J	J	J	J	J	L	J	J	J	aJ	J	L	J	aN	N	J	J	U	N	aJ	aN	aJ	N	aJ	H	N	J	aN	U
Meyer (2024)	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	J	L	J	J	J	L
Pinto (2023)	J	J	J	aJ	aJ	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	aN	J	J	J	L	J	J	J	L
Pinto (2024)	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	aN	J	J	J	L	J	J	J	L
Pophof (2024)	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	J	L	J	J	J	L
Prasad (2017)	N	N	J	aN	aN	H	N	J	aJ	—	N	U	N	J	J	aJ	J	L	aN	aJ	aJ	J	N	aN	U	aN	N	J	H
Romeo (2024)	J	J	J	J	J	L	aJ	J	J	aJ	J	L	J	J	J	J	aN	L	aJ	aJ	aJ	aJ	aJ	J	U	aJ	J	N	U
Rösli (2019)	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	—	L	J	J	N	N	J	U	J	J	J	J	J	J	L	J	J	J	U
Rösli (2024)	J	J	J	J	aJ	L	J	J	J	J	J	L	J	J	J	J	J	L	J	J	aJ	J	J	J	L	J	J	J	L
Variani (2019)	N	J	J	J	J	L	J	J	J	J	aJ	U	J	N	aN	J	J	U	J	—	N	N	N	aN	H	N	J	aN	H

Kort tittel (år)	1,1 ¹	1,2	1,3	1,4	1,5	B.1 ²	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	B.2	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	B.3	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	B.4	D	R	S	Σ
Vijayalaxmi (2018)	aJ	J	J	J	J	L	J	—	J	—	aN	L	J	J	J	J	aJ	U	J	—	J	J	aJ	J	L		aJ	N	U
Wang (2017)	J	N	aN	N	N	H	J	J	aJ	J	J	L	J	N	aN	aJ	J	U	aJ	—	N	N	J	aJ	H	N	aN	aN	H
Wang (2018)	J	aJ	aJ	aN	N	U	aN	aJ	N	—	J	U	J	N	aN	N	N	H	aN	J	aJ	J	J	N	U	N	aJ	J	H
Yu (2021)	aJ	aN	J	N	N	H	J	J	aN	—	N	H	N	N	aJ	aJ	aJ	H	aN	N	aJ	J	aN	aJ	H	N	N	J	H
Zubko (2017)	J	J		J	aJ	L	J	J	J	J	aN	L	J	J	J	J	J	L	aJ	J	J	J	J	J	L	J	J	J	L

¹ ROBIS karakter: J = ja (full score), aJ = antagelig ja (litt trekk for mangler), aN = antagelig nei (mangler, men muligens vurdert), N = nei, viktig informasjon utelatt), — = ingen informasjon, mindre viktig.

¹ Risiko for bias i underseksjoner/oppsummert endelig risiko for bias (Σ) : Lav = lav risiko, U = uklar risiko H = høy risiko for bias

Tabell 13 Kontrollspørsmål stilt i ROBIS

Domain 1 Concerns regarding specification of study eligibility criteria
1,1 Did the review adhere to pre-defined objectives and eligibility criteria? (for eksempel protokoll separat?)
1,2 Were the eligibility criteria appropriate for the review question? (inklusionskriterier/eksklusionskriterier tilfredsstillende?)
1,3 Were eligibility criteria unambiguous? (klare kriterier?)
1,4 Were all restrictions in eligibility criteria based on study characteristics appropriate? (avgrensningene i kriteriene passende?)
1,5 Were any restrictions in eligibility criteria based on sources of information appropriate?
B 1 Concerns D1 (oppsummert med L,U eller H)

Domain 2 Concerns regarding methods used to identify and/or select studies

2,1 Did the search include an appropriate range of databases/electronic sources for published reports? (>2 gode)

2,2 Were methods additional to database searching used to identify relevant reports? (grå litteratur, litteraturlister)

2,3 Were the terms and structure of the search strategy likely to retrieve as many eligible studies as possible? (søkekriterier gode nok?)

2,4 Were restrictions based on date, publication format, or language appropriate? (alle 3 må være med)

2,5 Were efforts made to minimise error in selection of studies? (minst 2 personer, pluss tredjepart)

B.2 Concerns D2 (oppsummert med L,U eller H)

Domain 3 Concerns regarding methods used to collect data and appraise studies

3,1 Were efforts made to minimise error in data collection? (minst 2 personer, pluss tredjepart)

3,2 Were sufficient study characteristics available for both review authors and readers to be able to interpret the results? (oftest tabell, PECO -elementene)

3,3 Were all relevant study results collected for use in the synthesis? (datagrunnlag for effektberegninger)

3,4 Was risk of bias (OR = methodological quality) formally assessed using appropriate criteria? (for eksempel OHAT, NOS eller andre passende)

3,5 Were efforts made to minimise error in risk of bias assessment? (vanligst minst 2 personer, pluss tredjepart)

B.3 Concerns D3 (oppsummert med L,U eller H)

Domain 4 Concerns regarding the synthesis and findings

4,1 Did the synthesis include all studies that it should? (alle er med, eller grunnlagt utelatt)

4,2 Were all pre-defined analyses reported or departures explained? (alle er med, eller grunngitt utelatt)
4,3 Was the synthesis appropriate given the nature and similarity in the research questions, study designs and outcomes across included studies? (hvilke med i metaanalyse, og hvilke nevnt narrativt)
4,4 Was between-study variation (heterogeneity) minimal or addressed in the synthesis? (videre vurdering av 4,3 – inkonsistens)
4,5 Were the findings robust, e.g. as demonstrated through funnel plot or sensitivity analyses? (videre vurdering av 4,3 – publikasjonsbias)
4,6 Were biases in primary studies minimal or addressed in the synthesis? (kommentert eller vist i undergruppe-analyser)
B.4 Concerns D4 (oppsummert med L,U eller H)
Judging risk of bias in the review
A. Did the interpretation of findings address all of the concerns identified in Domains 1 to 4? (er det gjort en egen vurdering av bias, for eksempel som en oppsummering av studiebegrensninger)
B. Was the relevance of identified studies to the review's research question appropriately considered? (er det gjort en egen vurdering om studiene er dekkende/relevante for problemstillingen)
C. Did the reviewers avoid emphasizing results on the basis of their statistical significance? (er alle resultater med i diskusjonen, eller konkluderes det bare ut fra de signifikante effektmålene)
Σ Risk of bias in the review – conclusion (oppsummert samlet med L,U eller H – <i>dette er referert i Tabell 2 og i teksten</i>)

Vedlegg 3: Ekskluderte studier

Ekskluderte studier etter full tekst vurdering i EPPI Reviewer

Forfatter (år)	Eksklusjonsårsak	ROBIS	
Aarhi (2020)	ingen relevante EMF data		
Agarwal (2015)	ikke systematisk		
Alexiou (2015)	ikke systematisk		deskriptiv
Alkayyali (2021)	ikke systematisk	Ja	
Altun (2018)	ikke systematisk	Ja	deskriptiv
Altunkaynak (2016)	ikke systematisk	Ja	blandet utfall
Ansal (2019)	ingen relevante EMF data		
Apollonio (2013)	ikke systematisk		
Asadi-Pooya (2021)	ikke systematisk	Ja	
Ashrafinia (2021)	ikke systematisk	Ja	
Asl (2019)	feil i data, ikke systematisk, etter ROBIS	Ja	
Bailey (2020)	kun eksponering		
Balawender (2020)	ikke RF-EMF	Ja	Narrative review,
Bektas (2017)	ikke systematisk	Ja	Ikke systematisk
Bellieni (2019)	ikke RF-EMF		
Belpomme (2022)	ikke systematisk	Ja	Argumentsamling, svak metodedel
Belyaev (2022)	ikke systematisk		Argumentsamling, svak metodedel
Bernabò (2017)	kun eksponering		
Bhargav (2015)	ikke systematisk		
Bielsa-Fernandez (2018)	beskrivende, uten statistikk, gamle studier	Ja	delvis systematisk, få og gamle studier
Boehmert (2020)	annet studiedesign, ikke EMF data	Ja	risikokommunikasjon
Cao (2014)	ikke systematisk		
Capozzella (2014)	ikke RF-EMF		
Chambers-Richards (2021)	ikke RF-EMF		
Cherkasova (2021)	kun eksponering		
Consaes (2012)	ikke systematisk		statistikk mangler
Dama (2013)	annet studiedesign	Ja	narrativt
Danker-Hopfe (2019)	ikke systematisk	Ja	EEG, ikke systematisk
Darbandi (2018)	ikke RF-EMF		15-50 Hz
Darvish (2021)	ikke systematisk	Ja	Forf konklusjon: svake data
Darvishi (2021)	ikke systematisk		statistikk mangler

Forfatter (år)	Eksklusjonsårsak	ROBIS	
Dasdag (2016)	ikke systematisk		
Dasdag (2017)	ikke systematisk		overflatisk
Dasdag (2020)	ikke systematisk		grundig, uten statistikk
de Siqueira (2017)	feil i data eller ikke systematisk, etter ROBIS	Ja	3 studier, uforklarlige metaanalyse-tall
De Vocht (2021)	Tidstrend		
Deltour (2022)	Tidstrend		
Deyhoul (2017)	ikke systematisk		lite EMF
Dickerson (2020)	ikke RF-EMF		1 EMF-studie
Dilli (2021)	ikke systematisk		
Dongus (2022)	ikke systematisk	Ja	ingen syntese
Dos Santos (2020)	ikke fagfellevurdert		
Durairajanayagam (2018)	ikke systematisk		7 linjer om EMF
Eghlidospour (2015)	ikke systematisk		
Eltiti (2015)	annet studiedesign		kun egne studier
Elwood (2022)	Tidstrend		
Fakhri (2016)	ikke fagfellevurdert		ukeblad?
Farashi (2022)	feil i data eller ikke systematisk, etter ROBIS	Ja	konfunderte effekter
Foster (2013)	ikke systematisk		gamle studier
Foster (2014)	kun eksponering		
Foster (2021)	kun eksponering		temperatur-effekter
Gautam (2022)	ikke systematisk		ikke systematisk partsinnlegg.
Geesink (2017)	kun eksponering		
Gehring (2013)	ikke systematisk		generelle risikofaktorer, svært lite EMF
Geronikolou (2020)	ikke fagfellevurdert		konferanse-abstract
Ghazanfarpour (2021)	feil i data eller ikke systematisk, etter ROBIS	Ja	all milig eksponering, noe EMF
Gjoneska (2015)	ikke systematisk		irrelevant sammenstilling
Gong (2014)	annet studiedesign		datafeil, kun KK, gammel
Gray (2017)	ikke systematisk		
Grell (2016)	annet studiedesign		
Grochans (2022)	annet studiedesign		ingen systematiske trekk
Guo (2022)	ingen relevante EMF data		miljøfaktorer
Gupta (2022)	ikke systematisk		
Gurbuz (2018)	ikke systematisk	Ja	
Halgamuge (2020)	annet studiedesign	Ja	p-verdi-opptelling
Hao (2015)	ikke systematisk		
Hao (2018)	ikke systematisk		<i>in vitro</i> review
Hinrikus (2021)	ikke systematisk		
Hinrikus (2022)	annet studiedesign		
Hoang (2022)	ingen relevante EMF data		
Horton (2023)	ingen relevante EMF data		
Houston (2016)	annet studiedesign		<i>in vivo</i> design

Forfatter (år)	Eksklusjonsårsak	ROBIS	
Hu (2021)	annet studiedesign		
Huang (2018)	ingen relevante EMF data	Ja	spørreundersøkelse
Ilacqua (2018)	ikke systematisk		narrativ om risikofaktorer, knapt om EMF
Ioannidis (2018)	ikke systematisk	Ja	narrativ, en forfatter, viktig
Irani (2023)	annet studiedesign		persisk
Irani (2023)	annet studiedesign	Ja	svak metode, høy bias, uten konklusjon
Ishihara (2020)	ikke systematisk	Ja	Vurderte kun signifikante studier, 6 av 7 var N.S.
Jaffar (2019)	ikke systematisk		selektiv rapportering
Jakusova (2022)	annet studiedesign		irrelevante egne studier
Jangid (2023)	annet studiedesign		kritisk lav standard
Jayaraju (2023)	uten krav til dosimetri eller eksponeringsberegninger		kritisk lav standard
Karipidis (2021)	ikke systematisk		for lite eksperimentelt
Kashani (2023)	annet studiedesign		selektiv rapportering
Kaur (2023)	annet studiedesign		syntese mangler, svak
Kavoussi (2024)	annet studiedesign		diskusjonsinnlegg
Kesari (2018)	annet studiedesign		små dyrestudier uten sammenligning av resultater og ingen heterogenitetsanalyse.
Keshavarz (2022)	annet studiedesign		lite på RF, mest MRI, kun egne studier, tynn metodedel, ingen statistikk
Keykhosravi (2018)	ingen relevante EMF data		varme, skjermtid
Khalat (2023)	annet studiedesign		syntese mangler, svak
Khojastehfard (2020)	ikke RF-EMF	Ja	altfor tynn, ELF
Killin (2016)	ikke RF-EMF		1 studie
Kim (2019)	ikke systematisk		
Kivrak (2017)	annet studiedesign		svak vurdering av eksponering og doser, kun 4 W/Kg +
Koohestanidehaghi (2024)	annet studiedesign		ingen systematiske elementer
Kostoff (2020)	ikke systematisk		
Lai (2022)	annet studiedesign		beskrivende
Lerchl (2013)	ikke systematisk		
Leszczynski (2022)	ikke systematisk		1 forfatter, overraskende ståsted derfor lest
Lewczuk (2014)	ikke systematisk		
Li (2018)	Tidstrend		
Liu (2024)	ikke systematisk		biased, men informativ
López-Martín (2023)	ikke systematisk		avisartikkel
Lubner (2020)	ikke systematisk		udefinert problemstilling
Ma (2023)	ikke systematisk		balansert vurdering verdt å lese
Ma (2024)	annet studiedesign		mekanistiske spekulasjoner, mangler <i>in vivo</i>
Mahaldashtian (2022)	ikke systematisk		ikke lest, men ikke kalt systematisk
Maluin (2021)	feil i data eller ikke systematisk, etter ROBIS	Ja	ingen syntese svak metodedel
Mansourian (2021)	ikke RF-EMF, Sprikende, intetsigende.	Ja	få studier om RF-EMF, mest om ELF-EMF.

Forfatter (år)	Eksklusjonsårsak	ROBIS	
Maric (2021)	annet studiedesign		
Marjanovic (2012)	ikke systematisk		Oppramsing, mangler metodedel og statistikk kun mekanisme-gjetninger
Martens (2017)	annet studiedesign		egne studier, ikke review
McCredden (2022)	ikke systematisk		P-verdi/studieopptelling, svak metodedel/systematikk
McCredden (2023)	ikke systematisk		P-verdi/studieopptelling, svak metodedel/systematikk
Miller (2019)	ikke systematisk		ikke systematisk, dekket andre steder
Mishra (2017)	ikke systematisk		Snau oversikt. narrativ
Miyakoshi (2013)	ikke systematisk		1 forfatter, svært tynn, foreldet
Montanari (2021)	ikke systematisk		kommentar-artikkel
Moon (2024)	feil i data, ikke systematisk		ingen QA, feil syntese og sterk bias
Morales-Suarez-Varela (2024)	ikke RF-EMF, kun ELF	Ja	mange, men svake studier
Morgan (2014)	ikke systematisk		Ny modellering av SAR
Morgan (2015)	ikke systematisk		
Mortazavi (2014)	ikke systematisk		svake data og metode
Mumtaz (2022)	ikke systematisk		Narrativ, virkningsmekanismer på hjernen
Nageswari (2015)	ikke systematisk		narrativ
Narayanan (2019)	ikke systematisk		
Navarrete-Meneses (2024)	ingen relevante EMF data		kun opptelling av artikler
Naziroglu (2013)	ikke systematisk		EGM dobbeltkodet
Naziroglu (2014)	ikke systematisk		
Naziroglu (2012)	ikke systematisk		mest om ELF og brystkreft
Okechukwu (2020)	ikke systematisk		1 forfatter, meget svak
Olayinka (2019)	ingen relevante EMF data	Ja	ELF-EMF, stor bias i konklusjon
Omuro (2013)	ikke systematisk		1 emf studie, negativ
Onyije (2024)	ikke RF-EMF		ELF
Ostrom (2017)	ikke systematisk		
Ostrom (2015)	ikke systematisk		omics er ukritisk omtalt, EMF uklart
Pareja-Peña (2022)	ikke systematisk		stor bias, meningsytring
Patelarou (2014)	ikke RF-EMF		risikofaktorer, EMF utgjør en liten del og mange utfall. mangler statistikk.
Pisani (2013)	ikke systematisk		ikke systematisk, RF-EMF i et par avsnitt, en av mange faktorer.
Piszczeck (2021)	ikke systematisk		ingen metodedel, sammenstilling - siteres
Ponti (2022)	kun eksponering		
Pophof (2013)	ikke systematisk		Grå litteratur
Posar (2017)	ikke systematisk		
Priyadarshini (2018)	ikke systematisk		
Prlić (2022)	ikke systematisk		
Ramezanifar (2023)	ikke RF-EMF		
Ramirez-Vazquez (2023)	kun eksponering		siteres

Forfatter (år)	Eksklusjonsårsak	ROBIS	
Ramirez-Vazquez (2024)	kun eksponering		
Redmayne (2014)	ikke systematisk		uten diagnosis eller statistics uten datasøk, EC, QA, only speculative
Redmayne (2021)	ikke systematisk		modell for forståelse av IEH
Revanth (2020)	ikke systematisk		sterk bias, uten syntese, få studier, ingen QA,
Romanenko (2017)	ikke systematisk		Ikke SR, mangler metodel, ingen statistikk, kun oppramsing.
Romeo (2022)	ikke systematisk, etter ROBIS	Ja	siteres om temaet apoptose
Röösli (2014)	ikke systematisk		
Rubik (2021)	ikke systematisk		spekulasjoner, uten eksperimentell dekning
Sakali (2023)	ingen relevante EMF data		
Saliev (2019)	ikke systematisk		
Samaila (2023)	kun eksponering		
Sangun (2015)	ikke fagfelleverdert		
Santini (2018)	ikke systematisk		
Saucier (2023)	ikke RF-EMF		kun ELF, men ingen effekter
Schmiedchen (2019)	annet studiedesign	Ja	
Schmitt (2023)	ikke systematisk		ingen kvalifisering, QC
Schuermann (2021)	feil i data eller ikke systematisk, etter ROBIS	Ja	this is not a systematic review.
Schunck (2016)	kun eksponering	Ja	
Sciorio (2022)	ikke systematisk		
Sciorio (2024)	ingen relevante EMF data		
Selmaoui (2021)	feil i data eller ikke systematisk, etter ROBIS	Ja	
Shah (2014)	ikke systematisk	Ja	studier før 2010
Shalaby (2022)	ikke systematisk		
Shallis (2021)	ikke systematisk		EMF en av mange faktorer, kun en liten del av artikkelen
Shen (2024)	ikke systematisk		RF-EMF lite omtalt
Shirbandi (2021)	ikke fagfelleverdert		
Sienkiewicz (2019)	ikke systematisk	Ja	Grundig narrativ oppsummering med systematiske elementer
Simko (2016)	ikke systematisk, etter ROBIS	Ja	siteres om temaet omvendt dose-respons
Simkó (2019)	ikke systematisk		
Singh (2014a)	annet studiedesign		gamle studier
Singh (2014b)	uten krav til dosimetri eller eksponeringsberegninger		mye ELF, alle mulige eksponeringer og endepunkter
Singh (2016)	ikke systematisk		bare spekulasjoner, ikke søk ikke noe QA
Singh (2018)	ikke systematisk		
Sisakht (2020)	ingen relevante EMF data		
Smith (2024)	annet studiedesign		RF-EMF ikke fokus
Soffritti (2019)	annet studiedesign	Ja	primærstudie og preliminare data
Sofri (2022)	feil i data eller ikke systematisk, etter ROBIS	Ja	Svak syntese, for vid problemstilling
Soghomonyan (2016)	annet studiedesign		
Sonawane (2020)	kun eksponering		

Forfatter (år)	Eksklusjonsårsak	ROBIS	
Stein (2020)	ikke systematisk		Argumentsamling, uten søk, svak metode
Sterling (2022)	ikke systematisk		Kun spermietall, svak metode
Subhan (2018)	uten krav til dosimetri eller eksponeringsberegninger		ingen systematiske trekk
Tafrishi (2021)	annet studiedesign		Magnetic field, studier frem til 2010
Tamrin (2016)	terapi/inngrep		endogen EMF og interaksjon - hypoteser
Tan (2018)	uten krav til dosimetri eller eksponeringsberegninger		ingen systematikk
Traini (2023)	Tidstrend		
Turban (2025)	annet studiedesign	Ja	NOT an SR.
Van den Bergh (2017)	ingen relevante EMF data		Nocebo eller andre mekanismer diskuteres. Ingen vurdering av eksponering og effekt.
Vienne-Jumeau (2019)	ikke systematisk	Ja	for mange faktorer vurderes, ikke tilstrekkelig grunnlag for EMF vurdering,
Vijayalaxmi (2014)	terapi/inngrep		
Vijayalaxmi (2019)	annet studiedesign		Finansiering neppe en confounder?
Vijayan (2022)	annet studiedesign iflg abstract		no access
Villeneuve (2021)	Tidstrend	Ja	
Vinodha (2015)	ikke systematisk		
Wallace (2019)	annet studiedesign	Ja	
Warille (2017)	ikke systematisk		
Wdowiak (2024)	annet studiedesign		sterk bias, alt er farlig, dårlig dokumentert, ingen QC
Wood (2016)	ikke systematisk		
Wood (2021a)	ikke systematisk, etter ROBIS	Ja	
Wood (2021b)	ikke systematisk, etter ROBIS	Ja	
Wyszkowska (2022)	ikke RF-EMF		
Yadav (2021)	ikke systematisk		
Yadav (2022)	ikke systematisk		ikke systematisk, ikke effektberegning ikke QC
Yahyazadeh (2018)	ikke systematisk		
Yakymenko (2016)	ikke systematisk		
Yang (2017)	feil i data eller ikke systematisk, etter ROBIS	Ja	feil OR utregnet for metaanalyse
Yoshikawa (2023)	ikke RF-EMF		ELF, ingen RF studier inkludert
Yu (2017)	ikke systematisk		
Zaki (2020)	ikke RF-EMF	Ja	2 out of 18 var RF-EMF.
Zarghami (2021)	ikke systematisk		
Zhang (2017)	ikke systematisk		
Zhao (2021)	ikke RF-EMF	Ja	ELF-EMF
Zhen (2024)	ikke RF-EMF		ELF, statiske
Zhi (2017)	ikke systematisk		
Ziskin (2018)	kun eksponering		

Referanser ekskluderte studier etter full tekst

- Aarthi, K., Prathap, L., Jothi Priya, A., & Preetha, S. (2020). Nomophobia and its impact on health and mind—A structured review. *European Journal of Molecular and Clinical Medicine*, 7(1), 334–341.
- Agarwal, A., & Durairajanayagam, D. (2015). Are men talking their reproductive health away? *Asian Journal of Andrology*, 17(3), 433–434. <https://doi.org/10.4103/1008-682x.140963>
- Alexiou, G. A., & Sioka, C. (2015). Mobile phone use and risk for intracranial tumors. *Journal of Negative Results in BioMedicine*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s12952-015-0043-7>
- Alkayyali, T., Ochuba, O., Srivastava, K., Sandhu, J. K., Joseph, C., Ruo, S. W., Jain, A., Waqar, A., & Poudel, S. (2021). An Exploration of the Effects of Radiofrequency Radiation Emitted by Mobile Phones and Extremely Low Frequency Radiation on Thyroid Hormones and Thyroid Gland Histopathology. *Cureus*, 13(8), e17329. <https://doi.org/10.7759/cureus.17329>
- Altun, G., Deniz Ö, G., Yurt, K. K., Davis, D., & Kaplan, S. (2018). Effects of mobile phone exposure on metabolomics in the male and female reproductive systems. *Environmental Research*, 167, 700–707. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.02.031>
- Altunkaynak, B. Z., Altun, G., Yahyazadeh, A., Kaplan, A. A., Deniz, O. G., Turkmen, A. P., Onger, M. E., & Kaplan, S. (2016). Different methods for evaluating the effects of microwave radiation exposure on the nervous system. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 75(Pt B), 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.jchemneu.2015.11.004>
- Ansal KA, Jose DS, & Rajan RK. (2019). Review on Biological Effect of Electromagnetic Radiation. 2018 International Conference on Circuits and Systems in Digital Enterprise Technology (ICCSDET), Kottayam, India, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICCSDET.2018.8821217>
- Apollonio, F., Liberti, M., Paffi, A., Merla, C., Marracino, P., Denzi, A., Marino, C., & D'Inzeo, G. (2013). Feasibility for Microwaves Energy to Affect Biological Systems Via Nonthermal Mechanisms: A Systematic Approach. *IEEE Trans Microw Theory Tech*, 61(5), 2031–2045. <https://doi.org/10.1109/TMTT.2013.2250298>
- Asadi-Pooya, A. A., Mirzaei Damabi, N., Rostaminejad, M., Shahisavandi, M., & Asadi-Pooya, A. (2021). Smart devices/mobile phone in patients with epilepsy? A systematic review. *Acta Neurologica Scandinavica*, 144(4), 355–365. <https://doi.org/10.1111/ane.13492>
- Ashrafinia, F., Moeindarbari, S., Razmjouei, P., Ghazanfarpour, M., Najafi, M. N., Ghalibaf, A. A. M., & Abdi, F. (2021). Can Prenatal and Postnatal Cell Phone Exposure Increase Adverse Maternal, Infant and Child Outcomes? *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia: Revista Da Federação Brasileira Das Sociedades de Ginecologia e Obstetrícia*, 43(11), 870–877. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1736173>
- Asl, J. F., Larijani, B., Zakerkish, M., Rahim, F., Shirbandi, K., & Rasoul Akbari. (2019). The possible global hazard of cell phone radiation on thyroid cells and hormones: A systematic review of evidences. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(18), 18017–18031. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05096-z>
- Bailey, W. H., Cotts, B., & Dopart, P. J. (2020). Wireless 5G Radiofrequency Technology—An Overview of Small Cell Exposures, Standards and Science. *IEEE Access*, 8, 140792–140797. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3010677>
- Balawender, K., & Orkisz, S. (2020). The impact of selected modifiable lifestyle factors on male fertility in the modern world. *Cent European J Urol*, 73(4), 563–568. <https://doi.org/10.5173/cej.2020.1975>

- Bektas, H., & Dasdag, S. (2017). Effect of Radiofrequencies Emitted from Mobile Phones and Wi-Fi on Pregnancy. *Journal of International Dental and Medical Research*, 10(3), 1084–1095.
- Bellieni, C. V., Nardi, V., Buonocore, G., Di Fabio, S., Pinto, I., & Verrotti, A. (2019). Electromagnetic fields in neonatal incubators: The reasons for an alert. *Journal of Maternal-Fetal and Neonatal Medicine*, 32(4), 695–699. <https://doi.org/10.1080/14767058.2017.1390559>
- Belpomme, D., & Irigaray, P. (2022). Why electrohypersensitivity and related symptoms are caused by non-ionizing man-made electromagnetic fields: An overview and medical assessment. *Environmental Research*, 212(Pt A), 113374. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113374>
- Belyaev, I., Blackman, C., Chamberlin, K., DeSalles, A., Dasdag, S., Fernández, C., Hardell, L., Héroux, P., Kelley, E., Kesari, K., Maisch, D., Mallery-Blythe, E., Melnick, R. L., Miller, A., Moskowitz, J. M., Sun, W., & Yakymenko, I. (2022). Scientific evidence invalidates health assumptions underlying the FCC and ICNIRP exposure limit determinations for radiofrequency radiation: Implications for 5G. *Environmental Health*, 21(1), 92. <https://doi.org/10.1186/s12940-022-00900-9>
- Bernabò, N., Ciccarelli, R., Greco, L., Ordinelli, A., Mattioli, M., & Barboni, B. (2017). Scientometric study of the effects of exposure to non-ionizing electromagnetic fields on fertility: A contribution to understanding the reasons of partial failure. *PloS One*, 12(12), e0187890. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187890>
- Bhargav, H., Srinivasan, T. M., Varambally, S., Gangadhar, B. N., & Koka, P. (2015). Effect of Mobile Phone-Induced Electromagnetic Field on Brain Hemodynamics and Human Stem Cell Functioning: Possible Mechanistic Link to Cancer Risk and Early Diagnostic Value of Electronphonic Imaging. *Journal of Stem Cells*, 10(4), 287–294. <https://doi.org/jsc.2015.10.4.287>
- Bielsa-Fernandez, P., & Rodriguez-Martin, B. (2018). [Association between radiation from mobile phones and tumour risk in adults]. *Gaceta Sanitaria*, 32(1), 81–91. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2016.10.014>
- Boehmert, C., Freudenstein, F., & Wiedemann, P. (2020). A systematic review of health risk communication about EMFs from wireless technologies. *Journal of Risk Research*, 23(5), 571–597. <https://doi.org/10.1080/13669877.2019.1592211>
- Cao, Y., & Tong, J. (2014). Adaptive response in animals exposed to non-ionizing radiofrequency fields: Some underlying mechanisms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(4), 4441–4448. <https://doi.org/10.3390/ijerph110404441>
- Capozzella, A., Sacco, C., Chighine, A., Loreti, B., Scala, B., Casale, T., Sinibaldi, F., Tomei, G., Giublati, R., Tomei, F., & Rosati, M. V. (2014). Work related etiology of amyotrophic lateral sclerosis (ALS): A meta-analysis. *Annali Di Igiene*, 26(5), 456–472. <https://doi.org/10.7416/ai.2014.2005>
- Chambers-Richards, T., Su, Y., Chireh, B., & D'Arcy, C. (2021). Exposure to toxic occupations and their association with Parkinson's disease: A systematic review with meta-analysis. *Reviews on Environmental Health*. <https://doi.org/10.1515/reveh-2021-0111>
- Cherkasova, O. P., Serdyukov, D. S., Nemova, E. F., Ratushnyak, A. S., Kucheryavenko, A. S., Dolganova, I. N., Xu, G., Skorobogatiy, M., Reshetov, I. V., Timashev, P. S., Spektor, I. E., Zaytsev, K. I., & Tuchin, V. V. (2021). Cellular effects of terahertz waves. *Journal of Biomedical Optics*, 26(09). <https://doi.org/10.1117/1.JBO.26.9.090902>
- Consales, C., Merla, C., Marino, C., & Benassi, B. (2012). Electromagnetic fields, oxidative stress, and neurodegeneration. *International Journal of Cell Biology*, 2012, 683897. <https://doi.org/10.1155/2012/683897>

- Dama, M. S., & Bhat, M. N. (2013). Mobile phones affect multiple sperm quality traits: A meta-analysis. *F1000Research*, 2, 40. <https://doi.org/10.12688/f1000research.2-40.v1>
- Danker-Hopfe, H., Eggert, T., Dorn, H., & Sauter, C. (2019). Effects of RF-EMF on the Human Resting-State EEG—the Inconsistencies in the Consistency. Part 1: Non-Exposure-Related Limitations of Comparability Between Studies. *Bioelectromagnetics*, 40(5), 291–318. <https://doi.org/10.1002/bem.22194>
- Darbandi, M., Darbandi, S., Agarwal, A., Henkle, R., & Sadeghi, M. R. (2018). The Effects of Exposure to Low Frequency Electromagnetic Fields on Male Fertility. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 24(4), 24–29.
- Darvish, L., Amraee, A., Amjadi, M. A., Kashani, Z. A., Ghazanfarpour, M., Roozbeh, N., & Abdi, F. (2021). The impact of radiofrequency waves on male infertility: A systematic review. *Shiraz E Medical Journal*, 22(3), 1–9. <https://doi.org/10.5812/semj.101741>
- Darvishi, M., Mashati, P., Kandala, S., Paridar, M., Takhviji, V., Ebrahimi, H., Zibara, K., & Khosravi, A. (2021). Electromagnetic radiation: A new charming actor in hematopoiesis? *Expert Review of Hematology*, 14(1), 47–58. <https://doi.org/10.1080/17474086.2020.1826301>
- Dasdag, S., & Akdag, M. Z. (2016). The link between radiofrequencies emitted from wireless technologies and oxidative stress. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 75(Pt B), 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.jchemneu.2015.09.001>
- Dasdag, S., Yavuz, I., & Akdag, M. Z. (2017). Effects of Radiofrequencies Emitted from Mobile Phones on Teeth and Oral Tissues. *Journal of International Dental and Medical Research*, 10(1), 176–178.
- Dasdag, O., Adalier, N., & Dasdag, S. (2020). Electromagnetic radiation and Alzheimer's disease. *Biotechnol Biotechnol Equip*, 34(1), 1087–1094. <https://doi.org/10.1080/13102818.2020.1820378>
- de Siqueira, E. C., de Souza, F. T. A., Gomez, R. S., Gomes, C. C., & de Souza, R. P. (2017). Does cell phone use increase the chances of parotid gland tumor development? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Oral Pathology and Medicine*, 46(7), 480–483. <https://doi.org/10.1111/jop.12531>
- De Vocht, F. (2021). Interpretation of Timetrends (1996–2017) of the Incidence of Selected Cancers in England in Relation to Mobile Phone Use as a Possible Risk Factor. *Bioelectromagnetics*, 42(8), 609–615. <https://doi.org/10.1002/bem.22375>
- Deltour, I., Poulsen, A. H., Johansen, C., Feychting, M., Johannesen, T. B., Auvinen, A., & Schüz, J. (2022). Time trends in mobile phone use and glioma incidence among males in the Nordic Countries, 1979–2016. *Environment International*, 168, 107487. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107487>
- Deyhoul, N., Mohamaddoost, T., & Hosseini, M. (2017). Infertility-related risk factors: A systematic review. *International Journal of Women's Health and Reproduction Sciences*, 5(1), 24–29. <https://doi.org/10.15296/ijwhr.2017.05>
- Dickerson, A. S., Wu, A. C., Liew, Z., & Weisskopf, M. (2020). A Scoping Review of Non-Occupational Exposures to Environmental Pollutants and Adult Depression, Anxiety, and Suicide. *Current Environmental Health Reports*, 7(3), 256–271. <https://doi.org/10.1007/s40572-020-00280-7>
- Dilli, R. (2021). Implications of mmWave Radiation on Human Health: State of the Art Threshold Levels. *IEEE Access*, 9, 13009–13021. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3052387>
- Dongus, S., Jalilian, H., Schürmann, D., & Rösli, M. (2022). Health effects of WiFi radiation: A review based on systematic quality evaluation. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52(19), 3547–3566. <https://doi.org/10.1080/10643389.2021.1951549>

- Dos Santos, M. A. L., de Santana, F. S., Soares, A. F., de Sousa, S. F., Menezes, L. S., & Takeshita, W. M. (2020). Genotoxic and cytotoxic effects of mobile phone use on the oral epithelium: A systematic review with meta-analysis. *General Dentistry (Not Existing)*, 68(6), 70–74.
- Durairajanayagam, D. (2018). Lifestyle causes of male infertility. *Arab Journal of Urology*, 16(1), 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.aju.2017.12.004>
- Eghlidospour, M., Mortazavi, S. M., Yousefi, F., & Mortazavi, S. A. (2015). New Horizons in Enhancing the Proliferation and Differentiation of Neural Stem Cells Using Stimulatory Effects of the Short Time Exposure to Radiofrequency Radiation. *J Biomed Phys Eng*, 5(3), 95–104.
- Eltiti, S., Wallace, D., Russo, R., & Fox, E. (2015). Aggregated data from two double-blind base station provocation studies comparing individuals with idiopathic environmental intolerance with attribution to electromagnetic fields and controls. *Bioelectromagnetics*, 36(2), 96–107. <https://doi.org/10.1002/bem.21892>
- Elwood, J. M., Win, S. S., Aye, P. S., & Sanagou, M. (2022). Trends in brain cancers (glioma) in New Zealand from 1995 to 2020, with reference to mobile phone use. *Cancer Epidemiology*, 80, 102234. <https://doi.org/10.1016/j.canep.2022.102234>
- Fakhri, Y., Ghahremanfard, F., Avazpour, M., Moradi, M., Amanidaz, N., Zandsalimi, Y., Moradi, B., Amirhajeloo, L. R., & Keramati, H. (2016). Association between mobile phones use with malignant brain tumor (GLIOMA): Systematic review and meta-analysis. *International Journal of Pharmacy and Technology*, 8(2), 13320–13336.
- Farashi, S., Bashirian, S., Khazaei, S., Khazaei, M., & Farhadinasab, A. (2022). Mobile phone electromagnetic radiation and the risk of headache: A systematic review and meta-analysis. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 95(7), 1587–1601. <https://doi.org/10.1007/s00420-022-01835-x>
- Foster, K. R., & Moulder, J. E. (2013). Wi-fi and health: Review of current status of research. *Health Physics*, 105(6), 561–575. <https://doi.org/10.1097/HP.0b013e31829b49bb>
- Foster, K. R., & Chou, C. (2014). Are Children More Exposed to Radio Frequency Energy From Mobile Phones Than Adults? *IEEE Access*, 2, 1497–1509. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2014.2380355>
- Foster, K. R., Ziskin, M. C., & Balzano, Q. (2021). Time-temperature Thresholds and Safety Factors for Thermal Hazards from Radiofrequency Energy above 6 GHz. *Health Physics*, 121(3), 234–247. <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001447>
- Gautam, R., Priyadarshini, E., Nirala, J. P., & Rajamani, P. (2022). Impact of nonionizing electromagnetic radiation on male infertility: An assessment of the mechanism and consequences. *International Journal of Radiation Biology*, 98(6), 1063–1073. <https://doi.org/10.1080/09553002.2020.1859154>
- Geesink, J. H., & Meijer, D. K. F. (2017). Bio-soliton model that predicts non-thermal electromagnetic frequency bands, that either stabilize or destabilize living cells. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 36(4), 357–378. <https://doi.org/10.1080/15368378.2017.1389752>
- Gehring, U., Casas, M., Brunekreef, B., Bergstrom, A., Bonde, J. P., Botton, J., Chevrier, C., Cordier, S., Heinrich, J., Hohmann, C., Keil, T., Sunyer, J., Tischer, C. G., Toft, G., Wickman, M., Vrijheid, M., & Nieuwenhuijsen, M. (2013). Environmental exposure assessment in European birth cohorts: Results from the ENRIECO project. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 12, 8. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-12-8>
- Geronikolou, S. A., Johansson, Ö., Chrousos, G., Kanaka-Gantenbein, C., & Cokkinos, D. (2020). Cellular Phone User's Age or the Duration of Calls Moderate Autonomic Nervous System? A Meta-Analysis. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1194, 475–488. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32622-7_46

- Ghazanfarpour, M., Kashani, Z. A., Pakzad, R., Abdi, F., Rahnemaei, F. A., Akbari, P. A., & Roozbeh, N. (2021). Effect of electromagnetic field on abortion: A systematic review and meta-analysis. *Open Medicine*, 16(1), 1628–1641. <https://doi.org/10.1515/med-2021-0384>
- Gjoneska, B., Markovska-Simoska, S., Hinrikus, H., Pop-Jordanova, N., & Pop-Jordanov, J. (2015). Brain topography of EMF-induced EEG-changes in restful wakefulness: Tracing current effects, targeting future prospects. *Pril (Makedon Akad Nauk Umet Odd Med Nauki)*, 36(3), 103–112. <https://doi.org/10.1515/prilozi-2015-0085>
- Gong X, Wu J, Mao Y, & Zhou L. (2014). [Long-term use of mobile phone and its association with glioma: A systematic review and meta-analysis]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 94(39), 3102–3106.
- Gray, J. M., Rasanayagam, S., Engel, C., & Rizzo, J. (2017). State of the evidence 2017: An update on the connection between breast cancer and the environment. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 16(1) (no pagination). <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0287-4>
- Grell, K., Frederiksen, K., Schüz, J., Cardis, E., Armstrong, B., Siemiatycki, J., Krewski, D. R., McBride, M. L., Johansen, C., Auvinen, A., Hours, M., Blettner, M., Sadetzki, S., Lagorio, S., Yamaguchi, N., Woodward, A., Tynes, T., Feychting, M., Fleming, S. J., ... Andersen, P. K. (2016). The intracranial distribution of gliomas in relation to exposure from mobile phones: Analyses from the INTERPHONE study. *American Journal of Epidemiology*, 184(11), 818–828. <https://doi.org/10.1093/aje/kww082>
- Grochans, S., Cybulska, A. M., Simińska, D., Korbecki, J., Kojder, K., Chlubek, D., & Baranowska-Bosiacka, I. (2022). Epidemiology of Glioblastoma Multiforme—Literature Review. *Cancers*, 14(10), 2412. <https://doi.org/10.3390/cancers14102412>
- Guo, Y., Wang, W., & Sun, H. (2022). A systematic review and meta-analysis on the risk factors of acute myeloid leukemia. *Translational Cancer Research*, 11(4), 796–804. <https://doi.org/10.21037/tcr-22-27>
- Gupta, S., Sharma, R. S., & Singh, R. (2022). Non-ionizing radiation as possible carcinogen. *International Journal of Environmental Health Research*, 32(4), 916–940. <https://doi.org/10.1080/09603123.2020.1806212>
- Gurbuz, N., Sirav, B., & Seyhan, N. (2018). Genotoxic Studies Performed After Radiofrequency Radiation Exposure. *Gazi Med J*, 29(2), 87–93. <https://doi.org/10.12996/gmj.2018.25>
- Halgamuge, M. N., Skafidas, E., & Davis, D. (2020). A meta-analysis of in vitro exposures to weak radiofrequency radiation exposure from mobile phones (1990-2015). *Environmental Research*, 184, 109227. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109227>
- Hao, Y. H., Zhao, L., & Peng, R. Y. (2015). Effects of microwave radiation on brain energy metabolism and related mechanisms. *Mil Med Res*, 2, 4. <https://doi.org/10.1186/s40779-015-0033-6>
- Hao, Y. H., Zhao, L., & Peng, R. Y. (2018). Effects of Electromagnetic Radiation on Autophagy and its Regulation. *Biomedical and Environmental Sciences*, 31(1), 57–65. <https://doi.org/10.3967/bes2018.006>
- Hinrikus, H., Lass, J., & Bachmann, M. (2021). Threshold of radiofrequency electromagnetic field effect on human brain. *International Journal of Radiation Biology*, 97(11), 1505–1515. <https://doi.org/10.1080/09553002.2021.1969055>
- Hinrikus, H., Koppel, T., Lass, J., Orru, H., Roosipuu, P., & Bachmann, M. (2022). Possible health effects on the human brain by various generations of mobile telecommunication: A review based estimation of 5G impact. *International Journal of Radiation Biology*, 98(7), 1210–1221. <https://doi.org/10.1080/09553002.2022.2026516>

- Hoang, T. T., Whitcomb, E., Reardon, E. E., Spector, L. G., Lupo, P. J., Scheurer, M. E., & Williams, L. A. (2022). Environmental Risk Factors for Childhood Central Nervous System Tumors: An Umbrella Review. *Current Epidemiology Reports*, 9(4), 338–360. <https://doi.org/10.1007/s40471-022-00309-5>
- Horton, L., Brady, J., Kincaid, C. M., Torres, A. E., & Lim, H. W. (2023). The effects of infrared radiation on the human skin. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, 39(6), 549–555. <https://doi.org/10.1111/phpp.12899>
- Houston, B. J., Nixon, B., King, B. V., Iuliis, G. N. D., & Aitken, R. J. (2016). The effects of radiofrequency electromagnetic radiation on sperm function. *Reproduction*, 152(6), R263–R276. <https://doi.org/10.1530/REP-16-0126>
- Hu, C., Zuo, H., & Li, Y. (2021). Effects of Radiofrequency Electromagnetic Radiation on Neurotransmitters in the Brain. *Front Public Health*, 9, 691880. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.691880>
- Huang, P. C., Cheng, M. T., & Guo, H. R. (2018). Representative survey on idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields in Taiwan and comparison with the international literature. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 17(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0351-8>
- Ilacqua, A., Izzo, G., Emerenziani, G. P., Baldari, C., & Aversa, A. (2018). Lifestyle and fertility: The influence of stress and quality of life on male fertility. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 16(1), 115. <https://doi.org/10.1186/s12958-018-0436-9>
- Ioannidis, J. P. A. (2018). Meta-analyses in environmental and occupational health. *Occupational and Environmental Medicine*, 75(6), 443–445. <https://doi.org/10.1136/oemed-2016-104128>
- Irani, M., Aradmehr, M., Ghorbani, M., & Baghani, R. (2023). Electromagnetic Field Exposure and Abortion in Pregnant Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The Malaysian Journal of Medical Sciences : MJMS*, 30(5), 70–80. <https://doi.org/10.21315/mjms2023.30.5.6>
- Ishihara, T., Yamazaki, K., Araki, A., Teraoka, Y., Tamura, N., Hikage, T., Omiya, M., Mizuta, M., & Kishi, R. (2020). Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Field in the High-Frequency Band and Cognitive Function in Children and Adolescents: A Literature Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(24), E9179. <https://doi.org/10.3390/ijerph17249179>
- Jaffar, F. H. F., Osman, K., Ismail, N. H., Chin, K. Y., & Ibrahim, S. F. (2019). Adverse Effects of Wi-Fi Radiation on Male Reproductive System: A Systematic Review. *Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 248(3), 169–179. <https://doi.org/10.1620/tjem.248.169>
- Jakusova, V., & Sladicekova, K. (2022). Electromagnetic Fields as a Health Risk Factor. *Clinical Social Work and Health Intervention*, 13(6), 49–57. https://doi.org/10.22359/cswhi_13_6_10
- Jangid, P., Rai, U., Sharma, R. S., & Singh, R. (2023). The role of non-ionizing electromagnetic radiation on female fertility: A review. *International Journal of Environmental Health Research*, 33(4), 358–373. <https://doi.org/10.1080/09603123.2022.2030676>
- Jayaraju, N., Pramod Kumar, M., Sreenivasulu, G., Lakshmi Prasad, T., Lakshmana, B., Nagalakshi, K., & Madakka, M. (2023). Mobile phone and base stations radiation and its effects on human health and environment: A review. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, 2(2), 100031. <https://doi.org/10.1016/j.stae.2022.100031>
- Karipidis, K., Mate, R., Urban, D., Tinker, R., & Wood, A. (2021). 5G mobile networks and health—A state-of-the-science review of the research into low-level RF fields above 6 GHz. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 31(4), 585–605. <https://doi.org/10.1038/s41370-021-00297-6>

- Kashani, Z. A., Pakzad, R., Fakari, F. R., Haghparast, M. S., Abdi, F., Kiani, Z., Talebi, A., & Haghgoo, S. M. (2023). Electromagnetic fields exposure on fetal and childhood abnormalities: Systematic review and meta-analysis. *Open Medicine*, 18(1), 20230697. <https://doi.org/10.1515/med-2023-0697>
- Kaur, P., Rai, U., & Singh, R. (2023). Genotoxic Risks to Male Reproductive Health from Radiofrequency Radiation. *Cells*, 12(4), 594. <https://doi.org/10.3390/cells12040594>
- Kavoussi, P. K., & Kavoussi, S. K. (2024). Do mobile phones and laptop computers really impact sperm? *Arab Journal of Urology: An International Journal*, 23(3), 177–182. <https://doi.org/10.1080/20905998.2024.2381957>
- Kesari, K. K., Agarwal, A., & Henkel, R. (2018). Radiations and male fertility. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 16(1), 118. <https://doi.org/10.1186/s12958-018-0431-1>
- Keshavarz, M., Eslami, J., Abedi-Firouzjah, R., Mortazavi, S. A., Abbasi, S., & Mortazavi, G. (2022). How Do Different Physical Stressors' Affect the Mercury Release from Dental Amalgam Fillings and Microleakage? A Systematic Review. *J Biomed Phys Eng*, 12(3), 227–236. <https://doi.org/10.31661/jbpe.v0i0.2009-1175>
- Keykhosravi, A., Neamatshahi, M., Mahmoodi, R., & Navipour, E. (2018). Radiation Effects of Mobile Phones and Tablets on the Skin: A Systematic Review. *Advances in Medicine*, 2018, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2018/9242718>
- Khalat, A. M., Yahya, R. A. M., & Azab, A. E. (2023). Electromagnetic Fields: Insight into Sources, and Their Effects on Vital Organs and the Risk of Cancer. *SAR Journal of Anatomy and Physiology*, 4(03), 20–32. <https://doi.org/10.36346/sarjap.2023.v04i03.001>
- Khojastehfard, Z., Ghahremani, S., Sabaghian, M., Ghalebizadeh, S., Asgarlou, Z., Mohammadi Yazdi, S., & Salarfard, M. (2020). Effect of Magnetic Fields during Pregnancy on Fetal Growth and Preterm Labor: A Review Article. *International Journal of Pediatrics*, 8(5), 11371–11375. <https://doi.org/10.22038/ijp.2020.48094.3874>
- Killin, L. O., Starr, J. M., Shiue, I. J., & Russ, T. C. (2016). Environmental risk factors for dementia: A systematic review. *BMC Geriatrics*, 16(1), 175. <https://doi.org/10.1186/s12877-016-0342-y>
- Kim, J. H., Lee, J. K., Kim, H. G., Kim, K. B., & Kim, H. R. (2019). Possible Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure on Central Nerve System. *Biomolecules & Therapeutics*, 27(3), 265–275. <https://doi.org/10.4062/biomolther.2018.152>
- Kivrak, E., Altunkaynak, B., Alkan, I., Yurt, K., Kocaman, A., & Onger, M. (2017). Effects of 900-MHz radiation on the hippocampus and cerebellum of adult rats and attenuation of such effects by folic acid and *Boswellia sacra*. *Journal of Microscopy and Ultrastructure*, 5(4), 216. <https://doi.org/10.1016/j.jmau.2017.09.003>
- Koohestanidehaghi, Y., Khalili, M. A., Dehghanpour, F., & Seify, M. (2024). Detrimental impact of cell phone radiation on sperm DNA integrity. *Clinical and Experimental Reproductive Medicine*, 51(1), 13–19. <https://doi.org/10.5653/cerm.2023.06121>
- Kostoff, R. N., Heroux, P., Aschner, M., & Tsatsakis, A. (2020). Adverse health effects of 5G mobile networking technology under real-life conditions. *Toxicology Letters*, 323, 35–40. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2020.01.020>
- Lai, H., & Levitt, B. B. (2022). The roles of intensity, exposure duration, and modulation on the biological effects of radiofrequency radiation and exposure guidelines. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 41(2), 230–255. <https://doi.org/10.1080/15368378.2022.2065683>
- Lerchl, A. (2013). Electromagnetic pollution: Another risk factor for infertility, or a red herring? *Asian Journal of Andrology*, 15(2), 201–203. <https://doi.org/10.1038/aja.2012.104>

- Leszczynski, D. (2022). Review of the scientific evidence on the individual sensitivity to electromagnetic fields (EHS). *Reviews on Environmental Health*, 37(3), 423–450. <https://doi.org/10.1515/reveh-2021-0038>
- Lewczuk, B., Redlarski, G., Zak, A., Ziolkowska, N., Przybylska-Gornowicz, B., & Krawczuk, M. (2014). Influence of Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields on the Circadian System: Current Stage of Knowledge. *BioMed Research International*, 2014, 169459. <https://doi.org/10.1155/2014/169459>
- Li, K., Lu, D., Guo, Y., Wang, C., Liu, X., Liu, Y., & Liu, D. (2018). Trends and patterns of incidence of diffuse glioma in adults in the United States, 1973-2014. *Cancer Medicine*, 7(10), 5281–5290. <https://doi.org/10.1002/cam4.1757>
- Liu, L., Huang, B., Lu, Y., Zhao, Y., Tang, X., & Shi, Y. (2024). Interactions between electromagnetic radiation and biological systems. *iScience*, 27(3), 109201. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.109201>
- López-Martín, M. E., Sueiro-Benavides, R. A., Leiro-Vidal, J. manuel, Rodríguez-González, J. A., & Ares-Pena, F. J. (2023). Can Electromagnetic Fields Modulate Inflammation and Cell Death by Acting on the Immune System? *IEEE Access*, 11, 92167–92187. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3308225>
- Lubner, R. J., Kondamuri, N. S., Knoll, R. M., Ward, B. K., Littlefield, P. D., Rodgers, D., Abdullah, K. G., Remenschneider, A. K., & Kozin, E. D. (2020). Review of Audiovestibular Symptoms Following Exposure to Acoustic and Electromagnetic Energy Outside Conventional Human Hearing. *Frontiers in Neurology*, 11, 234. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00234>
- Ma, T., Ding, Q., Liu, C., & Wu, H. (2023). Electromagnetic fields regulate calcium-mediated cell fate of stem cells: Osteogenesis, chondrogenesis and apoptosis. *Stem Cell Research & Therapy*, 14(1), 133. <https://doi.org/10.1186/s13287-023-03303-w>
- Ma, S., Ding, P., Zhou, Z., Jin, H., Li, X., & Li, Y. (2024). Terahertz Radiation Modulates Neuronal Morphology and Dynamics Properties. *Brain Sciences*, 14(3), 279. <https://doi.org/10.3390/brainsci14030279>
- Mahaldashtian, M., Khalili, M. A., Anbari, F., Seify, M., & Belli, M. (2022). Challenges on the effect of cell phone radiation on mammalian embryos and fetuses: A review of the literature. *Zygote*, 30(2), 176–182. <https://doi.org/10.1017/S0967199421000691>
- Maluin, S. M., Osman, K., Jaffar, F. H. F., & Ibrahim, S. F. (2021). Effect of Radiation Emitted by Wireless Devices on Male Reproductive Hormones: A Systematic Review. *Frontiers in Physiology*, 12, 732420. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.732420>
- Mansourian, M., & Shanei, A. (2021). Evaluation of Pulsed Electromagnetic Field Effects: A Systematic Review and Meta-Analysis on Highlights of Two Decades of Research In Vitro Studies. *BioMed Research International*, 2021, 6647497. <https://doi.org/10.1155/2021/6647497>
- Maric, T., Fucic, A., & Aghayanian, A. (2021). Environmental and occupational exposures associated with male infertility Okolisna i profesionalna izlozenost povezana s muskom neplodnoscu. *Arhiv Za Higijenu Rada i Toksikologiju*, 72(3), 101–113. <https://doi.org/10.2478/aiht-2021-72-3510>
- Marjanovic, A. M., Pavicic, I., & Trosic, I. (2012). Biological indicators in response to radiofrequency/microwave exposure. *Arhiv Za Higijenu Rada i Toksikologiju*, 63(3), 407–416. <https://doi.org/10.2478/10004-1254-63-2012-2215>
- Martens, A. L., Slottje, P., Timmermans, D. R. M., Kromhout, H., Reedijk, M., Vermeulen, R. C. H., & Smid, T. (2017). Modeled and Perceived Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields from Mobile-Phone Base Stations and the Development of Symptoms over Time in a General Population Cohort. *American Journal of Epidemiology*, 186(2), 210–219. <https://doi.org/10.1093/aje/kwx041>

- McCredden, J. E., Cook, N., Weller, S., & Leach, V. (2022). Wireless technology is an environmental stressor requiring new understanding and approaches in health care. *Frontiers in Public Health*, 10, 986315. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.986315>
- McCredden, J. E., Weller, S., & Leach, V. (2023). The assumption of safety is being used to justify the rollout of 5G technologies. *Frontiers in Public Health*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1058454>
- Miller, A. B., Sears, M. E., Morgan, L. L., Davis, D. L., Hardell, L., Oremus, M., & Soskolne, C. L. (2019). Risks to Health and Well-Being From Radio-Frequency Radiation Emitted by Cell Phones and Other Wireless Devices. *Frontiers in Public Health*, 7, 223. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00223>
- Mishra, S. K., Chowdhary, R., Kumari, S., & Rao, S. B. (2017). Effect of Cell Phone Radiations on Orofacial Structures: A Systematic Review. *J Clin of Diagn Res*, 11(5), ZE01–ZE05. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/26547.9883>
- Miyakoshi, J. (2013). Cellular and Molecular Responses to Radio-Frequency Electromagnetic Fields. *Proc IEEE*, 101(6), 1494–1502. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2013.2248111>
- Montanari Vergallo, G., Ralli, M., Angeletti, D., Di Luca, A., Mazzariol, B., Greco, A., di Luca, N. M., & De Vincentiis, M. (2021). Can a causal relationship be established between acoustic neuroma and occupational exposure to non-ionizing radiations from mobile devices? Comparison between scientific literature data and medico-legal methodology. *Clinica Terapeutica*, 172(3), 197–205. <https://doi.org/10.7417/CT.2021.2313>
- Moon, J., Kwon, J., & Mun, Y. (2024). Relationship between radiofrequency-electromagnetic radiation from cellular phones and brain tumor: Meta-analyses using various proxies for RF-EMR exposure-outcome assessment. *Environmental Health*, 23(1), 82. <https://doi.org/10.1186/s12940-024-01117-8>
- Morales-Suárez-Varela, M., Llopis-Morales, A., Doccioli, C., & Donzelli, G. (2024). Relationship between parental exposure to radiofrequency electromagnetic fields and primarily hematopoietic neoplasms (lymphoma, leukemia) and tumors in the central nervous system in children: A systematic review. *Reviews on Environmental Health*, 39(3), 499–510. <https://doi.org/10.1515/reveh-2022-0248>
- Morgan, L. L., Kesari, S., & Davis, D. L. (2014). Why children absorb more microwave radiation than adults: The consequences. *JMAU*, 2(4), 197–204. <https://doi.org/10.1016/j.jmau.2014.06.005>
- Morgan, L. L., Miller, A. B., Sasco, A., & Davis, D. L. (2015). Mobile phone radiation causes brain tumors and should be classified as a probable human carcinogen (2A) (Review). *International Journal of Oncology*, 46(5), 1865–1871. <https://doi.org/10.3892/ijo.2015.2908>
- Mortazavi, S. A. R., Tavakkoli-Golpayegani, A., Haghani, M., & Mortazavi, S. M. J. (2014). Looking at the other side of the coin: The search for possible biopositive cognitive effects of the exposure to 900 MHz GSM mobile phone radiofrequency radiation. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/2052-336X-12-75>
- Mumtaz, S., Rana, J. N., Choi, E. H., & Han, I. (2022). Microwave Radiation and the Brain: Mechanisms, Current Status, and Future Prospects. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(16), 9288. <https://doi.org/10.3390/ijms23169288>
- Nageswari, K. S. (2015). Mobile phone radiation: Physiological & pathophysiological considerations. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 59(2), 125–135.
- Narayanan, S. N., Jetti, R., Kesari, K. K., Kumar, R. S., Nayak, S. B., & Bhat, P. G. (2019). Radiofrequency electromagnetic radiation-induced behavioral changes and their possible basis. *Environ Sci Pollut Res*, 26(30), 30693–30710. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06278-5>

- Navarrete-Meneses, M. D. P., Salas-Labadía, C., Gómez-Chávez, F., & Pérez-Vera, P. (2024). Environmental Pollution and Risk of Childhood Cancer: A Scoping Review of Evidence from the Last Decade. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(6), 3284. <https://doi.org/10.3390/ijms25063284>
- Naziroglu, M., Yuksel, M., Kose, S. A., & Ozkaya, M. O. (2013). Recent reports of Wi-Fi and mobile phone-induced radiation on oxidative stress and reproductive signaling pathways in females and males. *Journal of Membrane Biology*, 246(12), 869–875. <https://doi.org/10.1007/s00232-013-9597-9>
- Naziroglu, M., & Akman, H. (2014). *Effects of Cellular Phone- and Wi-Fi-Induced Electromagnetic Radiation on Oxidative Stress and Molecular Pathways in Brain*. Springer.
- Naziroğlu, M., Tokat, S., & Demirci, S. (2012). Role of melatonin on electromagnetic radiation-induced oxidative stress and Ca²⁺ signaling molecular pathways in breast cancer. *Journal of Receptor and Signal Transduction Research*, 32(6), 290–297. <https://doi.org/10.3109/10799893.2012.737002>
- Okechukwu, C. E. (2020). Does the Use of Mobile Phone Affect Male Fertility? A Mini-Review. *Journal of Human Reproductive Sciences*, 13(3), 174–183. https://doi.org/10.4103/jhrs.JHRS_126_19
- Olayinka, O., Olayinka, O. O., Alemu, B. T., Akpinar-Elci, M., & Grossberg, G. T. (2019). Toxic environmental risk factors for Alzheimer's disease: A systematic review. *Aging Medicine and Healthcare*, 10(1), 4–17. <https://doi.org/10.33879/amh.2019.1727>
- Omuro, A. (2013). Glioblastoma and Other Malignant Gliomas: A Clinical Review. *JAMA*, 310(17), 1842. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.280319>
- Onyije, F. M., Dolatkhah, R., Olsson, A., Bouaoun, L., Deltour, I., Erdmann, F., Bonaventure, A., Scheurer, M. E., Clavel, J., & Schüz, J. (2024). Risk factors for childhood brain tumours: A systematic review and meta-analysis of observational studies from 1976 to 2022. *Cancer Epidemiology*, 88, 102510. <https://doi.org/10.1016/j.canep.2023.102510>
- Ostrom, Q. T., Gittleman, H., Stetson, L., Virk, S. M., & Barnholtz-Sloan, J. S. (2015). Epidemiology of gliomas. *Cancer Treatment and Research*, 163, 1–14. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12048-5_1
- Ostrom, Q. T., Gittleman, H., Stetson, L., Virk, S., & Barnholtz-Sloan, J. S. (2017). Epidemiology of Intracranial Gliomas. *Progress in Neurological Surgery*, 30, 1–11. <https://doi.org/10.1159/000464374>
- Pareja-Peña, F., Burgos-Molina, A. M., Sendra-Portero, F., & Ruiz-Gómez, M. J. (2022). Evidences of the (400 MHz—3 GHz) radiofrequency electromagnetic field influence on brain tumor induction. *International Journal of Environmental Health Research*, 32(1), 121–130. <https://doi.org/10.1080/09603123.2020.1738352>
- Patelarou, E., & Kelly, F. J. (2014). Indoor exposure and adverse birth outcomes related to fetal growth, miscarriage and prematurity—A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(6), 5904–5933. <https://doi.org/10.3390/ijerph110605904>
- Pisani, P., Parodi, S., & Magnani, C. (2013). Causes and risk factors for childhood cancer. *Epidemiologia e Prevenzione*, 37(1), 234–254.
- Piszczek, P., Wójcik-Piotrowicz, K., Gil, K., & Kaszuba-Zwoińska, J. (2021). Immunity and electromagnetic fields. *Environmental Research*, 200, 111505. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111505>
- Ponti C & Schettini G. (2022). On Anatomical Human Models for Evaluation of Exposure to Electromagnetic Fields. 2022 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 & IoT (MetroInd4.0&IoT), 49–53. <https://doi.org/10.1109/MetroInd4.0IoT54413.2022.9831656>

- Pophof, B. (2013). Beeinträchtigen elektromagnetische Felder von Handys die männliche Fruchtbarkeit? *UMID*, 4, 5–10.
- Posar, A., & Visconti, P. (2017). Autism in 2016: The need for answers. *Jornal de Pediatria*, 93(2), 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2016.09.002>
- Priyadarshini, S. J., & Hemanth, D. J. (2018). Investigation and reduction methods of specific absorption rate for biomedical applications: A survey. *Int J RF Microw Comput Aided Eng*, 28(3), e21211. <https://doi.org/10.1002/mmce.21211>
- Prić, I., Šiško, J., Varnai, V. M., Pavelić, L., Macan, J., Kobeščak, S., Hajdinjak, M., Jurdana, M., Cerovac, Z., Zauner, B., Mihić, M. S., & Avdagić, S. C. (2022). Wi-Fi Technology and Human Health Impact: A Brief Review of Current Knowledge. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 73(2), 94–106. <https://doi.org/10.2478/aiht-2022-73-3402>
- Ramezanifar, S., Beyrami, S., Mehrifar, Y., Ramezanifar, E., Soltanpour, Z., Namdari, M., & Gharari, N. (2023). Occupational Exposure to Physical and Chemical Risk Factors: A Systematic Review of Reproductive Pathophysiological Effects in Women and Men. *Safety and Health at Work*, 14(1), 17–30. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2022.10.005>
- Ramirez-Vazquez, R., Escobar, I., Vandenbosch, G. A. E., Vargas, F., Caceres-Monllor, D. A., & Arribas, E. (2023). Measurement studies of personal exposure to radiofrequency electromagnetic fields: A systematic review. *Environmental Research*, 218, 114979. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114979>
- Ramirez-Vazquez, R., Escobar, I., Vandenbosch, G. A. E., & Arribas, E. (2024). Personal exposure to radiofrequency electromagnetic fields: A comparative analysis of international, national, and regional guidelines. *Environmental Research*, 246, 118124. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118124>
- Redmayne, M., & Johansson, O. (2014). Could myelin damage from radiofrequency electromagnetic field exposure help explain the functional impairment electrohypersensitivity? A review of the evidence. *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part B: Critical Reviews*, 17(5), 247–258. <https://doi.org/10.1080/10937404.2014.923356>
- Redmayne, M., & Reddel, S. (2021). Redefining electrosensitivity: A new literature-supported model. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 40(2), 227–235. <https://doi.org/10.1080/15368378.2021.1874971>
- Revanth, M. P., Aparna, S., & Madankumar, P. D. (2020). Effects of mobile phone radiation on buccal mucosal cells: A systematic review. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 39(4), 273–281. <https://doi.org/10.1080/15368378.2020.1793168>
- Romanenko, S., Begley, R., Harvey, A. R., Hool, L., & Wallace, V. P. (2017). The interaction between electromagnetic fields at megahertz, gigahertz and terahertz frequencies with cells, tissues and organisms: Risks and potential. *J R Soc Interface*, 14(137), 20170585. <https://doi.org/10.1098/rsif.2017.0585>
- Romeo, S., Zeni, O., Scarfi, M. R., Poeta, L., Lioi, M. B., & Sannino, A. (2022). Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure and Apoptosis: A Scoping Review of In Vitro Studies on Mammalian Cells. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4), 2322. <https://doi.org/10.3390/ijms23042322>
- Rösli, M., Feychting, M., & Schüz, J. (2014). Use of mobile phones and brain cancer risk in children? *Tumors of the Central Nervous System*, 13, 293–300. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7602-9_29
- Rubik, B., & Brown, R. R. (2021). Evidence for a connection between coronavirus disease-19 and exposure to radiofrequency radiation from wireless communications including 5G. *J Clin Transl Res*, 7(5), 666–681. <https://doi.org/10.18053/jctres.07.202105.007>
- Sakali, A.-K., Bargiota, A., Papagianni, M., Rasic-Markovic, A., & Mastorakos, G. (2023). Environmental Impact on Female Fertility and Pregnancy. In *Environmental*

- Endocrinology and Endocrine Disruptors (pp. 1–27). Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-38366-4_6-1
- Saliev, T., Begimbetova, D., Masoud, A.-R., & Matkarimov, B. (2019). Biological effects of non-ionizing electromagnetic fields: Two sides of a coin. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 141, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2018.07.009>
- Samaila, B., AH, A., Yahaya, M. N., & N, A. (2023). Residential exposure to non-ionizing electromagnetic radiation from mobile base stations: A systematic review on biological effects assessment. *Material Science & Engineering International Journal*, 7, 44–52. <https://doi.org/10.15406/mseij.2023.07.00203>
- Sangun, O., Dundar, B., Comlekci, S., & Buyukgebiz, A. (2015). The effects of electromagnetic field on the endocrine system in children and adolescents. *Pediatric Endocrinology Reviews*, 13(2), 531–545.
- Santini, S. J., Cordone, V., Falone, S., Mijit, M., Tatone, C., Amicarelli, F., & Di Emidio, G. (2018). Role of Mitochondria in the Oxidative Stress Induced by Electromagnetic Fields: Focus on Reproductive Systems. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018, 5076271. <https://doi.org/10.1155/2018/5076271>
- Saucier, D., Registe, P. P. W., Bélanger, M., & O'Connell, C. (2023). Urbanization, air pollution, and water pollution: Identification of potential environmental risk factors associated with amyotrophic lateral sclerosis using systematic reviews. *Frontiers in Neurology*, 14, 1108383. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1108383>
- Schmiedchen, K., Driessen, S., & Oftedal, G. (2019). Methodological limitations in experimental studies on symptom development in individuals with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF)—A systematic review. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 18(1), 88. <https://doi.org/10.1186/s12940-019-0519-x>
- Schmitt, A., Falkai, P., & Papiol, S. (2023). Neurodevelopmental disturbances in schizophrenia: Evidence from genetic and environmental factors. *Journal of Neural Transmission (Vienna, Austria: 1996)*, 130(3), 195–205. <https://doi.org/10.1007/s00702-022-02567-5>
- Schuermann, D., & Mevissen, M. (2021). Manmade Electromagnetic Fields and Oxidative Stress—Biological Effects and Consequences for Health. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3772. <https://doi.org/10.3390/ijms22073772>
- Schunck, T., Bieth, F., Pinguet, S., & Delmote, P. (2016). Penetration and propagation into biological matter and biological effects of high-power ultra-wideband pulses: A review. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 35(1), 84–101. <https://doi.org/10.3109/15368378.2014.977388>
- Sciorio, R., Tramontano, L., & Esteves, S. C. (2022). Effects of mobile phone radiofrequency radiation on sperm quality. *Zygote*, 30(2), 159–168. <https://doi.org/10.1017/S096719942100037X>
- Sciorio, R., Tramontano, L., Adel, M., & Fleming, S. (2024). Decrease in Sperm Parameters in the 21st Century: Obesity, Lifestyle, or Environmental Factors? An Updated Narrative Review. *Journal of Personalized Medicine*, 14(2), 198. <https://doi.org/10.3390/jpm14020198>
- Selmaoui, B., & Touitou, Y. (2021). Association Between Mobile Phone Radiation Exposure and the Secretion of Melatonin and Cortisol, Two Markers of the Circadian System: A Review. *Bioelectromagnetics*, 42(1), 5–17. <https://doi.org/10.1002/bem.22310>
- Shah, S. G. S., & Farrow, A. (2014). Systematic literature review of adverse reproductive outcomes associated with physiotherapists' occupational exposures to non-ionising radiation. *Journal of Occupational Health*, 56(5), 323–331. <https://doi.org/10.1539/joh.13-0196-ra>

- Shalaby H, Dick BP, Kim J, Raheem OA, & Sikka SC. (2022). Impact of Environmental and Dietary Issues on Male Sexual Health. *Curr Sex Health Rep*, 14(1), 9–16. <https://doi.org/10.1007/s11930-021-00317-4>
- Shallis, R. M., Weiss, J. J., Deziel, N. C., & Gore, S. D. (2021). Challenging the concept of de novo acute myeloid leukemia: Environmental and occupational leukemogens hiding in our midst. *Blood Reviews*, 47, 100760. <https://doi.org/10.1016/j.blre.2020.100760>
- Shen, Y., Wang, X., Wang, L., Xiong, D., Wu, C., Cen, L., Xie, L., & Li, X. (2024). Modifiable risk factors for thyroid cancer: Lifestyle and residence environment. *Endokrynologia Polska*, 75(2), 119–129. <https://doi.org/10.5603/ep.97258>
- Shirbandi, K., Rashnoudi, A. R., Hassanzadeh, G., Akbari, R., Mobinfar, O., & Rahim, F. (2021). Cell phone and wireless radiation hazard on TRPV1 channel activation: A Scoping review study. *Journal of Cellular Neuroscience and Oxidative Stress*, 12(2), 937–946. <https://doi.org/10.37212/jcnos.810164>
- Sienkiewicz, Z., & van Rongen, E. (2019). Can Low-Level Exposure to Radiofrequency Fields Effect Cognitive Behaviour in Laboratory Animals? A Systematic Review of the Literature Related to Spatial Learning and Place Memory. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(9), e1607. <https://doi.org/10.3390/ijerph16091607>
- Simko, M., Remondini, D., Zeni, O., & Scarfi, M. R. (2016). Quality Matters: Systematic Analysis of Endpoints Related to “Cellular Life” in Vitro Data of Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(7), E701-. <https://doi.org/10.3390/ijerph13070701>
- Simkó & Mattsson. (2019). 5G Wireless Communication and Health Effects—A Pragmatic Review Based on Available Studies Regarding 6 to 100 GHz. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18), 3406. <https://doi.org/10.3390/ijerph16183406>
- Singh, N., Gullaiya, S., Sharma, G., Singh, S., Bajpai, S., & Sundar Agrawal, S. (2014). A systemic review on CNS effect of electromagnetic radiation 1800/900Mhz. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 27(1), 228–233.
- Singh, S., & Kapoor, N. (2014). Health Implications of Electromagnetic Fields, Mechanisms of Action, and Research Needs. *Adv Biol*, 2014, 198609. <https://doi.org/10.1155/2014/198609>
- Singh, M. M., & Pati, A. K. (2016). Effects of radiation emanating from base transceiver station and mobile phone on sleep, circadian rhythm and cognition in humans—A review. *Biological Rhythm Research*, 47(3), 353–388. <https://doi.org/10.1080/09291016.2015.1116741>
- Singh, R., Nath, R., Mathur, A. K., & Sharma, R. S. (2018). Effect of radiofrequency radiation on reproductive health. *Indian Journal of Medical Research*, 148(Suppl), S92–S99. https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR_1056_18
- Sisakht, M., Darabian, M., Mahmoodzadeh, A., Bazi, A., Shafiee, S. M., Mokarram, P., & Khoshdel, Z. (2020). The role of radiation induced oxidative stress as a regulator of radio-adaptive responses. *International Journal of Radiation Biology*, 96(5), 561–576. <https://doi.org/10.1080/09553002.2020.1721597>
- Smith, C. J., Perfetti, T. A., Chokshi, C., Venugopal, C., Ashford, J. W., & Singh, S. K. (2024). Alkylating agents are possible inducers of glioblastoma and other brain tumors. *Human & Experimental Toxicology*, 43, 9603271241256598. <https://doi.org/10.1177/09603271241256598>
- Soffritti, M., & Giuliani, L. (2019). The carcinogenic potential of non-ionizing radiations: The cases of S-50 Hz MF and 1.8 GHz GSM radiofrequency radiation. *Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology*, 125(S3), 58–69. <https://doi.org/10.1111/bcpt.13215>

- Sofri, T., A Rahim, H., Abdulmalek, M., Rani, K. A., Omar, M. H., Yasin, M. N. M., Jusoh, M., & Soh, P. J. (2022). Health Effects of 5G Base Station Exposure: A Systematic Review. *IEEE Access*, 10, 41639–41656. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3139385>
- Soghomonyan, D., Trchounian, K., & Trchounian, A. (2016). Millimeter waves or extremely high frequency electromagnetic fields in the environment: What are their effects on bacteria? *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(11), 4761–4771. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7538-0>
- Sonawane AD & Bormane DS. (2020). A Specific Absorption Rate in Human Head due to Mobile Phone Radiations: Review. 2020 International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC), Coimbatore, India, 703–707. <https://doi.org/10.1109/ICESC48915.2020.9155777>
- Stein, Y., & Udasin, I. G. (2020). Electromagnetic hypersensitivity (EHS, microwave syndrome)—Review of mechanisms. *Environmental Research*, 186, 109445. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109445>
- Sterling, L., Harris, L.-R., & Carroll, K. (2022). The effects of wireless devices on male reproductive health: A literature overview. *Revista Internacional de Andrología*, 20(3), 196–206. <https://doi.org/10.1016/j.androl.2020.10.004>
- Subhan, F., Khan, A., Ahmed, S., Malik, M. N., Bakshah, S. T., & Tahir, S. (2018). Mobile Antenna's and Its Impact on Human Health. *J Med Imaging Health Inform*, 8(6), 1266–1273. <https://doi.org/10.1166/jmihi.2018.2296>
- Tafrishi, R., Seyfari, B., Rahimi, R., Chaichi, Z., Tarazjani, A. D., Marvi, N., Maazallahi, M., Dolatian, Z., & Ashrafinia, F. (2021). Modifiable and Non-Modifiable Factors Affecting the Risk of Childhood Leukemia: An Overview of Meta-Analysis. *International Journal of Pediatrics-Mashhad*, 9(3), 13243–13248. <https://doi.org/10.22038/ijp.2020.48245.3888>
- Tamrin, S. H., Majedi, F. S., Tondar, M., Sanati-Nezhad, A., & Hasani-Sadrabadi, M. M. (2016). Electromagnetic Fields and Stem Cell Fate: When Physics Meets Biology. *Reviews of Physiology Biochemistry and Pharmacology*, 171, 63–97. https://doi.org/10.1007/112_2016_4
- Tan S, Wang H, & Peng R. (2018). A review on combined biological effects of microwave and other physical or chemical agents. 16(2), 139–153.
- Traini, E., Martens, A. L., Slottje, P., Vermeulen, R. C. H., & Huss, A. (2023). Time course of health complaints attributed to RF-EMF exposure and predictors of electromagnetic hypersensitivity over 10 years in a prospective cohort of Dutch adults. *Science of The Total Environment*, 856, 159240. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159240>
- Turuban, M., Kromhout, H., Vila, J., Vallbona-Vistós, M., De Vocht, F., Baldi, I., Richardson, L., Benke, G., Krewski, D., Parent, M.-E., Sadetzki, S., Schlehofer, B., Schüz, J., Siemiatycki, J., van Tongeren, M., Woodward, A., Cardis, E., & Turner, M. C. (2025). Occupational exposure to radiofrequency electromagnetic fields and brain tumor risk: Application of the INTEROCC job-exposure matrix. *International Journal of Cancer*, 156(3), 538–551. <https://doi.org/10.1002/ijc.35182>
- Van den Bergh, O., Brown, R. J., Petersen, S., & Witthoft, M. (2017). Idiopathic Environmental Intolerance: A Comprehensive Model. *Clinical Psychological Science*, 5(3), 551–567. <https://doi.org/10.1177/2167702617693327>
- Vienne-Jumeau A, Tafani C, & Ricard D. (2019). Environmental risk factors of primary brain tumors: A review. *Revista de Neurología*, 175(10), 664–678. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2019.08.004>
- Vijayalaxmi, Cao, Y., & Scarfi, M. R. (2014). Adaptive response in mammalian cells exposed to non-ionizing radiofrequency fields: A review and gaps in knowledge. *Mutation Research - Reviews in Mutation Research*, 760, 36–45. <https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2014.02.002>

- Vijayalaxmi, & Prihoda, T. J. (2019). Funding Source, Quality of Publications and Outcome in Genetic Damage in Mammalian Cells Exposed to Non-Ionizing Radiofrequency Fields. *Radiation Research*, 192(4), 353–362. <https://doi.org/10.1667/RR15364.1>
- Vijayan, K., & Eslick, G. D. (2022). A meta-analysis of the risk of salivary gland tumors associated with mobile phone use: The importance of correct exposure assessment. *Reviews on Environmental Health*, 38(4), 591–599. <https://doi.org/10.1515/reveh-2022-0055>
- Villeneuve, P. J., Momoli, F., Parent, M. E., Siemiatycki, J., Turner, M. C., & Krewski, D. (2021). Cell phone use and the risk of glioma: Are case-control study findings consistent with Canadian time trends in cancer incidence? *Environmental Research*, 200 (no pagination). <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111283>
- Vinodha E & Raghavan S. (2015). Possible effects of cell phone radiation. An overview paper. 2015 2nd International Conference on Electronics and Communication Systems (ICECS), Coimbatore, 837–841. <https://doi.org/10.1109/ECS.2015.7125030>
- Wallace, J., & Selmaoui, B. (2019). Effect of mobile phone radiofrequency signal on the alpha rhythm of human waking EEG: A review. *Environmental Research*, 175, 274–286. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.05.016>
- Warille, A. A., Altun, G., Elamin, A. A., Kaplan, A. A., Mohamed, H., Yurt, K. K., & El Elhaj, A. (2017). Skeptical approaches concerning the effect of exposure to electromagnetic fields on brain hormones and enzyme activities. *JMAU*, 5(4), 177–184. <https://doi.org/10.1016/j.jmau.2017.09.002>
- Wdowiak, N., Wójtowicz, K., Wdowiak-Filip, A., Pucek, W., Wróbel, A., Wróbel, J., & Wdowiak, A. (2024). Environmental Factors as the Main Hormonal Disruptors of Male Fertility. *Journal of Clinical Medicine*, 13(7), 1986. <https://doi.org/10.3390/jcm13071986>
- Wood, A. W., Lajevardipour, A., & McIntosh, R. L. (2016). Lessons and perspectives from a 25-year bioelectromagnetics research program. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(10), E950-. <https://doi.org/10.3390/ijerph13100950>
- Wood, A., & Karipidis, K. (2021). Radiofrequency Fields and Calcium Movements Into and Out of Cells. *Radiation Research*, 195(1), 101–113. <https://doi.org/10.1667/RADE-20-00101.1>
- Wood, A., Mate, R., & Karipidis, K. (2021). Meta-analysis of in vitro and in vivo studies of the biological effects of low-level millimetre waves. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 31(4), 606–613. <https://doi.org/10.1038/s41370-021-00307-7>
- Wyszkowska, J., & Pritchard, C. (2022). Open Questions on the Electromagnetic Field Contribution to the Risk of Neurodegenerative Diseases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(23), 16150. <https://doi.org/10.3390/ijerph192316150>
- Yadav, H., Rai, U., & Singh, R. (2021). Radiofrequency radiation: A possible threat to male fertility. *Reproductive Toxicology*, 100, 90–100. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2021.01.007>
- Yadav, H., Sharma, R. S., & Singh, R. (2022). Immunotoxicity of radiofrequency radiation. *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 309, 119793. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119793>
- Yahyazadeh, A., Deniz Ö, G., Kaplan, A. A., Altun, G., Yurt, K. K., & Davis, D. (2018). The genomic effects of cell phone exposure on the reproductive system. *Environmental Research*, 167, 684–693. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.05.017>
- Yakymenko, I., Tsybulin, O., Sidorik, E., Henshel, D., Kyrylenko, O., & Kyrylenko, S. (2016). Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency

- radiation. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 35(2), 186–202.
<https://doi.org/10.3109/15368378.2015.1043557>
- Yang, M., Guo, W., Yang, C., Tang, J., Huang, Q., Feng, S., Jiang, A., Xu, X., & Jiang, G. (2017). Mobile phone use and glioma risk: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, 12(5), e0175136. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175136>
- Yoshikawa, M. H., Rabelo, N. N., Telles, J. P. M., & Figueiredo, E. G. (2023). Modifiable risk factors for glioblastoma: A systematic review and meta-analysis. *Neurosurgical Review*, 46(1), 143. <https://doi.org/10.1007/s10143-023-02051-y>
- Yu, C., & Peng, R.-Y. (2017). Biological effects and mechanisms of shortwave radiation: A review. *Military Medical Research*, 4(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s40779-017-0133-6>
- Zaki, A. M., Rahim, M. A. A., Zaidun, Z., Ramdzan, A. R., & Isa, Z. M. (2020). Exposure to non-ionizing radiation and childhood cancer: A meta-analysis. *Middle East Journal of Cancer*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.30476/mejc.2019.78705.0>
- Zarghami, A., Li, Y., Claflin, S. B., van der Mei, I., & Taylor, B. V. (2021). Role of environmental factors in multiple sclerosis. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 21(12), 1389–1408. <https://doi.org/10.1080/14737175.2021.1978843>
- Zhang, J., Sumich, A., & Wang, G. Y. (2017). Acute effects of radiofrequency electromagnetic field emitted by mobile phone on brain function. *Bioelectromagnetics*, 38(5), 329–338. <https://doi.org/10.1002/bem.22052>
- Zhao, Y. L., Qu, Y., Ou, Y. N., Zhang, Y. R., Tan, L., & Yu, J. T. (2021). Environmental factors and risks of cognitive impairment and dementia: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 72 (no pagination).
<https://doi.org/10.1016/j.arr.2021.101504>
- Zhen, C., Zhang, G., Wang, S., Wang, J., Fang, Y., & Shang, P. (2024). Electromagnetic fields regulate iron metabolism in living organisms: A review of effects and mechanism. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 188, 43–54.
<https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2024.03.001>
- Zhi, W. J., Wang, L. F., & Hu, X. J. (2017). Recent advances in the effects of microwave radiation on brains. *Mil Med Res*, 4(1), 29. <https://doi.org/10.1186/s40779-017-0139-0>
- Ziskin, M. C., Alekseev, S. I., Foster, K. R., & Balzano, Q. (2018). Tissue models for RF exposure evaluation at frequencies above 6 GHz. *Bioelectromagnetics*, 39(3), 173–189. <https://doi.org/10.1002/bem.22110>

Vedlegg 4: FDAs oppsummering av NTP (2018)

Sitert fra (FDA, 2020), inneholder FDAs vurdering av kunnskapsgrunnlaget fra NTP (2018)-studiene av RF-EMF og svulstforekomst.

Det nasjonale toksikologiprogrammet publiserte rapporter om helkroppseksponering av rotter og mus for radiofrekvensstråling modulert med signalmønstre som vanligvis benyttes av tredje generasjons trådløs mobilkommunikasjonsteknologi (3G). NTP-studien er den mest omfattende undersøkelsen av RFR-påvirkning på tumorutvikling som er utført til dags dato. Selv om FDA ikke deler alle konklusjonene fra NTP RFR-studien, erkjenner vi at studien har bidratt til den samlede kunnskapsbasen og åpnet for videre forskning. Effektene av helkroppss RFR-eksponering kan ikke benyttes til å forutsi utfallet av lokal RFR-eksponering i de samme dyrene. Derfor kan resultatene fra helkroppss RFR-eksponering hos rotter og mus ikke direkte sammenlignes med resultatene av lokal RFR-eksponering som en menneskelig bruker utsettes for ved bruk av mobiltelefon.

Det var 3 komponenter i NTP-studien. Den første komponenten var en 5-dagers termisk pilotstudie ved spesifikke absorpsjonsrater (SAR) på 4-12 W/Kg, publisert separat fra de øvrige delene av studien. Den andre komponenten var en 28-dagers pre-kronisk toksikologistudie på mus og rotter. Den siste komponenten var en 2-års toksikologi- og karsinogenitetsstudie på mus og rotter.

Eksponeringssystemet som ble benyttet i alle 3 komponenter av denne studien var et spesialdesignet reverberasjonskammer, utviklet med mål om å gi nesten uniform helkroppseksponering uten behov for stressinduserende oppstalling. De eksponerte rottene og musene ble utsatt for enten GSM (Global System Mobile Communication) eller CDMA (Code Division Multiple Access) modulert signal i 18 timer og 20 minutter per dag, i 10-minutters på- og av-sykluser.

Rottene ble eksponert fra fosterstadiet for GSM- eller CDMA-modulerte signaler ved 900 MHz. Musene ble eksponert for enten GSM- eller CDMA-modulerte signaler ved 1900 MHz. Resultatene som diskuteres her er fra Wyde (2018) og NTP-tekniske rapporter publisert i november 2018.

En 5-dagers pilotstudie undersøkte virkningen av kroppsstørrelse på subkutan temperatur hos mus og rotter, eldre mus og rotter, samt drektige rotter. De eldre rottene i pilotstudien var maksimalt 270 dager gamle, mens rotter i 2-årsstudien oppnådde en alder på 763 dager. Effekten av at dyrenes alder økte fra 270 dager til 763 dager ble ikke undersøkt. Det kunne ha resultert i ytterligere aldersrelatert svekkelse av rotnenes termoreguleringsevne, men dette ble altså ikke målt. Subkutan temperatur er ikke et mål på dyrets kjernetemperatur. Ingen temperaturmålinger ble utført på

dyrene som ble plassert i RF-miljøene under 2-årsstudien. Pilotstudien bekrefter at eldre dyr eller drektige dyr ikke kunne termoregulere like godt som unge, ikke-drektige dyr. Studien viste enkelte tilfeller av økt subkutan temperatur ($>1^{\circ}\text{C}$) hos eldre rotter eksponert for 6 W/Kg GSM eller CDMA eksponering, som ikke ble observert hos unge rotter. Tilsvarende var det sporadiske temperaturøkninger hos unge eller gamle mus eksponert for opptil 12 W/Kg GSM og CDMA 1900 MHz RFR. Målingene ble utført mens eksponeringen var slått av, noe som trolig ga en ekstra kjøling, som reduserte temperaturmålingene.

I tillegg viste NTPs vurdering av organ-SAR at lokal SAR i hud og fett var lavere enn helkropps- og indre organ-SAR. Et dyrs kjernetemperatur kan ikke nøyaktig estimeres ut fra subkutane temperaturmålinger. Gitt tilgjengelig informasjon, var dyrenes kjernetemperatur sannsynligvis høyere enn den målte subkutane temperaturen. Det er sannsynlig at i løpet av 2-årsstudien, etter hvert som hannrottene ble eldre, oversteget dyrenes kjernetemperatur en vanlig økning på 1°C i 6 W/Kg SAR-gruppen. Vi mener at denne studien indikerer et behov for økt forståelse av virkningen av syklisk oppvarming og synkende termoreguleringskapasiteter hos eldre pattedyr.

NTP har etablert 5 nivåer av bevis for karsinogen aktivitet som benyttes i NTP-rapporter. Det høyeste nivået er *Klar evidens*. Dette innebærer en doserelatert (i) økning av ondartete svulster, (ii) en økning av en kombinasjon av ondartete og godartete svulster, eller (iii) markert økning av godartete svulster hvis det er indikasjon fra denne eller andre studier om slike svulsters evne til å utvikle seg til ondartete. Det neste lavere bevisnivået kalles *Noe evidens*. For dette nivået økte teststoff-relatert forekomst av svulster der responsens styrke er mindre enn det som kreves for klare bevis. *Tvetydig evidens* er det neste lavere nivået. Dette er en marginal økning av svulster som kan være teststoff-relatert, eller ikke. De to lavere nivåene er *Ingen evidens* og *Utilstrekkelig studie*.

Den histopatologiske analysen av RF-eksponerte mus ble rapportert som *Tvetydig evidens*. For GSM-modulert eksponerte hannmus ble den kombinerte forekomsten av fibrosarkom, sarkom eller ondartet fibrøs histiocytom i huden og den kombinerte forekomsten av alveolær/bronkiolær adenom eller karsinom i lungene beskrevet som marginalt økt. For GSM-modulert eksponerte hunnmus var det en marginalt økt forekomst av ondartet lymfom. For CDMA-modulert eksponerte hannmus var det økt forekomst av hepatoblastom i leveren. For CDMA-modulert eksponerte hunnmus var forekomsten av ondartet lymfom marginalt økt. Alle andre undersøkte vev viste ingen eksponeringsrelatert økning i svulster. Resultatene som vises for noen av disse tvetydige resultatene er over raten for sham-kontrollen, men mange er innenfor det historiske kontrollområdet. Dette antyder at de tvetydige resultatene beskriver variasjoner i den naturlige bakgrunnen for disse svulstene og ikke en økning forårsaket av eksponering for RF-stråling.

Genotoksisk testing ble utført med mikronukleus- og comet-analyse hos RF-eksponerte mus og rotter som en del av et 14-ukers eksperiment. Det var en økning i tilsynelatende DNA-skade hos hannrotter eksponert for CDMA RFR, men ikke statistisk signifikant. Andre identifiserte økninger i DNA-skade ble også ansett som tvetydige, og ingen statistisk signifikante økninger i DNA-skade ble observert hos hunnrotter eller i noen av musestudiene. Alle resultater fra mikronukleusanalysen hos både rotter og mus var negative.

To-års karsinogenese- og toksikologistudien viste et uventet funn hos hannrotter. De eksponerte gruppene av dyr hadde høyere overlevelseshaster enn dyrene i sham-kontrollen. Dette kan tilskrives forbedring av kronisk progressiv nefropati (nyresvikt): dyrets kjernetemperaturøkning som resulterte i redusert matinntak og økt vanninntak hos RFR-eksponerte dyr kan ha forbedret overlevelsen til de eksponerte dyrene. NTP uttalte at deres statistiske analyse tok hensyn til disse forskjellene i overlevelseshaster under studieanalysen.

NTPs funn i den endelige rapporten for to-års eksponeringer hos rotter var:

- *Klare bevis på karsinogen aktivitet*
 - Forekomst av ondartet schwannom i hjertet hos hannrotter for både GSM og CDMA.
- *Noen bevis på karsinogen aktivitet (ansett å være relatert til RF-eksponering)*
 - Forekomst av ondartet gliom i hjernen hos hannrotter for både GSM og CDMA
 - Forekomst av feokromocytom (godartet, malign eller kompleks kombinert) i binyremargen hos hannrotter for GSM
- *Tvetydige bevis på karsinogen aktivitet (kan ha vært relatert til RF-eksponering)*
 - Forekomst av adenom eller karsinom (kombinert) i prostata for GSM
 - Forekomst av godartete eller ondartete granulære cellesvulster i hjernen hos hannrotter for GSM
 - Forekomst av adenom i pars distalis av hypofysen hos hannrotter for GSM og CDMA
 - Forekomst av bukspyttkjertelens øycelle-adenom eller karsinom (kombinert) hos hannrotter for GSM
 - Forekomst av adenom eller karsinom (kombinert) i leveren hos hannrotter for CDMA
 - Forekomst av ondartet schwannom i hjertet hos hannrotter for GSM
 - Forekomst av ondartet gliom i hjernen hos hannrotter for CDMA
 - Forekomst av ondartet schwannom i hjertet hos hannrotter for CDMA
 - Forekomst av feokromocytom (godartet, malign eller kompleks kombinert) i binyremargen hos hannrotter for CDMA.

NTP rapporterte at to års eksponering for GSM- eller CDMA-modulerte radiofrekvenser førte til en økning i ondartet schwannom i hjertet hos hannrotter. NTP rapporterte også at forekomsten av schwannomer i alle vev samlet ikke var statistisk signifikant sammenlignet med kontrollgruppen. Kardiomyopati (hjertermuskel-skader) ble også observert hos rotter eksponert for høyere SAR (3 eller 6 W/Kg). De historiske kontrollene rapportert i NTPs foreløpige rapporter publisert i 2016 hadde omtrent 9 av 699 kontrollrotter som hadde ondartete hjerteschwannomer (1,3 %, spredning fra 0 til 6 %). Kun hannrotter eksponert for høyere SAR (6 W/Kg) har en høyere prosentandel av ondartet schwannom enn maksimalt område for historiske kontroller.

De spesifikke kriteriene for kategorisering av data i de spesifikke utfallene (for eksempel klare bevis, etc.) forblir uklare, og det er inkonsistenser i noen av tolkningene

av dataene og konklusjonene. For eksempel ble forekomsten av adenom eller karsinom i prostata hos hannrotter utsatt for GSM-modulert RF karakterisert som tvetydige evidens for karsinogenitet med en forekomst på 2,2 %, 2,2 %, 7,8 % og 3,3 % for de 4 dosene av RF, mens fibromer i huden som viste høyere forekomst (2,2 %, 5,6 %, 7,8 % og 5,6 %) ikke ble klassifisert lavere.

Vi vet ikke om det er en kausal effekt eller om disse resultatene skyldes svekkelse av immunresponsen på grunn av stress fra syklisk oppvarming og svekket evne til termoregulering hos eldre dyr som gir økt kroppstemperatur, mulig søvnforstyrrelse, eller på grunn av en ukjent RF-spesifikk effekt som har en negativ effekt før oppvarming blir en risiko. Det er mulig at enhver form (omgivelser, IR, ultralyd) for syklisk oppvarming av dette nivået kan forårsake lignende funn, men ingen slike studier har blitt utført til dags dato (2020).

Vedlegg 5: Bruk av maskinlæring

Vi gjorde gjentatte forsøk på å bruke maskinlæring og såkalt kunstig intelligens for å oppsummere utfall og generelt.

Vi brukte følgende nettverktøy til enkelte oppgaver:

- kagi.com – alle modi – Claude 3,5 var mest konkret og kombinerte dette med Web søk og PDF-søk.

Oppgaver som kunne utføres med hjelp fra AI, som AMSTAR 2 vurdering og til dels ROBIS vurdering, kunne aldri brukes som beslutningsgrunnlag. Begrepene vi bruker kunne oversettes til engelsk, men AI kunne ikke vurdere innholdet, slik at lange samtaler måtte til for å få klargjort grunnlaget for AI-vurderingene. Dataekstraksjon av tabeller fra PDF var til tider mulig, men med så mange feil at det ikke lønte seg framfor å kopiere fra PDF, bruke OCR og legge inn i Excel der tabellene ikke var tilgjengelige på PubMed.

AI var best egnet til å assistere koding i R og av og til bidra ved koding av Macro-er i MS Word under uttegningen. AI kunne også lage sammenligningsscenarier som nedenfor. Regneøvelsen er ikke validert på noen måte, kun en illustrasjon.

***AI-regneøvelse:** Sammenligning av RF-EMF-dose og metabolsk varme*

En gjennomgang av eksponeringsscenarier, biologiske sammenhenger og energibalanser over to år. Dato: 24. juni 2025, Forfatter: Frembrakt med ChatGPT

1. Introduksjon

Denne rapporten sammenligner ulike former for RF-EMF-eksponering med kroppens kontinuerlige metabolsk produserte varme. Sammenligningen gjøres i samme enhet, **megajoule per kilogram (MJ/kg)**, som tilsvarer dosen RF-EMF over en toårsperiode. Den er beregnet ut i fra SAR-verdiene og studiens varighet i NTP (2018) for hannrotter. Hensikten er å forstå den relative energibelastningen fra elektromagnetiske felt:

- ved to realistiske scenarier i menneske
- sammenlignet med eksponering på grenseverdi-nivå
- sammenlignet med eksponeringen av rotter i NTP-studiene (2018)

Dette er ikke en vitenskapelig validert vurdering, kun en omtrentlig beregning for å illustrere det store gapet mellom realistisk eksponering av mennesker og den reelle eksponeringen av rotter i to langtids kreftstudier.

2. Definisjoner

Begrep	Forklaring
SAR (W/Kg)	Spesifikk absorpsjonsrate – mengden RF-energi absorbert per kg kroppsvev per sekund.
Kumulativ dose (MJ/kg)	Total energiabsorpsjon fra RF over tid.
Metabolsk varme (MJ/kg)	Energi kroppen selv genererer via stoffskifte.
RF-andel av metabolsk varme (%)	RF-dose uttrykt som andel av kroppens varmeproduksjon.

3. Forutsetninger for beregninger

3,1 Kroppslig varmetap

- Voksen person (70 kg): hvilemetabolisme $\approx$ 100 watt.
- Over 2 år (17 520 timer):

$$100 \text{ W} \times 17\,520 \text{ h} = 1\,752\,000 \text{ Wh} = 6,31 \text{ GJ} \rightarrow 90 \text{ MJ/kg.}$$

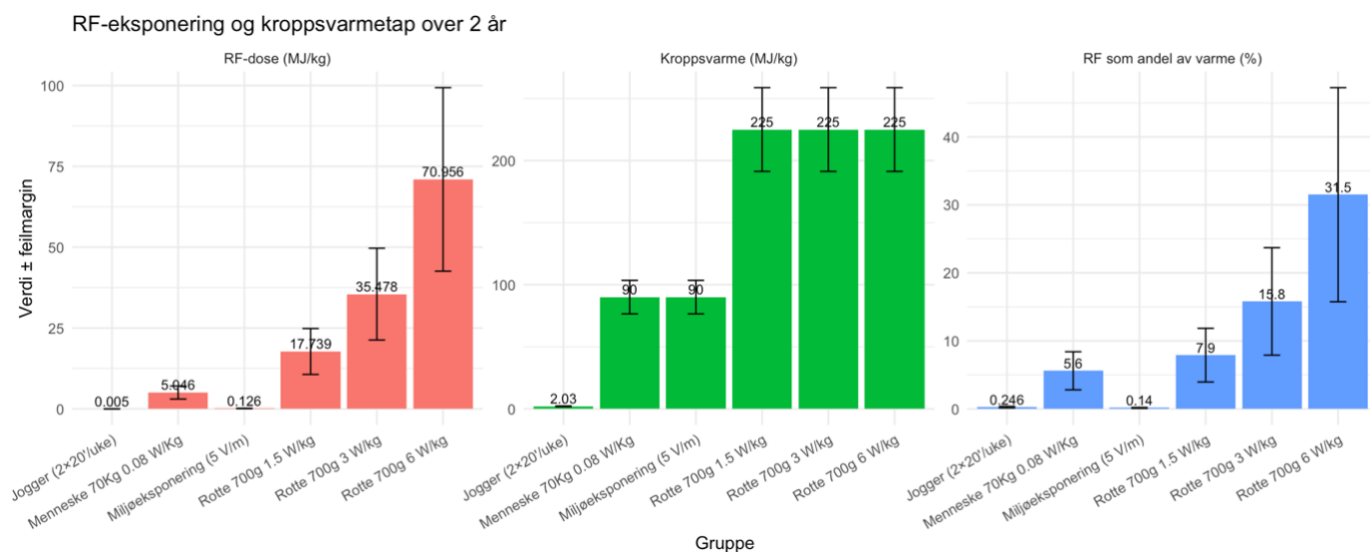
3,2 Jogging som sammenligning

- 20 min $\times$ 2/uke $\times$ 104 uker = 69,3 timer.
- Lett jogging = ca. 400 W $\rightarrow$ 27 720 Wh = 99,8 MJ $\rightarrow$ 1,42 MJ/kg.
- Totalt for person: **91,4 MJ/kg** over 2 år.

4. RF-doseberegninger for ulike grupper

Gruppe/scenario	SAR (W/Kg)	Eksposeringstid (timer)	RF-dose (MJ/kg)	Metabolsk varme (MJ/kg)	RF-andel (%)
Rotte, NTP 2018 1,5	1,5	6570	35,4	2,03	1745 %
Rotte, NTP 2018 3	3,0	6570	70,9	2,03	3491 %
Rotte, NTP 2018 6	6,0	6570	141,8	2,03	6985 %
Menneske, 0,08	0,08	17 520	5,0	90	5,6 %
Joggende kvinne	0,02	69,3	0,005	91,4	0,0055 %
Miljøeksponering (5 V/m)	0,002	17 520	0,126	90	

Grafisk framstilt:



5. Tolkingsramme

Rotteforsøket gir ekstremt høy RF-dose pga. liten kropp og høy SAR i laboratoriestudier.

Grenseverdier for mennesker gir lav kumulativ RF-dose sammenlignet med kroppens naturlige varmeproduksjon.

Miljøfelt (5 V/m) kan i sum gi en dose som overstiger enkelte bruksrelaterte situasjoner (for eksempel jogging).

RF-dosen er oftest **mindre enn 1 %** av den energien kroppen selv produserer.

6. Usikkerhetsvurdering

Estimat	Forventet feilmargin	Kommentar
RF-dose (MJ/kg)	±30–50 %	Usikker SAR, varighet, kroppsstilling, refleksjoner.
Kroppsvarme (MJ/kg)	±10–20 %	Variasjon i metabolisme, aktivitet, kjønn og kroppsstørrelse.
RF-andel (%)	±40–60 %	Kombinasjon av usikkerhet i både SAR og kroppsvarme. Særlig følsom ved lave SAR.

7. Konklusjoner

1. RF-eksponering fra miljøfelt og lavnivåbruk som WiFi og mobiltelefon gir svært lav totaldose.
2. Eksperimentelle rotteforsøk opererer med mye høyere kumulativ energiavsetning fra RF-doser enn realistiske menneskesituasjoner.
3. Selv ved kontinuerlig eksponering (for eksempel 5 V/m), utgjør RF-dose kun brøkdeler av kroppens daglige varmeproduksjon.
4. Den kumulative dosen (MJ/kg) er nyttig som kommunikasjonsverktøy for å forklare total eksponeringsbelastning.

Kilder:

1. ICNIRP – Internasjonal kommisjon for beskyttelse mot ikke-ioniserende stråling

ICNIRP gir retningslinjer for eksponering for elektromagnetiske felt, inkludert radiofrekvenser (RF) fra 100 kHz til 300 GHz. Disse retningslinjene brukes globalt som referanse for grenseverdier. [icnirp.org](https://www.icnirp.org/)

Offisiell nettside: [icnirp.org](https://www.icnirp.org/)

Retningslinjer for RF-eksponering (2020): [RF Guidelines](https://www.icnirp.org/publications/2020-guidelines/)

[2020icnirp.org](https://www.icnirp.org/publications/2020-guidelines/)

2. NTP – National Toxicology Program (USA)

NTP 2018-studien. [norad4u.com](https://www.norad4u.com/)

Offisiell nettside: niehs.nih.gov

Detaljerte rapporter:

Rotte-studie: [Final Rat Study Report](#)

Mus-studie: [Final Mouse Study](#)

[Reporten.wikipedia.org+3saferemr.com+3norad4u.com+3icnirp.org+4earthdata.nasa.gov+4icnirp.org+4norad4u.com](#)

3. IT'IS Foundation – SAR-database og dosimetrisk forskning

IT'IS utvikler verktøy og metoder for å vurdere absorpsjon av elektromagnetiske felt i levende vev. De har utviklet detaljerte 3D-modeller av menneskekroppen for å simulere SAR (spesifikk absorpsjonsrate) for ulike trådløse enheter.[en.wikipedia.org](#)

Offisiell nettside: [itis.swiss](#)

Om IT'IS Foundation: [Wikipedia-artikkelen.wikipedia.org](#)

R-kode for plott ble også lagt ved.

AI hadde begrenset nytte til annet enn koding og kanskje hypotesegenerering.