



NORGES OFFENTLIGE UTREDNINGER  

---

NOU 1995:20

# Elektromagnetiske felt og helse

*Forslag til en forvaltningsstrategi*

---

**Rapport fra en tverrdepartemental embetsgruppe  
avgitt til Sosial- og helsedepartementet**

**21. august 1995**

---

STATENS FORVALTNINGSTJENESTE  
STATENS TRYKNING

---

OSLO 1995

## *Forord*

En tverrdepartemental embetsgruppe som startet sitt arbeid i juni 1992 legger i denne utredningen fram forslag til forvaltningsstrategi vedrørende lavfrekvente elektriske og magnetiske felt og mulige helseskader. Forslagene som er enstemmige, står helt og holdent for embetsgruppens regning.

Utredningen bygger i hovedsak på rapporten «Har lavfrekvente elektriske og magnetiske felt noen helsemessig betydning?». Den er utarbeidet av et ekspertutvalg ledet av professor dr. med. Morten Harboe. Rapporten ble lagt fram i mai 1994 og er trykket som vedlegg.

Utredningen tar ikke opp problemer av miljømessig og estetisk art knyttet til f. eks. kraftoverføringsnett og andre elektriske anlegg.

Embetsgruppen foreslår at utredningen blir sendt på bred høring, før de berørte departementer tar stilling til forslagene som legges fram.

Embetsgruppen har i sitt arbeid trukket på kompetansen og ekspertisen i de respektive departementer, og i tillegg disse underliggende faginstanser:

Direktoratet for arbeidstilsynet (Arbeidstilsynet)

Elektrisitetstilsynet (nå Produkt- og elektrisitetstilsynet)

Norges vassdrags- og energiverk (NVE)

Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI)

Statens strålevern (Strålevernet)

Statens institutt for folkehelse (Folkehelsa)

Laboratorium for miljø- og yrkesbetinget kreft ved Radiumhospitalet (LAMYK)

Oslo, den 21. august 1995.

*Hans Ånstad* Embetsgruppens leder

*Tone Kjeldsberg*

*Geir Uglum*

*Wilhelm Pedersen*

*Odd Rune Heggheim*

*Siri P. Hole*

*Anne Sofie von Düring*

*Kjetil Tveitan*

## KAPITTEL 1

**Sammendrag**

Rapporten er bygget opp i fire deler i tillegg til sammendraget som står i "*Sammendrag*" i kapittel 1. Den første delen ("*Innledning og bakgrunn*" i kapitlene 2, 3 og 4) beskriver den konkrete bakgrunnen for at sentrale myndigheter startet opp et utredningsarbeid om elektromagnetiske felt og helse ("*Innledning og bakgrunn*" i kapittel 2), situasjonen og politikken i Norge ("*Historikk og nå-situasjonen i Norge*" i kapittel 3) og tilsvarende praksis i en del andre land ("*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4). Den andre og sentrale delen ("*Helsemessige effekter*" i kapittel 5) drøfter helsemessige effekter av eksponering for elektromagnetiske felt i lys av både norske og utenlandske ekspertvurderinger. Kapitlet bygger i stor grad på den norske ekspertutredningen «Har lavfrekvente elektriske og magnetiske felt noen helsemessig betydning?» og en tilsvarende svensk ekspertutredning av nyere dato. Kapitlet bygger også på utredninger og råd som embetsgruppen har innhentet fra en rekke norske fagorganer: Direktoratet for arbeidstilsynet (Arbeidstilsynet), Produkt- og elektrisitetstilsynet (El-tilsynet), Norges vassdrags- og energiverk (NVE), Statens strålevern (Strålevernet), Statens institutt for folkehelse (Folkehelsa), Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) og Laboratorium for miljø- og yrkesbetinget kreft ved Radiumhospitalet (LAMYK). I tredje del av rapporten ("*Gjeldende lovverk – ansvarlige myndigheter*" i kapittel 6) beskrives det lov- og forvaltningsmessige grunnlaget vi har på dette området, og hvilke muligheter dette grunnlaget gir oss. I siste del ("*Drøfting av strategier og tiltak*" i kapitlene 7 og "*Forslag til tiltak*" i 8) drøftes strategier for valg av tiltak ("*Drøfting av strategier og tiltak*" i kapittel 7) og forslag til konkrete tiltak ("*Forslag til tiltak*" i kapittel 8). I "*Administrative og økonomiske konsekvenser*" i kapittel 9 har embetsgruppen forsøkt å komme fram til beregninger av de økonomiske konsekvenser av sine forslag, og de administrative konsekvensene omtales.

Rapporten må ses i sammenheng med den norske ekspertutredningen «Har lavfrekvente elektriske og magnetiske felt noen helsemessig betydning?» som følger som trykket vedlegg til slutt i dokumentet (vedlegg 4). Som vedlegg følger også en oversikt over enkelte faguttrykk, aktuelle forkortelser m.v. (vedlegg 1) og en litteraturliste (vedlegg 3). I tillegg følger en utredning foretatt av Strålevernet: «Eksponeringskriterier benyttet i studier av kreft hos barn nær kraftledninger» (vedlegg 2).

Det følgende er en kort oppsummering av hvert kapittel.

*"Innledning og bakgrunn" i Kapittel 2*

*"Innledning og bakgrunn"* i Kapittel 2 gir bakgrunnen for at arbeidet med å utforme en offentlig strategi for forvaltningen av elektromagnetiske felt og helse ble igangsatt sommeren 1992. På bakgrunn av innslag i media tok miljøvernministeren kontakt med daværende kommunal- og arbeidsminister, olje- og energiminister og sosialminister. Det var enighet mellom disse statsrådene om at spørsmålet skulle utredes nærmere. Etter flere forberedende møter og drøftinger mellom fagdepartementene og Finansdepartementet ble det i juli 1993 formelt etablert en tverrdepartemental embetsgruppe til å legge fram forslag til en forvaltningsstrategi. Sosial- og helsedepartementet ble satt til å lede arbeidet. Som støtte for denne embetsgruppen oppnevnte Sosial- og helsedepartementet høsten 1993 et ekspertutvalg bestående av forskere fra ulike, relevante fagdisipliner til å utrede spørsmålet om elektromagnetiske felt har betydning for helsen.

Ekspertutvalget la fram sin utredning i mai 1994. Denne er offentliggjort i rapporten «Har lavfrekvente elektriske og magnetiske felt noen helsemessig betydning?». Embetsgruppen har i tillegg til denne utredningen basert sitt arbeid på en tilsvarende utredning fra Sverige samt på faglige råd fra en rekke fagorganer som har kompetanse og forvaltningsansvar på dette feltet.

Videre har embetsgruppen holdt seg orientert om forsknings- og utredningsarbeid i en del andre land, og selvfølgelig også om pågående forskning i Norge. Samtlige fagdepartementer har i tillegg gjennom sitt vanlige departementsarbeid fått nyttig kunnskap om elektromagnetiske felt og helse.

### *"Historikk og nå-situasjonen i Norge" i Kapittel 3*

I *"Historikk og nå-situasjonen i Norge"* i kapittel 3 gir embetsgruppen først en kort historisk oversikt over når søkelyset ble satt på elektromagnetiske felt og mulige helseskader. Allerede på 1960- og 70-tallet ble undersøkelser om helsetilstanden hos arbeidere i høyspenningsanlegg kjent i Norge. Det ble i disse undersøkelsene fokusert på om de sterke elektriske feltene i anleggene kunne være årsaken til enkelte helseplager.

Men det var først fra 1979, da det ble offentliggjort en forskningsrapport fra USA som viste at barn som vokste opp nær kraftledninger syntes å ha en større forekomst av kreft enn andre barn, at oppmerksomheten for alvor ble rettet mot lavfrekvente magnetiske felt og mulig helsefare. Også i Norge førte dette til oppstart av forskning omkring biologiske og medisinske virkninger av elektromagnetiske felt. Dette er en forskningsaktivitet som fortsatt pågår.

I mangel av konkrete retningslinjer for vurdering av elektromagnetiske felt og helse, har norske helse- og strålevernmyndigheter formulert en varsomhetsstrategi som går ut på at en før sikrere viten foreligger, ikke bygger nye kraftledninger i nærheten av boligområder. Myndighetene har samtidig ment at en ikke bør iverksette større kostnadskrevenne tiltak i forhold til eksisterende anlegg og bygninger før en har et bedre kunnskapsgrunnlag om hvorvidt det virkelig finnes en klar årsakssammenheng mellom eksponering for elektromagnetiske felt og helseskade.

Kapitlet omtaler dernest utfallet av enkelte sakkyndige uttalelser i saker vedrørende kraftledningskjønn. Det går fram at det til nå ikke er gitt erstatning for antatt økt helsefare i denne type saker.

Det gis også en kort oversikt over den informasjonsvirksomheten berørte departementer og underliggende fagorganer har hatt på dette området. En nylig publisert undersøkelse om folks opplevelse av risiko for elektromagnetiske felt viser at det er et stort behov for å gi bedre saklig informasjon om dette.

Til slutt i *"Historikk og nå-situasjonen i Norge"* i kapittel 3 beskrives en av de mest omtalte kraftledningssakene i den senere tid – en 300 kV kraftledning på strekningen Fana-Kollsnes. Med bakgrunn i bl.a. denne saken la flere stortingsrepresentanter fram to separate forslag som knyttet seg til kraftledninger og mulige helseskader. I sin behandling av disse forslagene viste energi- og miljøvernkomiteen bl.a. til at så lenge de helsemessige spørsmål knyttet til opphold nær kraftledninger sannsynligvis ikke vil la seg avklare de nærmeste år, vil det være riktig å arbeide videre med en varsomhetsstrategi som kan fjerne den usikkerhet som berørte parter føler. Stortinget sluttet seg til dette og ba også Regjeringen legge til rette for at miljø-, helsemessige og estetiske hensyn må få vekt ved etablering av nye høyspentanlegg. Stortinget ba videre om å bli holdt orientert om arbeidet til embetsgruppen og ekspertutvalget.

Kapitlet avsluttes med en kort oppsummering av mer generelle synspunkter som sentrale helsemyndigheter har hatt i saker som angår kraftledninger og nærhet til boliger.

#### *"Praksis og strategier i andre land" i Kapittel 4*

Embetsgruppen gir i dette kapitlet en omfattende oversikt over praksis og strategier i andre vestlige land (Danmark, Sverige, Finland, Storbritannia, Irland, Nederland, Frankrike og USA). Oversikten tar for seg spørsmålet om å fastsette grenseverdier for eksponering for elektromagnetiske felt og de offisielle råd og anbefalinger som er gitt. Det legges spesielt vekt på håndteringen av denne type problemstilling i Danmark og Sverige. Oversikten viser at myndighetene i alle disse landene er opptatt av spørsmålet om hvorvidt eksponering for elektromagnetiske felt kan ha helse-skadelige virkninger. Det er derfor etablert en rekke rådgivningsgrupper og -komiteer til å bistå sentrale myndigheter på dette området. Det vises ellers til at flere land har besluttet å kable kraftledninger (f.eks. Danmark og Frankrike), men at begrunnelsen for dette er gitt i miljøhensyn og ikke helsehensyn. Det konkluderes med at det ikke er innført offisielle grenseverdier i noe land utover de anbefalinger som er gitt mht yrkeseksponering for de langt sterkere feltene en kan være utsatt for på enkelte arbeidsplasser. De ulike nasjonale strålevernautoritene har ikke funnet grunnlag for grenseverdier som har noen mening i forhold til eksponering fra kraftledninger, men enkelte har anbefalt en forsiktighetsstrategi.

Gjennomgående presiseres den store usikkerheten og uklarheten, ikke bare mht hvorvidt felt av den størrelsesorden som kraftledninger er omgitt av gir helserisiko, men også at det ikke foreligger et klart dosebegrep som forvaltningen kan forholde seg til.

I siste del av kapitlet gis en oversikt over råd og anbefalinger fra en rekke internasjonale organer (WHO, IRPA, IARC, CENELEC og EU-kommisjonen (se vedlegg 1 for fullt navn på disse organene)) som alle baserer seg på et felles grunnlag. For det første mener de at eksponeringen ikke bør overstige verdier som fører til større induserte strømmer i kroppen enn de som kroppen selv normalt forårsaker. For det andre tar de ikke stilling til hvorvidt det forekommer langtidseffekter ved eksponering for svakere felt. Dette medfører grenseverdier som langt overstiger de som en person kan bli utsatt for fra elektriske installasjoner i tilknytning til vanlige bolighus eller ved ferdsel nær kraftforsyningsinstallasjoner. Grenseverdiene er i praksis bare relevante for ulike former for kraftkrevende industri. Det er f.eks. verdt å merke seg at IARC ennå ikke har tatt stilling til om lavfrekvente felt kan karakteriseres som kreftfremkallende, dette planlegges imidlertid gjort i løpet av høsten 1995.

#### *"Helsemessige effekter" i Kapittel 5*

Kapitlet er delt i tre deler. I den første delen gis det en oversikt over ekspertutvalgets rapport. I den andre delen utredes generelt spørsmålet om karakterisering av stoffer og andre faktorer som kreftfremkallende, og elektromagnetiske felt omtales spesielt. Denne utredningen er foretatt av eksperter ved Folkehelse, LAMYK og STAMI i samråd med Strålevernet. I den tredje delen gir embetsgruppen sin vurdering av hvorvidt eksponering for elektromagnetiske felt i boligsituasjon, i yrkesliv og ellers, er helseskadelig.

I "*Helsemessige effekter – ekspertutvalgets konklusjoner*" i avsnitt 5.2 omtales ekspertutvalgets rapport og hovedkonklusjoner om mulige helsemessige effekter av eksponering for elektromagnetiske felt i boligsituasjon, i yrkessituasjon og eventu-

elle andre helseproblemer som depresjoner og selvmord og den type helseplager som går under betegnelsen el-overfølsomhet.

Ekspertutvalgets rapport, som følger som trykket vedlegg til embetgruppens rapport, gir en omfattende klargjøring av en rekke fagbegreper som elektriske og magnetiske felt, statiske felt, tidsvariable felt og elektrisk ledende objekter. Ekspertutvalget tar i hovedsak for seg eksponering for svært lavfrekvente magnetfelt (50 Hz) og har viet andre eksponeringssituasjoner forholdsvis liten plass. Dette skyldes at eksponeringen for 50 Hz magnetfelt er den som berører det største antall mennesker over lengst tid. En rekke mistenkte helseeffekter er omtalt og belyst gjennom et stort utvalg forskningslitteratur. Mest sentralt i ekspertutvalgets rapport står spørsmålet om risiko for kreft, særlig blant barn som bor i nærheten av kraftledninger. Ekspertutvalget introduserer begrepene individuell risiko for enkeltindivider i den antatte risikogruppen vurdert opp mot kollektiv risiko for befolkningen generelt.

Når det gjelder *leukemi blant barn* konkluderer ekspertutvalget med at «*Epidemiologiske undersøkelser taler for at leukemi forekommer oftere blant barn som vokser opp nær kraftledninger enn hos andre barn.*» Det uttales videre at det ikke har vært mulig å bestemme årsaken til økt forekomst av leukemi blant barn som vokser opp nær kraftledninger fordi mange faktorer kan spille inn. Utvalget mener imidlertid at studiene peker mest i retning av magnetfelt, men sier også at denne oppfatningen kan endre seg med videre forskning.

Når det gjelder *kreft blant voksne* sier ekspertutvalget at tilsvarende undersøkelser ikke tyder på at bosted nær kraftledninger har noe å si for krefthyppighet for denne gruppen.

Det er heller ikke entydige resultater fra epidemiologiske undersøkelser av *folk som eksponeres for elektromagnetiske felt i sitt yrke*. Magnetfelt har stått i fokus som en aktuell eksponeringsfaktor i forbindelse med mistanke om økt forekomst av *abort og fosterskader* i yrkeslivet, f.eks. i forbindelse med arbeid ved dataskjerm. Ekspertutvalget mener at en samlet vurdering ikke tyder på at eksponering for elektromagnetiske felt øker risikoen for spontanabort og medfødte misdannelser.

Ekspertutvalget har i mindre grad vurdert risikoen for andre helseskader som depresjoner og selvmord, og plager som el-overfølsomme har. På disse områdene mener utvalget at det er behov for videre forskning for å få klarhet i om det er en sammenheng mellom eksponering for elektromagnetiske felt og denne typen negative helseeffekter.

*"Generelt om karakterisering av stoffer og andre faktorer som kan føre til helseskader"* i Avsnitt 5.3 omtaler hvilke retningslinjer man vanligvis følger når det gjelder vurdering av helsefare knyttet til kjemiske stoffer i dagligliv og yrke. Omtalen er basert på en utredning som embetsgruppen har bestilt fra eksperter ved Folkehelsa, LAMYK og STAMI. Først omtales retningslinjer for karakterisering av kreftfremkallende kjemikalier (5.3.1), dernest gis en omtale av toksikologisk klassifisering av elektromagnetiske felt (5.3.2).

Etter å ha tatt utgangspunkt i en teoretisk tilnærming til de internasjonale retningslinjene for karakterisering av kjemikalier og andre faktorer med hensyn til kreftfremkallende egenskaper (her er benyttet IARC's klassifisering) konkluderer utredningen til Folkehelsa, LAMYK og STAMI med at:

- Det er *usikre holdepunkter* for at lavfrekvente magnetiske felt (i den størrelse som forekommer nær kraftledninger) er kreftfremkallende for mennesker.
- Det er *begrensede holdepunkter* for at det å bo nær kraftlinjer er kreftfremkallende for mennesker.
- Det er *ikke holdepunkter* for at lavfrekvente magnetiske felt fører til kreft i forsøksdyr.
- Økt forekomst av leukemi blant barn kan knyttes til bosted nær kraftledninger

– dvs. avstand til kraftledning -, mens det er svakere holdepunkter for at lavfrekvente magnetiske felt virkelig er årsaken.

Når det gjelder risikokarakterisering konkluderer utredningen med at den individuelle risikoen i den eksponerte gruppen (barn med bosted nær kraftledninger) er høyere enn WHO's retningslinjer for tolererbar livstidsrisiko som gjelder f.eks. enkeltstoffer i drikkevann, og at tiltak bør vurderes.

Når det gjelder den kollektive risiko for barnebefolkningen som helhet, er denne lavere enn WHO's retningslinjer for tolererbar livstidsrisiko. Dette tilsier at tiltak på kollektiv basis ikke behøver å vurderes.

Til slutt uttales at når det gjelder andre kreftformer enn leukemi blant barn, er det ikke holdepunkter for at lavfrekvente magnetfelt (i eller utenfor yrke) fører til noen økning.

Det framgår av denne vurderingen at økt forekomst av leukemi blant barn kan knyttes til *bosted nær kraftledninger*, mens det ikke er sikre holdepunkter for at *lavfrekvente magnetiske felt* virkelig er årsaken. Sammenlignet med flere andre miljøfaktorer som kan føre til kreft (ioniserende stråling, sollys, eksponering for en rekke kreftfremkallende kjemikalier), er grunnlaget for å bestemme et dosemaal og å angi en risiko *meget mangelfullt*.

Til slutt i "*Generelt om karakterisering av stoffer og andre faktorer som kan føre til helseskader*" i avsnitt 5.3 gis en oversikt over dødelighetsrisiko relatert til eksponering for noen omgivelsesfaktorer i Norge. Oversikten viser at dødelighetsrisikoen er atskillig større når det gjelder kreft ved f.eks. både aktiv og passiv tobakksrøyking, innendørs eksponering for radon og yrkeseksponering for asbest.

Embetsgruppen gir sin vurdering i "*Embetsgruppens vurdering*" i avsnitt 5.4. I tillegg til det norske og det svenske ekspertutvalgets rapporter og utredningen som er gjengitt i "*Generelt om karakterisering av stoffer og andre faktorer som kan føre til helseskader*" i avsnitt 5.3, bygger embetsgruppen sin vurdering på en utredning fra Strålevernet om eksponeringskriterier som er benyttet i studier av kreft blant barn som bor nær kraftledninger. Denne siste utredningen følger som vedlegg 2. Strålevernet har ikke funnet vitenskapelig grunnlag for å identifisere noe bestemt nivå av elektriske eller magnetiske felt ved kraftledninger som indikator for økt risiko for leukemi eller andre kreftformer hos barn eller å benytte beregnede gjennomsnitt av magnetfelt som mål for nærhet til kraftledninger. Strålevernet har heller ikke funnet grunnlag for å identifisere noen bestemt avstand fra kraftledninger som risikogrense i forhold til kreft blant barn.

Embetsgruppens hovedkonklusjoner når det gjelder sykdomsrisiko i boligsituasjon (5.4.1) kan kort gjengis slik:

- Verken epidemiologiske eller eksperimentelle data gir grunnlag for å klassifisere lavfrekvente elektriske eller magnetiske felt som sikkert kreftfremkallende.
- Det er heller ikke funnet sikre vitenskapelige holdepunkter for at andre sykdommer, skader eller plager kan være forårsaket av elektromagnetiske felt av en art og styrke som man kan bli eksponert for i dagliglivet eller i de fleste yrker.
- Epidemiologiske undersøkelser taler for at leukemi forekommer oftere blant barn som bor nær kraftledninger enn blant andre barn, men de foreliggende data er ikke tilstrekkelige til å avgjøre en årsakssammenheng. Avgjørende spørsmål om eventuelle biologiske virkningsmekanismer, dosedefinisjon og dose-effekt-relasjon er ubesvarte.
- Det er ikke tilstrekkelig vitenskapelig grunnlag for å knytte det kreftfremkallende potensiale ved å bo nær kraftledninger til de magnetiske feltene som

- omgir ledningene.
- Forvaltningsmessig sett kan det likevel være hensiktsmessig å klassifisere visse områder nær kraftledninger som mer risikofylte enn andre. En slik klassifisering bør i så fall ta utgangspunkt i avstand som derved ikke angir noen spesifikk årsaksfaktor.

*"Helseskader i yrkessituasjon"* i Avsnitt 5.4.2 omhandler helseskader i yrkessituasjon med hovedvekten på kreft i «elektriske yrker» og abort og fosterskader. Det er ikke mulig å trekke noen entydig konklusjon om at arbeidstakere som gjennom sitt yrke er utsatt for eksponering for elektromagnetiske felt, har en overhyppighet av kreft. Det er samlet sett heller ikke funnet noen sikre holdepunkter for en sammenheng mellom fosterskader og abort og arbeid ved f.eks. dataskjerm som er omgitt med meget beskjedne magnetiske feltstyrker. En del arbeidsplasser har imidlertid svært høye felt og omfattes allerede idag av forslag til retningslinjer. Det nevnes eksempler som arbeid i smelteverk, elektrolysehaller, sveising, induksjonsloddning og personell som betjener magnet-tomografer i helsevesenet.

I *"Andre helseskader"* i avsnitt 5.4.3 tar embetsgruppen for seg andre helseplager som bl.a. såkalt el-overfølsomhet, som er en betegnelse på et kompleks av helseplager som rapporteres fra et stigende antall mennesker. Som arbeidsmiljøproblem er el-overfølsomhet som regel knyttet til arbeidsplasser ved dataskjerm, men etter hvert også andre kilder i arbeidsmiljøet. Det påpekes at det ikke foreligger noen god biomedisinsk begrunnelse for at det er noen sammenheng mellom denne type helseplager og eksponering for elektromagnetiske felt. Embetsgruppen konkluderer med at det ut fra dagens kunnskap ikke er grunnlag for å foreslå kollektive tiltak overfor el-overfølsomhet, og at el-overfølsomme er best tjent med individuell oppfølging og tiltak rettet mot de årsaker som er disponerende og utløsende for den enkelte persons plager. Det pekes på at det er behov for videre forskning på dette området.

### *"Gjeldende lovverk – ansvarlige myndigheter" i Kapittel 6*

*"Gjeldende lovverk – ansvarlige myndigheter"* i Kapittel 6 tar for seg det lovverk og de myndigheter som er berørt av spørsmålet om helsemessige effekter knyttet til eksponering for elektromagnetiske felt. De lovene som er aktuelle og blir gjennomgått, er plan- og bygningsloven, energiloven, kommunehelsetjenesteloven, (elektrisitet)synsloven og arbeidsmiljøloven. Oversikten omfatter også mer perifere lover som produktkontrollloven og røntgenloven. Det understrekes at når flere lovverk kommer til anvendelse på en og samme planprosess – enten det gjelder bygging av nye boliger nær kraftledninger eller anlegg av kraftledninger nær boligene – er det viktig å etablere gode rutiner for samarbeid og samordning mellom de ulike aktørene. For voksne i «elektriske yrker» kommer arbeidsmiljøloven til anvendelse, og det finnes på dette området en rekke generelle bestemmelser som kan benyttes i de tilfeller der det kan dokumenteres en sammenheng mellom elektromagnetiske felt og helsefare. Embetsgruppens inntrykk er at lovverket er godt nok og gir tilstrekkelige muligheter for forvaltningen til å ta helsemessige hensyn når det gjelder elektromagnetiske felt, dersom det viser seg å være behov for det.

De forvaltningsmyndigheter som er nevnt i kapitlet er Miljøverndepartementet (plan- og bygningsloven), Sosial- og helsedepartementet/Statens strålevern (kommunehelsetjenesteloven og røntgenloven), Nærings- og energidepartementet/Norges vassdrags- og energiverk (energiloven) og Kommunal- og arbeidsdepartementet/Produkt- og elektrisitetstilsynet, Arbeidsmiljøtilsynet og Statens bygnings- tekniske etat (tilsynsloven, arbeidsmiljøloven og plan- og bygningsloven).



*"Drøfting av strategier og tiltak" i Kapittel 7*

I dette kapitlet går embetsgruppen nærmere inn på eventuelle tiltak knyttet til barneleukemi og bosted nær kraftledninger. Det gis først (7.2.1) en generell vurdering av ulike tiltak som er aktuelle ut fra faktorer som omfanget av eventuelle negative helseeffekter, eventuelle positive bieffekter ved å iverksette tiltak, hvilket vitenskapelig belegg en har for at helseskade kan oppstå, hvilke virkningsmekanismer som er påvist, omfanget av kostnader ved forebyggingstiltak og eventuelle ulemper ved tiltak. I *"Forsiktighetsstrategi – en begrepsavklaring"* i avsnitt 7.2.2 omtales begrepene forsiktighetsstrategi og «føre-var» – tiltak, og det understrekes at det sentrale her er hvordan man behandler usikkerhet. Det engelske uttrykket «no-regret» – tiltak nevnes også. Disse begrepene har det til felles at en planlegger ut fra at det kan være sannsynlig at det eksisterer en sammenheng mellom et tiltak og en negativ helseeffekt. Forskjellen mellom forsiktighetsstrategien og «no-regret»-strategien er at mens en ved en forsiktighetsstrategi er villig til å iverksette tiltak som har visse (store eller små) kostnader, betyr en «no-regret»-strategi bare iverksetting av tiltak som ikke gir økte kostnader og heller ingen andre ulemper.

Det presiseres at det er viktig å ha tilstrekkelig kunnskap om virkninger, og at tiltak er mest effektive dersom de kan rettes direkte mot problemenes reelle årsaker. Vet en ikke noe om disse, har eventuelle tiltak liten eller ingen verdi.

I *"Mulige tiltak"* i avsnitt 7.3 går embetsgruppen gjennom de mulige tiltak som kan velges i forhold til bosted nær kraftledninger. Det konkluderes med at det er flere mulige grupper av tiltak:

- Unngå å etablere nye kraftledninger nær boliger, skoler o.l.
- Unngå å etablere nye boliger m.v. nær kraftledninger
- Flytte eksisterende kraftledninger som ligger nær boliger
- Flytte eksisterende boliger som ligger nær kraftledninger
- Planlegging av nettstrukturen med henblikk på muligheter for å sanere anlegg og redusere nærføring

Embetsgruppen mener etter en nærmere vurdering av disse gruppene av tiltak sett i forhold til den kunnskapen en har i dag, at tiltak bare er aktuelle ved nye anlegg (nye ledninger og nye bygg), og at oppmerksomheten bør konsentreres om de største kraftledningene uten at det kan settes noen nedre grense for vurdering av tiltak. Det slås fast at det ikke fins noe vitenskapelig grunnlag for å fastsette grenseverdier for tilrådd avstand mellom bygg og kraftledninger, og at det ikke er grunnlag for å vurdere tiltak ved andre feltkilder som jordkabelanlegg, transformatorer i hus m.v. Embetsgruppen mener at kabling av kraftledninger ikke er et aktuelt forebyggingstiltak når det gjelder leukemi blant barn. Kabling kan imidlertid være et aktuelt tiltak dersom en ønsker å legge større vekt på miljømessige og estetiske hensyn.

I *"Kostnader"* i avsnitt 7.5 gis tre regneeksempler: gradvise tiltak mot eksisterende anlegg, bare tiltak mot nye anlegg og riving av hus. I det første eksemplet (eksisterende anlegg) som er basert på en rekke forutsetninger, blir kostnadene 26,7 mill. kroner årlig. I regneeksemplet om tiltak mot nye anlegg, er de årlige kostnadene beregnet til 6 mill. kroner. Det mest kostbare eksemplet – riving av hus – er beregnet til ca 2,6 milliarder kroner. Kabling er beregnet til omtrentlig samme sum.

Embetsgruppen går som nevnt i *"Mulige tiltak"* i avsnitt 7.3 bare inn for tiltak mot nye anlegg. Det understrekes samtidig at ingen tiltak, selv ikke de dyreste, med sikkerhet vil kunne gi gevinst i form av redusert forekomst av barneleukemi med ett eneste tilfelle.

### *"Forslag til tiltak" i Kapittel 8*

I dette kapitlet foreslås konkrete tiltak for å forebygge barneleukemi som kan ha sammenheng med «nærhet til kraftledninger» og eksponering for sterke elektromagnetiske felt for gravide arbeidstakere i enkelte «elektriske yrker». De to hovedområdene det er aktuelt å foreslå tiltak på, er bosted ved kraftledninger ("*Tiltak knyttet til bosted nær kraftledninger*" i avsnitt 8.2) og arbeidsplasser i industri og arbeidsliv (8.3). I tillegg foreslås det tiltak i forhold til problemstillinger knyttet til el-overfølsomhet (8.4), forskning og utviklingsarbeid (8.5), informasjon (8.6) og behov for ny gjennomgang (8.7).

Når det gjelder tiltak knyttet til bosted nær kraftledninger legger embetsgruppen til grunn en rekke faktorer som omfanget av negative helseeffekter, hvilket vitenskapelig belegg en har, hva vi vet om ulike virkningsmekanismer, hvilke mulige tiltak som finnes, hva de koster, og planlegging av nettstrukturen med henblikk på muligheter for å sanere anlegg og redusere nærføring. I tillegg vurderes det om det er negative effekter knyttet til tiltak for å øke avstanden, og forholdet til annet helsefremmende og forebyggende arbeid blir diskutert.

Embetsgruppen presiserer at dagens kunnskap gir svakt grunnlag for å anbefale konkrete tiltak og tilrår ut fra dette at tiltak iverksettes innenfor rammen av en moderat forsiktighetsstrategi. Det legges til grunn at det ikke er grunnlag for å klassifisere elektromagnetiske felt som kreftfremkallende, men at det er funnet «begrensede holdepunkter» for at nærhet til kraftledninger kan karakteriseres som kreftfremkallende. I mangel av kunnskap om konkrete virkningsmekanismer, står en derfor igjen med ulike tiltak for å øke avstanden mellom boliger og kraftledninger som aktuelle virkemidler. Embetsgruppen foreslår når det gjelder å øke avstanden til kraftledninger at en ved anlegg av nye kraftledninger søker å unngå nærføring til boliger, barnehager, skoler m.v. Embetsgruppen forutsetter at tiltakene medfører små kostnader, og at de ikke må medføre andre ulemper av betydning. De mest aktuelle tiltakene er traséendringer. Det foreslås videre at en ved anlegg av nye boliger, barnehager, skoler m.v. bør unngå nærhet til kraftledninger, og der det er mulig, å velge en noe større avstand enn de minstegrenser som er fastsatt av sikkerhetshensyn for avstand mellom kraftledninger og bebyggelse.

Embetsgruppen foreslår videre i "*Tiltak i industri og arbeidsliv*" i avsnitt 8.3 at det til tross for at epidemiologiske data ikke tyder på økt forekomst av abort og misdannelser, bør vises forsiktighet når det gjelder gravide arbeidstakere på enkelte arbeidsplasser. I dette spørsmålet er embetsgruppen av den oppfatning at et foster prinsipielt skal betraktes på lik linje med hvilket som helst annet ikke-yrkesaktivt individ, og skal følgelig heller ikke utsettes for påvirkninger som kan være potensielt helseskadelige i den alminnelige befolkning. Embetsgruppen finner ikke noe direkte helsemessig grunnlag for å iverksette tiltak overfor eksponering for elektromagnetiske felt i arbeidslivet så lenge de ikke overstiger de internasjonale forslagene til retningslinjer for beskyttelse mot akutte biologiske effekter.

Når det gjelder gravide arbeidstakere, presiseres det at selv om epidemiologiske studier ikke synes å gi noen risiko for den gravide som er eller har blitt utsatt for eksponering for elektromagnetiske felt, kan man ikke utelukke at engstelsen som sådan kan ha negativ betydning for barnet. Embetsgruppen foreslår derfor at gravide som har sitt arbeid i nær tilknytning til uvanlig sterke elektriske og/eller magnetiske felt, bør tilbys mulighet for midlertidig omplassering til annet arbeid under svangerskapet. Da det kan være vanskelig å vurdere de enkelte arbeidsplasser i forhold til dette, foreslås det at Arbeidstilsynet og Strålevernet bør utarbeide felles retningslinjer for hvordan risiko av arbeidsplasser skal vurderes mht elektromagnetiske felt og gravide arbeidstakere.

Når det gjelder el-overfølsomhet foreslås i *"Tiltak vedrørende el-overfølsomhet o.l."* i avsnitt 8.4 at det nedsettes en bredt sammensatt arbeidsgruppe under ledelse av Statens helsetilsyn med mandat å utrede sykdomsbegrepet og forholdet til helse-tjenesten og trygdelovgivningen. Det understrekes at det i dette utredningsarbeidet er viktig å samarbeide med forskningsmiljøer og interesse-/selvhjelpsgrupper på dette området.

Embetsgruppen foreslår videre at forskningen om elektromagnetiske felt og helsevirkninger må fortsette på minst samme nivå som idag, og at en vurderer finansieringen av forskningen på nytt med sikte på å legge til rette for en mer bransjeuavhengig forskningsaktivitet på dette området. Embetsgruppen nevner til slutt i *"Forskning og utviklingsarbeid"* i avsnitt 8.5 enkelte temaer det vil være av interesse å forske videre på.

Arbeidet med elektromagnetiske felt og helse har avdekket et betydelig informasjonsbehov både i befolkningen generelt og i forvaltningen. Embetsgruppen anbefaler derfor at myndighetene utarbeider og gjennomfører en informasjonsplan om elektromagnetiske felt og helse, jf *"Informasjon"* i avsnitt 8.6.

Til slutt i dette kapitlet (8.7) anbefaler embetsgruppen at myndighetene foretar en tilsvarende gjennomgang av problemstillinger knyttet til elektromagnetiske felt og helse i løpet av 5 til 10 år.

#### *"Administrative og økonomiske konsekvenser" i Kapittel 9*

I dette kapitlet oppsummeres de økonomiske og administrative konsekvensene av embetsgruppens forslag. De tiltak embetsgruppen foreslår når det gjelder bosted nær kraftledninger, vil anslagsvis koste ca 6 mill. kroner årlig. Dette er utgifter som forutsettes belastet utbygger og ikke statlige myndigheter. Tiltaket vil etter embetsgruppens vurdering ikke medføre administrative konsekvenser.

Når det gjelder kostnader ved tiltak for omplassering av gravide arbeidstakere, antar embetsgruppen at det vil dreie seg om et fåtall arbeidstakere og dermed ikke medføre økte kostnader. De øvrige tiltakene – videre utredning av el-overfølsomhet, forskning m.v. og styrket informasjonsinnsats – vil ikke innebære økte kostnader av betydning utover det som nå går til denne type tiltak.

## KAPITTEL 2

**Innledning og bakgrunn****2.1 BAKGRUNNEN FOR MYNDIGHETENES ARBEID MED ELEKTRO-  
MAGNETISKE FELT OG HELSE**

Miljøvernministeren tok bl.a. på bakgrunn av et innslag i NRK 19. mars 1992 opp spørsmålet om helseskader pga elektromagnetiske kraftfelt i et notat av 20. mars 1992 til olje- og energiministeren, sosialministeren og kommunalministeren. Det var enighet mellom disse statsrådene om at dette burde utredes nærmere.

På et møte i Miljøverndepartementet 11. juni 1992 ble de berørte departementene enige om at det burde oppnevnes et tverrdepartementalt utvalg på embetsplan for å vurdere helsefare knyttet til lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. Siden det var tale om helsefare, var det videre enighet om at Sosial- og helsedepartementet burde ha ansvaret for arbeidet. Etter ytterligere drøftinger og møter mellom de berørte fagdepartementer og i samråd med Finansdepartementet om hvordan en best skulle gå fram for å få utformet en mer konkret varsomhetsstrategi i Norge, ble det våren 1993 besluttet å oppnevne både en tverrdepartemental embetsgruppe og en ekspertgruppe bestående av forskere fra ulike fagdisipliner.

Sentrale myndigheter vurderte det mao slik at det var behov for å samle mer kunnskap om problemområdet, og å få en faglig ekspertvurdering av den kunnskapen som foreligger før det på embetsplan ble utarbeidet et forslag til en offentlig varsomhetsstrategi som var mer konkret enn det sentrale helse- og strålevernmyndigheter hittil hadde gått ut med. Det vises ellers til omtalen av embetsgruppen og ekspertutvalget i "*Oppnevning av embetsgruppen til å legge fram forslag til en forvaltningsstrategi om elektromagnetiske felt og helse*" i avsnittene 2.2 og "*Oppnevning av ekspertutvalget til å vurdere mulig helsefare knyttet til lavfrekvente elektriske og magnetiske felt*" i 2.3 nedenfor.

I januar 1993 tok stortingsrepresentanten Per Aunet (SV) opp resultatene fra en svensk undersøkelse om sammenhengen mellom leukemi hos barn og magnetfelt fra høyspentledning i Stortingets spørretime og rettet følgende spørsmål til helseministeren:

«En svensk undersøkelse viser en sammenheng mellom leukemi blant barn og magnetfelt fra høyspentledninger. Det har også tidligere blitt pekt på mulige sammenhenger mellom høyspentledninger og miljø- og helseproblemer.

Hva gjøres for å kartlegge en eventuell slik sammenheng her i landet, og hvilke tiltak er satt i verk for å stoppe planlagte utbyggingsprosjekter inntil sammenhengen er nærmere avklart?»

Helseminister Werner Christie svarte bl.a.:

«Internasjonalt er det en betydelig forskningsaktivitet på dette feltet, og resultatene gir fremdeles ingen sikkerhet med hensyn til spørsmålet om en slik sammenheng finnes.

Som representanten Aunet nevnte i sitt spørsmål, har det svenske Institutet for Miljömedicin høsten 1992 lagt fram en rapport som konkluderer med at man har funnet en viss sammenheng mellom styrken på magnetfeltet som høyspentledninger har gitt opphav til i boliger, og leukemi hos barn. En tilsvarende dansk undersøkelse, som ble offentliggjort umiddelbart etter den svenske, viser ingen overhyppighet av leukemi, men en mindre klar

overhyppighet av lymfom. Begge undersøkelsene bygger på svært små og derfor usikre tall.

I alt er det ca. 120 nye tilfeller av kreft hos barn pr. år her i landet, herav snaut 30 tilfeller av leukemi. Ut fra den svenske undersøkelsen vil det være bare en svært liten andel av disse tilfellene som eventuelt kan assosieres med høyspentledninger.

Det ble i 1989 startet opp en tilsvarende landsomfattende undersøkelse ved det norske Kreftregisteret. Denne undersøkelsen forventes avsluttet i løpet av 1994.

Helsedirektoratet har fra 1990 anbefalt at nye kraftledninger inntil sikrere viten om disse forholdene foreligger, ikke legges i nærheten av boligområder. Statens strålevern har i flere konkrete saker ut fra det samme varsomhetsprinsippet frarådet utbygging av nye boligfelter og barnehager i nærheten av eksisterende kraftledninger.»

Helseministeren viste deretter til det initiativet som miljøvernministeren tok i mars 1992 om å opprette en arbeidsgruppe som skulle utrede nærmere hvilke konsekvenser vi skal trekke av den viten vi har idag om helsefare og elektromagnetiske felt. Statsråden avsluttet med å si at han inntil denne gruppen har lagt fram sine resultater, ville innskjerpe den varsomhetsstrategien man allerede har slått inn på. (Stortingets spørretime 20. januar 1993.)

Stortinget har også ved senere anledninger drøftet spørsmålet om elektromagnetiske felt og helse- og miljøeffekter. I forbindelse med en konkret kraftlednings-sak, jf omtalen i "*Historikk og nå-situasjonen i Norge*" i kapittel 3, drøftet Stortinget 24. mars 1994 to Dokument nr. 8-forslag som bl.a. gikk ut på kabling av kraftledninger samt at myndighetene burde ta større miljømessige, helsemessige og estetiske hensyn i denne type saker (se omtalen i "*Historikk og nå-situasjonen i Norge*" i kapittel 3 av Dok.nr. 8:2 og Dok.nr. 8:6 knyttet til Fana-Kollsnessaken, jf også Innst.S. nr. 96 og Innst.S. nr. 97 (1993-94)).

## 2.2 OPPNEVNING AV EMBETSGRUPPEN TIL Å LEGGE FRAM FORSLAG TIL EN FORVALTNINGSSTRATEGI OM ELEKTROMAGNETISKE FELT OG HELSE

På det møtet i Miljøverndepartementet som er nevnt i forrige avsnitt drøftet de berørte departementene behovet for å opprette en tverrdepartemental embetsgruppe til å utrede spørsmålet om eventuelle helseskader pga elektromagnetiske kraftfelt. En forberedende arbeidsgruppe hadde deretter en rekke møter hvor en bl.a. drøftet hvordan arbeidet med problemstillingen burde legges opp. Under dette arbeidet ble det besluttet å oppnevne både en embetsgruppe og et utvalg bestående av eksperter innen en rekke fagfelt på området. Ekspertutvalget skulle bistå embetsgruppen med en uavhengig, faglig vurdering som grunnlag for det videre arbeidet på embetsplan i de berørte departementene. Det var først i et møte i Sosial- og helsedepartementet 6. juli 1993 at embetsgruppen ble formelt etablert. Embetsgruppen fikk slikt mandat:

- Embetsgruppen skal vurdere mulighetene for konkrete tiltak med tanke på reduksjon av eventuelle helseskadelige påvirkninger fra elektromagnetiske felt.
- Embetsgruppen skal utrede de helsemessige konsekvenser av slike regulerende tiltak i videste forstand.
- Embetsgruppen skal foreslå hensiktsmessige tiltak med sikte på adekvat informasjon til publikum om de konklusjoner som trekkes om eventuell helsefare.
- Embetsgruppen skal foreslå kostnadseffektive reguleringer, tilsyns- og forskningsstrategi.

- De økonomiske og administrative konsekvensene av embetsgruppens forslag forutsettes klarlagt.
- Embetsgruppen gis fullmakt til å oppnevne en arbeidsgruppe som kan bistå utvalget med en del oppgaver knyttet til vurderingen av den helsemessige betydningen av eksponering for lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. Som medlemmer av arbeidsgruppen kan bl.a. oppnevnes personer fra forskermiljøene på Statens strålevern og Kreftregisteret.
- Embetsgruppens arbeid skal være ferdig ved årsskiftet 1993-94.

De departementene som er mest direkte berørt av sakskomplekset, og som har deltatt i embetsgruppen, er:

#### *Sosial- og helsedepartementet*

- som ansvarlig departement for forebyggende og helsefremmende arbeid med formål å ta vare på og bedre folkehelsen i Norge, særlig i forhold til kommunehelsetjenesteloven og miljørettet helsevern,
- som overordnet myndighet for bl.a. Kreftregisteret, Statens helsetilsyn, Statens institutt for folkehelse og Statens strålevern.

#### *Kommunal- og arbeidsdepartementet*

- som ansvarlig departement for elektrisitetstilsynsloven, arbeidsmiljøloven og byggesaksdelen av plan- og bygningsloven,
- som overordnet myndighet for Direktoratet for arbeidstilsynet, Produkt- og elektrisitetstilsynet og Statens bygningstekniske etat,
- som fag- og samordningsdepartementet overfor kommunesektoren.

#### *Miljøverndepartementet*

- som overordnet myndighet med ansvar for den miljømessige vurdering av kraftledninger i hht plan- og bygningsloven, og hvordan kraftutbygging virker inn på det ytre miljø.

#### *Nærings- og energidepartementet*

- som ansvarlig departement for energiloven og konsesjonslovgivningen,
- som ansvarlig departement for behandling av søknader om konsesjon for bygging og drift av elektriske anlegg.
- som overordnet myndighet for Norges vassdrags- og energiverk

#### *Finansdepartementet*

- som skal sørge for at det skjer en samfunnsøkonomisk riktig avveining av eventuelle tiltak i forhold til de helsemessige problemene en her står overfor.

I tillegg til disse departementene har embetsgruppen trukket på kompetansen og ekspertisen i underliggende faginstanser under sitt arbeid. Disse har vært:

#### *Direktoratet for arbeidstilsynet (Arbeidstilsynet)*

#### *Elektrisitetstilsynet (nå Produkt- og elektrisitetstilsynet)*

*Norges vassdrags- og energiverk (NVE)*

*Statens strålevern (Strålevernet)*

*Statens institutt for folkehelse (Folkehelsa)*

*Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI)*

*Laboratorium for miljø og yrkesbetinget kreft ved Radiumhospitalet (LAMYK)*

Embetsgruppen har bestått av:

*Hans Ånstad, Sosial- og helsedepartementet (leder)*

*Elisabeth Classon, Kommunal- og arbeidsdepartementet fram til 1.5.94*

*Tone Kjeldsberg, Kommunal- og arbeidsdepartementet fra 1.7.94*

*Wilhelm Pedersen, Miljøverndepartementet*

*Geir Uglum, Nærings- og energidepartementet*

*Odd Rune Heggheim, Finansdepartementet*

*Eldri Naadland, Statens strålevern*, fungerte som sekretær fram til 31. desember 1993. Deretter har *Siri P. Hole, Sosial- og helsedepartementet* vært hovedsekretær. *Anne Sofie von Düring* og *Kjetil Tveitan*, også fra Sosial- og helsedepartementet, har bistått i vurderingen av de juridiske spørsmål som reiser seg.

Finansdepartementets representant har deltatt på enkelte av møtene.

Embetsgruppen har hatt 32 møter, hvorav 10 heldagsmøter. De fleste møtene har vært avholdt etter at ekspertutvalgets rapport ble avgitt i mai 1994. Ekspertutvalgets leder var til stede på et av møtene. Etter at ekspertutvalgets rapport var framlagt, har de to gruppene avholdt et fellesmøte. Flere av de underliggende fagorganene har deltatt under mange av møtene og har bidratt med utredninger og problemnotater underveis. I den siste fasen har bare embetsgruppens medlemmer og sekretærer vært til stede på møtene. Embetsgruppens arbeid er blitt en del forsinket. Det er flere årsaker til dette. For det første har saksområdet vist seg å være mer omfattende og komplisert enn forutsatt da mandat og timeplan for arbeidet ble bestemt. Det har for det andre vært nødvendig for embetsgruppen å avvente både det norske og det svenske ekspertutvalgets utredninger og konklusjoner. For det tredje pågår det stadig forsknings- og utredningsarbeid i vårt eget og i andre land om elektromagnetiske felt og mulige helseeffekter, og som det har vært viktig for embetsgruppen å forholde seg til.

På et av sine møter har embetsgruppen invitert cand. scient. Morten Bremer Mærli (Institutt for media og kommunikasjon v/Universitetet i Oslo) til å orientere om en undersøkelse om befolkningens risikoopplevelse av elektromagnetiske felt, cand. med. Tore Tynes (Kreftregisteret) om kopling av kreftdata og kraftledningseksposisjon og cand. med. Knut Skyberg (Statens arbeidsmiljøinstitutt) om elektromagnetiske felt kan være genotoksiske. Informasjonsrådgiver Hans Anderssen og informasjonsleder Wenche Rasch fra Informasjonskontoret i Sosial- og helsedepar-

tementet har vært til stede på flere av møtene for å gi råd om informasjonstiltak. På ett møte deltok også informasjonsrådgivere fra de øvrige fagdepartementene.

I forbindelse med arbeidet i embetsgruppen, har Sosial- og helsedepartementet mottatt en rekke henvendelser fra ulike hold. Ikke minst har problemet knyttet til el-overfølsomhet eller allmenn uhelse og eksponering for elektromagnetiske felt blitt tatt opp av mange enkeltpersoner og interessegruppen for el-overfølsomme.

Sosial- og helsedepartementet har på bakgrunn av dette arrangert et møte med representanter for Foreningen for el-overfølsomme for å bli orientert om de problemstillingene denne interesseorganisasjonen har tatt opp med departementet. Videre har embetsgruppens leder, hovedsekretær og informasjonslederen i Sosial- og helsedepartementet hatt et møte med representanter for Sosialstyrelsen i Sverige for å få informasjon om el-overfølsomhet og informasjonsstrategi. En representant for Statens helsetilsyn var også tilstede på dette møtet.

### **2.3 OPPNEVNING AV EKSPERTUTVALGET TIL Å VURDERE MULIG HELSEFARE KNYTTET TIL LAVFREKVENTE ELEKTRISKE OG MAGNETISKE FELT**

Etter at den interdepartementale arbeidsgruppen hadde hatt en del forberedende møter fra sommeren 1992 til våren 1993, ble det i samråd med ledelsen i de berørte fagdepartementene og Finansdepartementet besluttet å oppnevne et ekspertutvalg bestående av forskere fra en rekke ulike fagdisipliner til å vurdere helsefare knyttet til lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. Ekspertutvalget ble oppnevnt i brev av 1. september 1993 og har bestått av:

*Professor, dr. med. Morten Harboe, leder*

Institutt for generell og revmatologisk immunologi, Universitetet i Oslo

*Instituttoverlege Frøydis Langmark*

Kreftregisteret, Oslo

*Forsker, dr. philos. Rolv Terje Lie*

Medisinsk fødselsregister, Universitetet i Bergen

*Professor, dr. med. Odd Lingjærde*

Gaustad sykehus, Oslo

*Forskningsleder, dr. med. Bente Moen*

Institutt for arbeidsmedisin, Universitetet i Bergen

*Overlege, dr.med. Randi Nygaard*

Den Norske Kreftforening v/ Barneklubben, Regionsykehuset i Trondheim

*Forsker, dr. philos. Georg Thommesen*

Statens Strålevern

*Førsteamanuensis, dr. philos. Arnt Inge Vistnes, sekretær*

Avd. for biofysikk, Fysisk institutt, Universitetet i Oslo

Etter 1. mars 1994 ble ekspertutvalget utvidet med *stipendiat, cand. med. Tore Tynes, Kreftregisteret.*



Ekspertutvalget fikk følgende mandat:

«Det oppnevnes et faglig utvalg som skal vurdere mulig helsefare knyttet til lavfrekvente elektriske og magnetiske felt.

Utvalget skal gi en oversikt over dagens kunnskap vedrørende den helsemessige betydning av eksponering for lavfrekvente, hovedsakelig nettfrekvente elektriske og magnetiske felt, yrkesmessig såvel som i boligmiljø, herunder evaluere relevante forskningsarbeider.

Dersom foreliggende forskningsresultater gir grunnlag for å trekke konklusjoner med rimelig grad av sikkerhet, bør arbeidet kunne ut i et svar på følgende spørsmål:

Er det sannsynlig at elektriske og/eller magnetiske felt i det aktuelle frekvensområdet og de feltstyrker som man kan bli utsatt for i dagligliv og yrkesliv, har vesentlige helseskadelige effekter?

Gruppens arbeid forutsettes å være avsluttet innen 1. mars 1994.»

Fristen ble senere utsatt til 1. mai 1994. Ekspertutvalgets rapport «Har lavfrekvente elektriske og magnetiske felt noen helsemessig betydning?» ble offentliggjort på et bredt anlagt presseseminar 18. mai 1994. Rapportens konklusjoner er enstemmige. Rapporten har fra da av vært tilgjengelig ved henvendelse til Sosial- og helsedepartementet, Forebyggings- og utviklingsavdelingen. Vi vil også nevne at enkeltpersoner og organisasjoner m.v. som det siste året har henvendt seg til departementet om dette problemområdet, har fått tilsendt rapporten uoppfordret. Videre bestilte Sosial- og helsedepartementet ARGUS-klipp de 2-3 første ukene etter presseseminalet for å få informasjon om medias og innsenderes behandling og synspunkter på både tema og rapporten.

Rapporten følger som trykt vedlegg (vedlegg 4).

## 2.4 EMBETSGRUPPENS ARBEIDSGRUNNLAG

Embetsgruppen har i stor utstrekning lagt rapporten «Har lavfrekvente elektriske og magnetiske felt noen helsemessig betydning?» til grunn og bygget mye av sitt arbeid på de resultater, vurderinger og konklusjoner som kommer fram i denne rapporten.

Videre har embetsgruppen bygget på tilsvarende arbeid og de offentlige anbefalinger og tiltak som er kommet fram i våre naboland: Danmark og Sverige og andre vestlige land. Embetsgruppen vil spesielt nevne en ny svensk utredning «Elektriska och magnetiska fält och hälsoeffekter» som ble avgitt i januar 1995 av en ekspertgruppe som ble nedsatt av den svenske Socialstyrelsen i september 1993. Den svenske ekspertgruppen har vurdert de samme problemstillingene som det norske ekspertutvalget. I tillegg har den i en egen undergruppe drøftet mer inngående spørsmål som knytter seg til elektromagnetiske felt og el-overfølsomhet/allmenn uheld. Det vises til omtalen av denne rapporten i *"Praksis og strategier i andre land"* i kapittel 4 og kapittel *"Helsemessige effekter"* i 5.

Embetsgruppen har også fått nyttig tilfang fra rapporten «Statiske og lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. Biologiske effekter og yrkeshygienisk betydning.» (Georg Thommesen og Tore Tynes, StrålevernRapport 1994:1).

Opplysninger innhentet i forbindelse med enkelte konkrete utbyggingssaker har vært til stor nytte i arbeidet. Det vises spesielt til Stortingets behandling av to Dok.8:-forslag i mars 1994, jf omtalen i *"Historikk og nå-situasjonen i Norge"* i kapittel 3. Embetsgruppen har i tillegg fått informasjon via henvendelser fra enkeltpersoner og organisasjoner som har engasjert seg i problemfeltet. Vi viser ellers til litteraturlisten som følger som vedlegg 3. Embetsgruppen har holdt seg orientert om annet internasjonalt arbeid, herunder standarder og anbefalinger fra en rekke inter-

nasjonale organisasjoner m.v. Embetsgruppen har også bestilt flere utredninger og vurderinger fra underliggende fagorganer, jf de vurderingene som er referert i *"Helsemessige effekter"* i kapittel 5 (*"Generelt om karakterisering av stoffer og andre faktorer som kan føre til helseskader"* i avsnitt 5.3 og *"Embetsgruppens vurdering"* i 5.4 og i vedlegg 2).

Embetsgruppen vil også vise til en nylig publisert undersøkelse om folks opplevelse av risiko i forbindelse med elektromagnetiske felt (Morten Bremer Mærli: Opplevelse av risiko i forbindelse med elektromagnetiske felt, IMK-rapport nr. 15). Hovedfunnene i rapporten er at bevissthetsnivået og bekymringen i befolkningen i forhold til elektromagnetiske felt er høyt, mens det generelle kunnskapsnivået er lavt. Undersøkelsen viser også at befolkningen vurderer informasjonskildene ulikt. Kilder som har kompetanse på området, og som ikke har særinteresser, foretrekkes av et klart flertall i befolkningen. Bremer Mærli tolker dette slik at forskere og eksperter, herunder strålevernmyndigheter, kommer særlig godt ut når ulike informasjonskilder vurderes opp mot hverandre. Dette er etter embetsgruppens vurdering, synspunkter det er viktig å ta med seg i det videre informasjonsarbeidet på dette feltet.

## KAPITTEL 3

**Historikk og nå-situasjonen i Norge****3.1 INNLEDNING – SØKELYSET RETTES MOT KRAFTLEDNINGER OG HELSESKADER**

På 1960- og 70-tallet ble en rekke – hovedsakelig russiske – undersøkelser over helsetilstanden hos arbeidere i høyspenningsanlegg kjent bl.a. i Norge. Det ble rapportert om fysiologiske forstyrrelser i nerve-, sirkulasjons- og fordøyelsessystem, samt en rekke subjektive plager som svimmelhet, tretthet, hodepine, søvnforstyrrelser og nedsatt kjønnsdrift. Det ble av flere grunner fokusert på om de sterke elektriske feltene i anleggene kunne være årsaken. Disse resultatene ble imidlertid etterhvert tilbakevist ved nyere og bedre kontrollerte undersøkelser. De relativt svake magnetfeltene fra slike anlegg ble ikke vurdert som noen helserisiko.

I 1979 ble det offentliggjort en forskningsrapport fra Denver, Colorado i USA, som viste at barn som vokste opp nær kraftledninger syntes å ha en større forekomst av kreft enn andre barn. Det vises til nærmere omtale i vedlegg 2. Etter at denne rapporten ble publisert og kjent, har mange vært opptatt av at det muligens kan være helsefare knyttet til å bo i nærheten av kraftledninger – eller mer generelt – å oppholde seg i kraftige elektromagnetiske felt.

I årene etter 1979 har det også i Norge pågått en god del arbeid på området lavfrekvente elektriske og magnetiske felt i et samarbeid mellom Statens institutt for strålehygiene, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen og Norsk Hydro. Bl.a. ble det i 1982 utarbeidet flere rapporter om utbredelsen av elektriske felt fra kraftledninger og om biologiske og helsemessige virkninger.

I årene 1983-85 var det ingen organisert aktivitet på dette området, heller ingen forskningsaktivitet.

I 1986 ble arbeidet tatt opp igjen etter felles initiativ av Statens institutt for strålehygiene og Statkraft. I perioden 1986-92 ble det utarbeidet 3 nye rapporter – en rapport om kreft, en om fosterutvikling og en om magnetfelt i smelte- og elektrolyseverk. Det vises ellers til omtalen i "[Oversikt over tidligere utredning og forskning i Norge](#)" i avsnitt 3.2 nedenfor.

Originalforskning på biologiske og medisinske virkninger av elektriske og magnetiske felt er av forholdsvis ny dato i Norge, men er bygget kraftig opp det siste ti-året. Denne forskningen, som også dekker tilgrensende områder, involverer nå en rekke miljøer på universitetsnivå eller tilsvarende. Epidemiologiske studier har vært utført, og pågår til dels fortsatt ved Kreftregisteret, Yrkesmedisinsk avdeling ved Telemark sentralsykehus og ved Institutt for arbeidsmedisin ved Universitetet i Bergen. Fysiske, biologiske og kliniske studier knyttet til art og omfang av og tiltak mot elektromagnetiske felt i industrien og rundt elektriske installasjoner, biomedisinske virkningsmekanismer og helseeffekter, er gjennomført og pågår stadig ved eller i samarbeid med en rekke av våre forskningsinstitusjoner. Også kraftproduserende og kraftkrevende industri deltar her aktivt i selve forskningen og bidrar økonomisk.

Det norske forskningsopplegget «Biologiske og medisinske virkninger av elektriske og magnetiske felt i Norge» er i dag organisert som et prosjekt i det brukerstyrte EFFEN-programmet. Samarbeidspartnere i EFFEN (Effektivt energisystem) er Norges Forskningsråd, energiforsyningen, utstørsindustrien og Norges Vassdrags- og energiverk. Prosjektet styres av et eget forskningsstyre. Det vises eller til omtalen i "[Oversikt over tidligere utredning og forskning i Norge](#)" i avsnitt 3.2 nedenfor.

Kunnskapsstatus i dag er at man gjennom en rekke undersøkelser både i Norge og i mange andre land, har noen indikasjoner på at det er en sammenheng mellom elektromagnetiske felt og kreftrisiko. Det er uklart hvilke virkningsmekanismer som foreligger dersom det overhodet eksisterer et slikt årsaks-/virkningsforhold. I mange land har forskningsmiljøer og myndigheter vurdert behovet for å sette inn ulike tiltak – fra mer generelle varsomhetsstrategier til konkrete tiltak for å redusere eksponering fra slike felt. Det råder fortsatt stor usikkerhet om innføring av grenseverdier er veien å gå.

Denne usikkerheten resulterte i at Helsedirektoratet (fra 1. januar 1994 Statens helsetilsyn) i en konkret sak formulerte en varsomhetsstrategi i et brev av 3. oktober 1990 vedr. flytting av en 420 kV-ledning i Oslo. Helsedirektoratet uttalte:

«Da det er tvil om det kan oppstå helseskade som følge av magnetiske felt som oppstår i nærheten av kraftlinjer, og da det foreligger indisier på at slike helseskader har oppstått, bør nye kraftlinjer inntil sikrere viten om disse forholdene foreligger, ikke legges i nærheten av boligområder. Det vil si at uttalelser i plansammenheng har latt tvilen tilgodese helsesiden. Vi har imidlertid ikke ansett at faren er så dokumentert at det har gitt grunnlag for å fjerne eksisterende kraftlinjer.»

Statens strålevern (Strålevernet) benytter samme resonnement i sin varsomhetsstrategi og har uttalt bl.a:

«I påvente av klarere vitenskapelige data vil Statens strålevern anbefale at man utviser varsomhet og tar hensyn til både den vitenskapelige usikkerhet og den engstelse som har bredt seg blant publikum på grunn av de vitenskapelige funnene. En slik varsomhet innebærer at man ved anlegging av nye boligfelt, barnehager og kraftledninger m.v. søker å unngå at det opptrer unødig høye verdier av elektriske og magnetiske felt på steder hvor barn stadig oppholder seg. Dette kan f.eks. gjøres ved inntil videre å benytte en bredere byggeforbudssone ved planlegging av nye boliger, barnehager og lekeplasser i nærheten av kraftledninger enn det forskriftene for elektriske forsyningsanlegg krever. Det er imidlertid fortsatt grunn til å avvende kommende forskningsresultater og en samlet vurdering av disse i forhold til tidligere forskning før man eventuelt iverksetter større kostnadskrevede tiltak i forhold til eksisterende anlegg og bygninger.» (Uttalelse av mars 1993 om utkast til nye byggeforskrifter).

I tillegg til engasjementet i USA og her i Norge, har elektromagnetiske felt og helsefare opptatt de fleste vestlige land – ikke minst våre naboland Danmark, Finland og Sverige. Dette vil bli nærmere omtalt i *"Praksis og strategier i andre land"* i kapittel 4 nedenfor.

Etter at den amerikanske forskningsrapporten som er nevnt i innledningen til dette kapitlet («Electrical wiring configuration and childhood cancer» av Wertheimer og Leeper fra Denver, Colorado i USA), ble publisert i 1979 har det som nevnt ovenfor pågått en god del arbeid også i Norge på området lavfrekvente elektriske og magnetiske felt og helseeffekter. En har vært opptatt av helseeffekter knyttet til eksponering av felt fra kraftledninger, eksponering i yrkesliv og i folks egne hjem. Det har vært vurdert biologiske såvel som yrkeshygieniske aspekter, samt at en har vært opptatt av risikoen for kreft og andre helseskader og risikoen for spontanaborter og medfødte misdannelser hos fostre. I tillegg har en vært opptatt av hvordan arbeid ved dataskjerm har påvirket arbeidstakere, og hvordan eksponering for elektromagnetiske felt for arbeidstakere i «elektriske yrker» virker inn på helsen. I den senere tid har man også begynt å beskjefte seg med hva som skjer med personer i gruppen «el-overfølsomme» eller «el-allergikere», og om eksponering fra elektro-

magnetiske felt kan ha noen innvirkning på hyppigheten av depresjoner og selvmord. I f.eks. den svenske rapporten «Elektriska och magnetiska fält och hälsoeffekter» vies problemstillingen «allmän ohälsa» stor oppmerksomhet i tillegg til de mer tradisjonelle problemstillingene om kreftrisiko og risiko for helseskader knyttet til svangerskap og fødsel.

Embetsgruppen vil i dette kapitlet først gi en kortfattet oversikt over tidligere norsk forsknings- og utredningsarbeid (3.2.1) og informasjonsvirksomhet (3.2.3) på dette feltet. Den siste delen av kapitlet vil referere til enkelte nyere norske kraftledningssaker, og myndighetenes behandling av dem (3.3).

## 3.2 OVERSIKT OVER TIDLIGERE UTREDNING OG FORSKNING I NORGE

### 3.2.1 Forsknings- og utredningsarbeid ved Statens strålevern, EFFEN m.v.

Arbeidet med lavfrekvente elektriske og magnetiske felt ble ivaretatt i årene 1979-1982 gjennom et ekstraordinært tilskudd til Statens institutt for strålehygiene ( SIS ) (fra 1993 Statens strålevern). Arbeidet ble finansiert i fellesskap av Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen (herunder Statskraftverkene) og Norsk Hydro. Det ble i denne perioden utarbeidet 5 rapporter i SIS-serien. Disse var 1982:5 om utbredelsen av elektriske felt fra kraftledninger, 1981:6 og 1982:7 om biologiske og helsemessige virkninger og 1981:7 og 1982:6 som var hhv et kort sammendrag og en tabellarisk oversikt.

I årene 1983 til 1985 var det ved SIS ingen organisert aktivitet på området, og det var heller ingen forskningsaktivitet andre steder i landet.

I 1986 ble arbeidet tatt opp igjen etter et felles initiativ av SIS og Statkraft. En ansatte midlertidig en forsker på prosjekt knyttet til SIS. I en periode fra 1989 var ytterligere en person engasjert. I løpet av perioden 1986-1992 ble det utarbeidet 3 nye rapporter i SIS-serien. Disse var 1988:2 om kreft, 1989:6 om fosterutvikling og 1992:1 om magnetfelt i smelte- og elektrolyseverk.

Det ble i 1994 utgitt en rapport (nå i serien StrålevernRapport) om statiske og lavfrekvente elektriske og magnetiske felt i forhold til biologiske effekter og yrkeshygienisk betydning (Strålevernrapport 1994:1, forsker dr. philos. Georg Thommessen og forsker cand. med. Tore Tynes). Ellers har Tore Tynes på oppdrag fra Arbeidstilsynet utarbeidet en rapport om arbeid i elektriske og magnetiske felt, og hva Arbeidstilsynet bør gjøre.

I april 1995 publiserte som nevnt i "*Innledning og bakgrunn*" i kapittel 2 cand. scient Terje Bremer Mærli en undersøkelse om befolkningens risikoopplevelse av elektromagnetiske felt. Videre vil cand. med. Tore Tynes i løpet av året avslutte et forskningsprosjekt om kopling av kreftdata og kraftledningseksposisjon. Et nordisk tverrvitenskapelig samarbeid om økt kunnskap om årsak til «el-overfølsomhet» i regi av SINTEF er under planlegging.

Som nevnt foran er forskning på biologiske og medisinske virkninger av elektriske og magnetiske felt i Norge siden 1993 organisert som et prosjekt under EFFEN-programmet i Norges Forskningsråd. Utgangspunktet var at denne forskningen tidligere ble administrert av Statens strålevern (tidl. Statens Institutt for Strålehygiene). I 1992 ble området overført til EFFEN med virkning fra 1993. Finansieringen av denne forskningen er nå en integrert del av Norges Forskningsråds bevilgning til EFFEN. EFFEN-programmet skal avsluttes i 1996. I følge Forskningsstyret for elektromagnetiske felt skal denne forskningen bidra til bedre kunnskap om elektromagnetiske felt og helsevirkninger for å skaffe et bedre grunnlag for

de beslutninger både bransje og forvaltning skal fatte. I hovedsak har de delprosjekter som har fått støtte den senere tid vært innenfor:

- Epidemiologiske undersøkelser
- Grunnleggende forskning på fysikk og på biologiske virkninger av elektromagnetiske felt
- Undersøkelser av hypoteser for virkningsmekanismer
- Informasjonsstrategier

Det tas nå også sikte på å sette i gang en større epidemiologisk undersøkelse «Elektromagnetiske felt og virkninger på avkommet» som har som formål å studere forekomst av medfødte misdannelser og kreft blant barn av fedre i forskjellige «elektriske» yrker samt barn av foreldre bosatt i boliger med høyt magnetfelt. Prosjektet er et samarbeid mellom Statens Strålevern, Kreftregisteret, Medisinsk fødselsregister og Statens arbeidsmiljøinstitutt.

Det er i dag lite som tyder på at man står overfor et snarlig gjennombrudd i den type forskning og utredning som det er vist til ovenfor. Dette gjelder både i Norge og internasjonalt. Så langt er det påvist en svak mulig sammenheng mellom noen former for kreft og opphold nær kraftledninger. Konklusjonene er imidlertid langt fra sikre, og det er heller ingen klar oppfatning av hva som er virkningsmekanismene. Embetsgruppen viser ellers til omtale av en rekke forskningsresultater i "*Helsemessige effekter*" i kapittel 5, i vedlegg til dette kapitlet og til forslag om videre forskning i "*Forslag til tiltak*" i kapittel 8.

### 3.2.2 Sakkyndige uttalelser i skjønnsaker

Konklusjonen i de sakkyndiges uttalelse til skjønn avhjemlet 24. mai 1991 av Eidsivating lagmannsrett kan stå som typisk for konklusjonene på samtlige kraftledningsskjønn som er avholdt hittil. Uttalelsen ble undertegnet i februar 1991 av samtlige sakkyndige, docent Kjell Hansson Mild (Umeå), professor Sverre O. Lie (Rikshospitalet), lege Tore Tynes (Kreftregisteret) og forsker Georg Thommesen (Statens institutt for strålehygiene) og sier:

«Det er stadig usikkert om elektriske eller magnetiske felt av den type og størrelsesorden som omgir kraftledninger har noen helsemessig langtidseffekt. Visse epidemiologiske undersøkelser tyder på en overhyppighet av kreft hos barn i boliger nær kraftledninger. Man kan heller ikke se helt bort fra en viss påvirkning på fruktbarhet og fosterutvikling. De sammenhenger som er påvist hittil er med få unntak av rent statistisk art og gir ikke bevis for noen årsakssammenheng mellom eksponering og helseskade.

Mistanke om slike langtidseffekter knyttes særlig til magnetfelt hvor disse overstiger det man normalt finner i boliger i de fleste industrialiserte land (ca. 0,2  $\mu$ T). Disse magnetfeltene er så svake at det idag ikke finnes noe holdbart fysisk eller fysiologisk grunnlag for å anta at de skulle ha noen biologiske effekter i det hele tatt. På denne bakgrunn blir konklusjonen at det pr. dags dato ikke er tilstrekkelig vitenskapelige data til å kunne gi svar på spørsmålet om en eventuell sammenheng mellom kreftforekomst og eksponering for lavfrekvente elektriske og/eller magnetiske felt. Når det gjelder bolig ved kraftledninger og kreftrisiko har man heller ikke tilstrekkelige data til å kunne gi svar på problemstillingen eller å tallfeste en eventuell helserisiko.

Det kan ikke sies noe bestemt om når det blir mulig å fastslå hva som er de reelle helsemessige virkninger av ekstremt lavfrekvente felt, og dermed fastsette vitenskapelig begrunnede eksponeringsgrenser. Det er i denne

forbindelse ikke gitt at en eventuell helserisiko øker med feltenes intensitet eller eksponeringens styrke og varighet.»

Det er i skjønnsakene ikke gitt erstatning for antatt økt helsefare. Rettens argumentasjon har fulgt følgende prinsipp: Feltene rundt en kraftledning kjenner ingen eieomsgrenser. Eventuell ulempe pga feltene er derfor ikke en særulempe for de saksoekte i skjønnet, men er en alminnelig ulempe som påføres alle i samme område, uansett om de er part i skjønnsaken eller ikke. Ettersom framføring av en kraftledning er et samfunnsnyttig tiltak, er det forbundet med en høy tålegrense for eventuelle ulemper.

### 3.2.3 Informasjonsvirksomhet

*Departementer og underliggende fagorganer*

#### **Sosial- og helsedepartementet**

Sosial- og helsedepartementet så vel som underliggende fagorganer, mottar stadig henvendelser som knytter seg til elektromagnetiske felt og mulige helseskader, særlig knyttet til barns opphold i nærheten av kraftledninger, transformatorer m.v. og i tilknytning til planer for nye boligfelt. Både foreldregrupper, beboerforeninger, naturvernorganisasjoner og kommuner kan være avsendere. Departementet får også tilsendt materiale og henvendelser fra enkeltpersoner og grupper som er plaget av el-overfølsomhet. Departementet har i tillegg til å besvare disse henvendelsene enkeltvis søkt å gi generell informasjon ved bla. å distribuere den type materiale som er nevnt nedenfor:

- *Den norske ekspertutredningen «Har lavfrekvente elektriske og magnetiske felt noen helsemessig betydning?»*
- *Den svenske rapporten «Elektriska och magnetiska fält och hälsoeffekter»*
- *Svensk brosjyre om magnetfelt og helserisiko av mai 1994.*

I tillegg har Sosial- og helsedepartementet i sitt tildelingsbrev til Statens helsetilsyn for budsjettåret 1995 (brev av 25. januar 1995) understreket at fylkeslegene er en naturlig aktør i informasjons- og opplysningsvirksomhet når det gjelder elektromagnetiske felt og helse.

#### *Statens strålevern*

Statens strålevern er den etaten som har hatt hovedtyngden av informasjonsvirksomheten på området. Denne virksomheten ble trappet betydelig opp fra 1986.

De større norske fagrapportene som er nevnt tidligere i dette kapitlet er blitt spredt i betydelige antall. Strålevernet har også gitt en helsemessig konsekvensutredning i en større utbyggingssak.

Informasjonen er ellers gitt løpende i form av en stor mengde korrespondanse vedrørende både konkrete utbyggingssaker og generelle spørsmål fra publikum. En vesentlig del av informasjonen har vært gitt i form av opplysningsnotater som er sendt ut på forespørsel. Disse opplysningsnotatene bygger i stor utstrekning på de uttalelser som representanter for Strålevernet har gitt som sakkyndige i konkrete skjønnsaker av den typen som er nevnt ovenfor.

Representanter for Strålevernet har vært mye brukt som foredragsholdere om elektromagnetiske felt og har holdt et betydelig antall forelesninger over ulike aspekter både i faglige fora og i møter med publikum generelt.

### *Statens helsetilsyn*

Som embetsgruppen har vist til i "*Innledning – søkelyset rettes mot kraftledninger og helseskader*" i avsnitt 3.1 ovenfor, har Statens helsetilsyn gitt enkelte prinsipputtalelser om å utvise varsomhet når det gjelder nærhet mellom større kraftledninger og der barn bor og oppholder seg. Helsetilsynet har også besvart en rekke henvendelser om el-overfølsomhet.

### **Kommunal- og arbeidsdepartementet**

#### *Elektrisitetstilsynet (Produkt- og elektrisitetstilsynet)*

Elektrisitetstilsynet har siden begynnelsen av 1980-årene, særlig ved telefonhenvendelser, men også skriftlig, besvart en rekke henvendelser om helsefare i forbindelse med felter fra kraftledninger. Henvendelsene har kommet fra privatpersoner, borettslag, elektrisitetsverk og massemedia.

Elektrisitetstilsynet har også tidligere sendt ut mange eksemplarer av brosjyren «Med kraftledningen som nabo – Kraftledningens elektriske virkninger på nærmiljøet» som er utgitt av Elforsynings Informasjonstjeneste og Statkraft. Brosjyren inneholder opplysninger om ansvarsforhold, informasjon om elektriske felt og magnetiske felt, om helserisiko m.v.

### **Miljøverndepartementet**

Departementet har drevet omfattende veilednings- og informasjonsarbeid angående kraftledninger i arealplanleggingen. I de senere årene har omfanget av dette arbeidet økt. Særlig har kommunene som planmyndighet og energiverkene som netteiere og utbyggere hatt behov for informasjon og veiledning. Arbeidet har både vært av generell karakter og konkret knyttet til enkeltsaker.

### **Nærings- og energidepartementet**

#### *Norges vassdrags- og energiverk (NVE)*

I forbindelse med konsesjonssaker har NVE besvart en rekke spørsmål om elektriske og magnetiske felt og sendt ut tilgjengelig skriftlig informasjon. NVE har utredet mulige tiltak på dette området, og bl.a. utarbeidet rapporten «Jordkabel som alternativ til luftledning» (NVE-publikasjon 16/93). I tilknytning til denne rapporten er det også utarbeidet en egen informasjonsbrosjyre: «Kan jordkabler erstatte luftledninger?». Brosjyren orienterer om kostnader og tekniske forhold ved kabling av kraftoverføringer.

### *Statnett*

Statnett (og tidligere Statskraftverkene) har i en årrekke støttet den forskning som pågår i Norge på dette området. Foretaket driver også aktiv informasjonsutveksling med de øvrige nordiske land for å holde seg orientert på området.

Videre driver Statnett, i samarbeid med e-verksbransjen for øvrig, aktiv informasjon om kraftledningenes innvirkning på helse og miljø. Delvis gjøres dette ved at de som ber om det, får tilsendt brosjyrer om temaet, der det legges vekt på å gi en nøktern redegjørelse for den faktiske kunnskap som finnes om temaet. Brosjyren «Er kraftledninger helsefarlige» som Statnett SF utga i august 1995 er et eksempel på dette. I tillegg har det vært lagt stor vekt på å gi direkte, personlig informasjon til



de som har henvendt seg til Statnett med spørsmål om kraftledningenes eventuelle virkning på folks helse.

Slike spørsmål mottas jevnlig fra beboere nær både eksisterende og nye kraftledninger. Som et tredje element i informasjonsvirksomheten har Statnett også foretatt beregninger og målinger av styrken på de elektroniske og magnetiske feltene hos folk som bor nær kraftledninger, og som har vært opptatt av dette.

## **Annen informasjonsvirksomhet**

### *Energiforsyningen*

Energiforsyningens informasjonstjeneste utga i 1993 informasjonsbrosjyren «Kraft og helse – om kraftledningers virkning på nærmiljøet». Brosjyren gir bl.a. svar på en rekke vanlige spørsmål om kraftlinjer og kreft.

De senere år har dessuten enkelte lokale energiverk (som Vest-Agder Energi- verk og Bergenshalvøens kommunale kraftselskap) utgitt informasjonsbrosjyrer beregnet på sine egne kunde grupper.

## **3.3 NOEN KONKRETE SAKER**

### **3.3.1 300 kV kraftledning Fana-Kollsnes**

Bergenshalvøens kommunale kraftselskap (BKK) søkte 30. april 1993 om konsesjon for bygging og drift av en 300 kV kraftledning fra Fana i Bergen kommune, via Fjell kommune, til Kollsnes i Øygarden kommune, samt nødvendig transformering på Lille Sotra og Kollsnes, og nødvendige elektriske installasjoner i Fana innføringsstasjon.

300 kV-ledningen Fana-Kollsnes inngår som hovedledning i en tosidig forbindelse som skal forsyne gassterminalen på Kollsnes med kraft. En 132 kV-ledning over Askøy skal fungere som reserveinnmating. Terminalen skal behandle gass fra Troll-feltet og krever store mengder elektrisk kraft. Feltet skal starte sine gassleveranser 1. oktober 1996. Anlegg og strømforsyning må derfor være ferdigstilt 1. april 1996.

BKK fikk ved Norges vassdrags- og energiverks vedtak av 28. juli 1993 ekspropriasjonstillatelse for bygging og drift av en 53 km lang 300 kV luftledning fra Fana til Kollsnes, samt nødvendige tillatelser knyttet til bygging og drift av Kollsnes og Lille Sotra transformatorstasjoner og Fana innføringsstasjon.

En rekke instanser og enkeltpersoner påklaget NVE's vedtak. Innsigelsene fra fylkeskommunen og de berørte kommuner gikk i det vesentlige på hensynet til helse, miljø, landskap og arealbruk, og at man av disse hensyn ønsket ledningen lagt som jord- eller sjøkabel. De fleste enkeltpersoner og borettslag viste til de samme argumenter, mest fokusert på mulige helseeffekter av de elektriske og magnetiske feltene rundt kraftledningene. Det ble vist til «føre-var»-prinsippet, og at en praktisering av dette prinsippet ville måtte medføre at det ble valgt en kabelløsning.

Nærings- og energidepartementet avgjorde klagesaken ved vedtak av 28. januar 1994. NVE's vedtak av 28. juli 1993 ble opprettholdt med unntak av en 14,4 km lang strekning i Øygarden. For denne strekningen ble det besluttet at ledningen skulle legges i kabel av hensyn til det unike kulturlandskapet, fordi en framføring av luftledning i et så spesielt område ville virke svært negativt på miljø, naturkvaliteter og friluftinteresser. Det ble også lagt vekt på at ledningen ellers ville legge beslag på betydelige deler av kommunens areal, herunder det areal som er best egnet til utbygging.

Når det gjelder spørsmålet om mulige helsevirkninger uttaler departementet i vedtaket av 28. januar 1994 følgende:

«Spørsmålet om mulige helsevirkninger av elektriske og magnetiske felt fra kraftledninger reises ofte i forbindelse med konsesjonsbehandling av kraftledningssaker. Dette spørsmålet er da også tatt opp av de fleste klagerne i denne saken.

Nærings- og energidepartementet legger til grunn at Statens strålevern, som det sentrale fagorgan på området, har konkludert med at det pr. idag ikke er tilstrekkelig godtgjort noen direkte sammenheng mellom eventuelle helseproblemer og elektriske og magnetiske felt. Strålingslovgivningen kan derfor ikke brukes som hjemmel for kablingskrav. Med de foreliggende kunnskaper kan det konkluderes at dersom det finnes helseeffekter fra kraftledninger, må de være små. De feltstyrker man finner i forbindelse med kraftledninger er forøvrig i samme størrelsesorden som de som skyldes elektriske installasjoner i hjemmene, slik som elektrisk komfyr, varmekabler o.l.

Departementet viser til at faselederne i en jordkabel ligger langt tettere sammen enn i et uisolert luftspenn. Dette medfører at magnetfeltet et stykke fra kablene reduseres betydelig. På den annen side finnes det kraftigere magnetfelt rett over kablene og noen meter ut til sidene. Estetisk er kabling en fordel med unntak av muffehusene ved overgang til luftledning.

Flere av klagerne har anført at «føre var-prinsippet» ikke er lagt til grunn hva angår mulige helseskader. Statens strålevern og det tidligere Helsedirektoratet har uttalt at nye kraftledninger ikke bør legges i nærheten av boligområder og barnehager m.v. Dette er en generell anbefaling i påvente av sikrere kunnskap, og den er heller ikke konkretisert i grenseverdier. En slik varsomhet innebærer ifølge Statens strålevern at man søker å unngå unødig høye verdier av elektriske og magnetiske felt på steder hvor barn stadig oppholder seg.

Spørsmålet om elektriske felt ble reist tidlig i saksbehandlingen, og det er foretatt flere utredninger på dette området, bl.a. en konsekvensutredning av Statens strålevern. Nærings- og energidepartementet har også tatt opp saken med Sosial- og helsedepartementet. På denne bakgrunn ser departementet det slik at saken er forsvarlig behandlet av konsesjonsmyndighetene.

Av utredningene fremgår det at problemstillingen knyttet til elektriske og magnetiske felt i all hovedsak er knyttet til den eksisterende traseen i Bergen mellom Fana og Breivik, hvor dagens master skal benyttes for en oppgradering av eksisterende doble 132 kV forbindelse til 300 kV. Langs den nye traseen fra Lille Sotra er det kun et fåtall boliger som berøres av nærføring.»

Nærings- og energidepartementet konkluderte etter dette slik:

«Nærings- og energidepartementet kan ikke se at det av helsemessige årsaker er grunnlag for kabling av noen del av den vedtatte trase.

Feltstyrken vil være størst i området ved Høyvikåsen/Storholtet. Feltstyrken vil kunne reduseres betydelig ved en alternativ mastetype i forbindelse med den ombygging som skal finne sted fra dobbel 132 kV til 300 kV.

Ved å dele opp de planlagte tre faser slik at en får fire, der de ytre faser har halv strømstyrke, reduseres de magnetiske felt betydelig. Feltstyrken kommer ned mot omlag hva som gjelder for den eksisterende doble 132 kV ledning. På denne måten ivaretas i så fall den varsomhetsstrategi som det er redegjort for ovenfor.

Nærings- og energidepartementet vil på denne bakgrunn anmode BKK om å søke om alternativ mastetype i området Høyvikåsen/Storholtet, ...»

Fylkesmannen i Hordaland henvendte seg til Sosial- og helsedepartementet i sakens anledning i brev av 4. januar 1994. Henvendelsen gjaldt BKK's klage over Bergen kommunes hovedutvalg for helse og sosiale tjenester sitt vedtak hvor Hovedutvalget finner «ikke å kunne tillate at BKK gis konsesjon for et 300 kV luftlinjenett i eksisterende trase.» Videre krevde Hovedutvalget at utbygger rettet planene slik at det ble etablert en sikkerhetssone på 65 meter mellom kraftlinjen og nærmeste bebyggelse. Hovedutvalgets vedtak ble truffet med hjemmel i kommunehelsetjenesteloven § 4a-2. Sosial- og helsedepartementet pekte i sitt svar av 7. mars 1994 bl.a. på at det «må eksistere en helsefare av et visst omfang før det kan gis et direkte pålegg om å rette planene. Departementet vil også påpeke at det ut fra alminnelige forvaltningsmessige prinsipper må være en viss forholdsmessighet mellom følgene av pålegget og den helsemessige gevinst som kan oppnås ved det.» Departementet viste ellers til de synspunkter som Statens strålevern har gitt uttrykk for, jf. bl.a. sitatet fra Nærings- og energidepartementet over, og mente at det ikke foreligger en slik påviselig helseskade ut fra den kunnskap vi har i dag.

### 3.3.2 Stortingsbehandling av Dok.nr. 8:2 om kabling el.l. av kraftlinjen Fana-Kollsnes

Parallellt med konsesjonsbehandlingen av Fana-Kollsnes-saken fremmet stortingsrepresentant Kjellbjørg Lunde i Dok.nr. 8:2 (1993-94) følgende forslag :

«I. Stortinget ber Regjeringa vedta bindande minimumsgrenser for avstand mellom kraftlinjer og bustader/andre lokale der barn oppheld seg. Grensene må byggjast på ein «varsomhetsstrategi» når det gjeld mogelege helseverknader av stråling frå kraftlinjer.

II. Stortinget ber Regjeringa vedta at dei delane av den planlagte kraftlina Fana-Kollsnes som ligg nær bustader eller andre lokale der barn oppheld seg, blir flytta eller gravd ned i tråd med den «varsomhetsstrategien» som er formulert.

III. Stortinget ber Regjeringa vedta at det skal leggjast kabel på deler av strekninga Fana-Kollsnes, for å ta vare på det sårbare landskapet i Fjell og Øygarden.»

Forslagsstilleren viste til den mulige sammenhengen mellom kreft – ikke minst hos barn – og kraftlinjer som har vært diskutert den siste tiden. I følge «føre var-prinsippet» eller «varsomhetsstrategien», skal en la tvilen komme miljø og helse til gode. Hun mente det er et klart behov for regler om hvordan en skal vurdere denne type saker ut fra mulig helsefare på grunn av magnetfeltene.

I Innst.S. nr. 96 (1993-94) viste Energi- og miljøkomiteen til at Statens strålevern har konkludert med at det ikke er tilstrekkelig godtgjort noen direkte sammenheng mellom eventuelle helseproblemer og elektriske og magnetiske felter, og at kabling ikke medfører at de magnetiske feltene blir borte, men vil påføre forbrukerne betydelige merkostnader. Komiteen viste videre til at Statens strålevern og det tidligere Helsedirektoratet har uttalt at nye kraftledninger ikke bør legges i nærheten av boligområder og barnehager, som en generell anbefaling, i påvente av sikrere kunnskap, uten at dette er konkretisert i grenseverdier. Det ble videre vist til det arbeidet som er igangsatt på embetsplan og i en ekspertgruppe med å utrede mulig helsefare knyttet til elektriske og magnetiske felt.

Komiteen mente likevel at de estetiske og miljømessige sidene må tillegges vekt ved siden av den økonomiske side. Komiteen viste til at usikkerheten knyttet til mulig helsefare ved opphold nær høyspentlinjer kan reduseres ved tekniske til-

pasninger som reduserer feltene fra luftspenn, og i enkelte tilfeller gjennom bruk av kabling.

Komiteen ga ellers uttrykk for at så lenge de helsemessige spørsmål knyttet til opphold nær kraftledninger sannsynligvis ikke lar seg avklare de nærmeste år, vil det være riktig å arbeide videre med en «varsomhetsstrategi» som kan fjerne noe av den usikkerhet som berørte parter i dag føler.

Komiteens flertall rådet etter dette Stortinget til å avvise forslagene. Komiteens forslag ble vedtatt med 66 mot 37 stemmer under Stortingsbehandlingen 24.3.94.

### **3.3.3 Stortingsbehandling av Dok.nr. 8:6 om mer miljøvennlige retningslinjer for framføring av høyspentforbindelser gjennom/ved tettbebyggelse og i estetisk sårbart landskap med betydelig allmenn ferdsel.**

Stortingsrepresentantene Gunnar Fatland, Eva R. Finstad og Oddvard Nilsen fremmet under klagebehandlingen av Fana-Kollsnes-saken følgende forslag i Dok.nr. 8:6 (1993-94):

«Stortinget ber Regjeringen legge til rette for at miljø-, helsemessige og estetiske hensyn må få økt vekt ved etablering av nye høyspentanlegg.»

Forslagsstillerne viste til at framføring av luftspenn for hovedlinjenettet alltid har vært konfliktfylt. Imidlertid har økt miljøbevissthet, usikkerhet omkring strålingsfare langs linjetraseene med mulige helsemessige konsekvenser, samt økt estetisk bevissthet klart skjerpet interessekonfliktene ved framføring av høyspentnett. Det vises til at alternative framføringsløsninger vil være jord- og sjøkabler, eventuelt kombinasjoner mellom kabling og luftspenn. Kabelalternativene reiser spørsmål av teknisk og kostnadmessig karakter.

Energi- og miljøkomiteen viste i Innst.S. nr. 97 (1993-94) til at forvaltningen foretar en avveining mellom hensynet til leveringskvalitet og kostnader sett opp mot hensynet til miljø, landskap og nærføring. Når det gjelder mulige helsevirkninger av elektriske og magnetiske felt vises til merknadene til Dok nr. 8:2 i Innst. S. nr. 96 (1993-94). Det kan stilles spørsmål ved om det er en sammenheng mellom det å bo/oppholde seg i nærheten av høyspentlinjer og helsefare, men så langt er det ikke påvist noen sammenheng. Komiteen har merket seg at Helsedirektoratet har uttrykt en varsomhetsstrategi og ser det som viktig at denne følges opp. Det må tas økonomiske betraktninger med i spørsmålet om hvorvidt kabling skal foretas.

Komiteen viser i sin innstilling til de premisser som ligger til grunn for forslaget, og konstaterer at det ikke har framkommet opplysninger som rokker ved de miljø- og estetiske begrunnelser som forslaget bygger på. Forslaget om økt kabling tar sikte på å skape en bedre balanse mellom allmenne oppfatninger om krav til miljø, bomiljø og estetikk i dagens samfunn, og hensynet til økonomi og tekniske spørsmål. I praksis må disse avveininger foretas i hver enkelt tilfelle, men slik at verdien av miljø og estetikk økes i forhold til den verdi slike faktorer historisk har hatt i konsesjonssaker. Komiteen ser det som en fordel at konsesjonsmyndighetene får et signal som legitimerer en noe strengere praksis til fordel for miljø og estetikk, samtidig som kraftsektorens planforutsetninger blir klarere i samme retning, slik at konflikter knyttet til framtidige høyspentprosjekter kan reduseres innenfor forsvarlige kostnadmessige rammer.

Komiteen rådet enstemmig Stortinget til å gi sin tilslutning til forslaget. Komiteens forslag som ble behandlet samme dag som forslaget i Dok. nr. 8:2, ble enstemmig vedtatt.

### 3.3.4 Generelt om praksis i enkelte kommuner

Som det går fram av omtalen ovenfor mottar både departementene og underliggende fagorganer en rekke henvendelser fra ulike interesserte og berørte parter med spørsmål som knytter seg til elektromagnetiske felt og helserisiko. De fleste sakene knytter seg til etablering/utvidelse av høyspentanlegg eller boligbygging nær høyspentanlegg.

Embetsgruppen viser til de uttalelsene som er referert tidligere i dette kapitlet fra Statens helsetilsyn og Statens strålevern.

Sosial- og helsedepartementet har i en konkret sak om en reguleringsplan i en kommune gitt en kort oppsummering av tilrådingene fra myndighetene og uttalt bl.a. følgende:

«Det finnes idag ingen norske offentlige retningslinjer, pålegg eller anbefalinger som knytter seg til å redusere eller unngå mulige helseeffekter av eksponering fra felt fra kraftledninger/høyspentanlegg. Det er ut fra foreliggende kunnskap ikke godtgjort at det er en klar sammenheng mellom helseskader – dette gjelder særlig leukemi hos barn, men også andre kreftformer – og magnetfelteksponering. Det er ut fra dette heller ikke innført offisielle grenseverdier i noe annet land.»

Sosial- og helsedepartementet viser videre til det pågående utredningsarbeidet og til de uttalelser fra Helsetilsynet og Strålevernet som er referert i "[Historikk og nå-situasjonen i Norge](#)" i kapittel 3 i denne rapporten og konkluderer slik:

«Enkelte kommuner har av eget initiativ tatt hensyn til eventuelle helseskader knyttet til nærhet til kraftledninger. Bærum kommune har f.eks. innført en midlertidig byggeforbudssone på 60 m fra senterleder i forbindelse med utbygging av et boligfelt inn mot en 300 kV ledning og begrunnet dette i mulig helsefare. Nittedal kommune har en tilsvarende sak til behandling. I dette tilfellet gjelder det en bebyggelsesplan for et boligfelt som ligger i nærheten av to eksisterende kraftledninger på hhv 300 og 420 kV. Både kommunen og utbygger har i denne saken tatt hensyn til den usikkerheten som knytter seg til helseskader knyttet til magnetfelteksponering og nærhet til kraftledninger og bestemt seg for en avstand på 65 m.

Som det går fram av disse eksemplene dreier det seg i alle de konkrete sakene om store kraftledninger på 300 kV eller mer.....»

*(brev til Ås kommune av 9. januar 1995)*

## KAPITTEL 4

**Praksis og strategier i andre land****4.1 INNLEDNING**

Embetsgruppen vil i dette kapitlet gi en oppsummering om praksis og strategier når det gjelder lavfrekvente elektriske og magnetiske felt og helseeffekter i en rekke andre land, samt gi en kort oversikt over internasjonale organers arbeid og anbefalinger.

Som det bl.a. går fram av ekspertutvalgets rapport, pågår det i vestlige industri-land mye arbeid på dette feltet. I mange land har myndighetene nedsatt spesielle komiteer for å vurdere spørsmål knyttet til helsefare ved statiske og lavfrekvente elektriske felt. I tillegg har en rekke institusjoner, gjerne med samme status og formål som Statens strålevern i Norge, utarbeidet rapporter om helsefare enten på eget initiativ eller bestilt fra sentrale myndigheter. Det er også utarbeidet en del rapporter av internasjonale organer m.v. Videre er flere universitets- og andre forskningsmiljøer opptatt av disse problemstillingene og har igangsatt forskning innenfor en rekke fagdisipliner. Vi viser bl.a. til litteraturoversiktene i ekspertutvalgets rapport, i StrålevernRapport 1994:1 «Statistiske og lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. Biologiske effekter og yrkeshygienisk betydning», og i vedlegg 2 og 3 til embetsgruppens rapport.

Siden embetsgruppens mandat er å legge fram forslag til en norsk forvaltningsstrategi på dette feltet, har det vært av spesiell interesse å innhente kunnskap om og erfaringer med hva som skjer i Sverige og Danmark. Dette vil derfor bli omtalt relativt utførlig nedenfor.

**4.2 DANMARK**

I Danmark er det følgende helsemyndigheter som forvalter dette feltet:

- Sundhedsministeriet
- Sundhedsstyrelsen
- Sundhedsministeriets Ekspertgruppe vedr. Ikke-Ioniserende Stråling (SEIIS)

*Sundhedsministeriets Ekspertgruppe vedr. Ikke-Ioniserende Stråling (SEIIS)* har avgitt to rapporter (SEIIS Rapport No. 1 og No. 2) med tittel h.h.v.: «Rapport om risiko for kreft hos barn med bopæl eksponeret for 50 Hz magnetfelder fra højspændingsanlæg» og «Risiko for kreft ved udsættelse for ekstreme lavfrekvente magnetfelder i arbejdet». Rapportene ble utgitt i h.h.v. mai og juni 1993, og dekker således forskning opptil disse tidspunktene.

SEIIS Rapport No. 1 gjennomgår lavfrekvente felts fysiske egenskaper, hvilke kilder som er aktuelle, en sammenfattende omtale av biologiske effekter av slike felt belyst ved eksperimentelle undersøkelser, og epidemiologisk forskning som faller inn under rapportens tittel. De sentrale (to siste) avsnittene i konklusjonen lyder:

«Ekspertgruppen finder, at hverken de tidligere eller de seneste videnskabelige undersøgelser giver tilstrækkelig dokumentation til at måtte betegne 50 Hz magnetfelder i boliger tæt ved elektricitetsforsyningens højspændingsanlæg som kræftfremkaldende hos børn. De nævnte undersøgelser giver dog heller ikke grundlag for en afvisning af en sådan antagelse.

Gruppen finder derfor ikke videnskabeligt grundlag for fastsettelse af normer for magnetfelteksponering fra højspændingsanlæg. Nye forskningsresultater må fremover følges nøje.»

På bakgrunn av SEIIS Rapport No. 1 har Sundhedsstyrelsen foretatt en vurdering og kommet med en anbefaling gjengitt i Sundhedsministeriets pressemelding av 27. august 1993:

«Sundhedsstyrelsen har i sin fornyede sundhedsfaglige vurdering af spørgsmålet lagt vekt på flere faktorer, heriblandt den i en dansk og en svensk undersøgelse fundne, statistiske sammenhæng, men manglende påvisning af en årsagsforbindelse mellem de beregnede magnetfelter og tilfælde af kræft hos børn. Desuden anser Sundhedsstyrelsen den mulig øgede risiko (ét ekstra tilfælde hvert 6. år) for å være meget lille, når den sættes i forhold til andre årsager til alvorlig sygdom og dødsfald blandt børn. Sundhedsstyrelsen har bemærket, at der ikke er videnskabeligt grundlag for fastsettelse af grænseværdier for magnetfelteksponering fra elektricitetsforsyningens højspændingsanlæg. På denne baggrund finder Sundhedsstyrelsen ingen grund til at forandre regler for de eksisterende højspændingsanlæg.

For så vidt angår fremtidige anlæg er det Sundhedsstyrelsens vurdering, at man bør tilstrebe at undgå linieføring af vekselstrømshøjspændingsledninger tæt på bebyggelser, såfremt man ønsker at opnå den under alle omstændigheder mest holdbare løsning.»

Pressemeldingen viser til at boligministeren, energiministeren, miljøministeren, socialministeren og sundhedsministeren sier seg enig i Sundhedsstyrelsens vurdering.

SEIIS Rapport No. 2 vurderer undersøkelser av yrkesrelatert kreftforekomst i forhold til eksponering for lavfrekvente magnetfelt i arbeidsmiljøet. Et kapittel tar for seg eksponeringen som sådan, et kapittel omhandler kreftforekomst i relasjon til yrkeseksponering, et kapittel er spesielt viet til kreftrisiko hos sveisere og et kapittel oppsummerer kort resultater av undersøkelser av kreft hos barn av yrkeseksponerte foreldre. Sammenfatningen av konklusjonskapitlet oppsummerer i de to siste avsnitt:

«Arbejdsgruppen finder, at mistanken om en sammenhæng mellem magnetfelteksponering og forøget risiko for leukæmi er styrket, i særdeleshed på baggrund af den svenske undersøgelse [d.v.s. Floderus et al. 1992]. Man har dog også noteret, at der ikke for de nyeste undersøgelser er overensstemmelse. Det er i denne forbindelse bemærkelsesverdigt, at der i en række undersøgelser af svejsere, som er højt eksponerede, ikke ses overhyppighed af leukæmi. Om manglende præcisering af eksponeringerne kan forklare dette, er uklart.

Arbejdsgruppen finder, at de seneste undersøgelser, der er refereret her, ikke har forøget mistanken om en eventuel sammenhæng mellem arbejdsmessig eksponering for lavfrekvente elektromagnetiske felter og en forøget forekomst af *hjernecancer*.»

I Danmark foreslo ellers elektrisitetsverkene sentralt i fjor en ordning med oppkjøp eller utbetaling av erstatning for boliger som kommer nær nye kraftledningstraseer. Iflg. dette forslaget ville eiere av boliger i en avstand mindre enn 50 meter fra framtidige kraftledninger, få tilbud om å selge boligen for full takst. For boliger mellom 50 og 200 meter fra kraftledningen, ville elektrisitetsverkene betale en erstatning som varierer lineært fra full takst ved 50 meter til ingen erstatning ved 200 meter. Så langt embetsgruppen kjenner til den videre behandlingen av dette forslaget, er

det lite som tyder på at det blir godkjent av sentrale myndigheter. Det vises ellers til omtale av dette i "*Drøfting av strategier og tiltak*" i kapittel 7.

I august 1993 tok den danske miljøvernministeren initiativ til å nedsette en arbeidsgruppe til å klarlegge prinsipper for valget mellom luftledninger og kabling av høyspentannlegg. Energiministeren, boligministeren og lederen av Danske Elværkers Forening ble samtidig orientert om miljøvernministerens initiativ. Arbeidsgruppen fikk som mandat å utarbeide et notat om fornying av gamle og bygging av nye høyspentannlegg hvor ulike sider ved valg mellom luftledninger og kabling ble belyst. Notatet skulle danne grunnlag for fastlegging av prinsipper for valg mellom luftledninger og jordkabler, og for hvordan prinsippene kunne gjennomføres. Arbeidet må ses i lys av økende konflikter ved høyspentannlegg og ønske om å unngå luftledninger i tettbebygde strøk og det åpne landskap. Arbeidsgruppen som la fram sitt notat (Prinsipper for etablering og sanering af højspændingsanlæg) i februar 1995 har bl.a. foreslått:

- en reduksjon av høyspenningsnett over 100 kV
- 400 kV-linjer kan vanligvis bygges som luftledninger med unntak av korte strekk ved innføring til byer eller der nasjonale naturinteresser blir berørt
- 150/132 kV-linjer kan bygges som luftledninger når det skjer uten vesentlige konsekvenser for tettsteder og vesentlige naturinteresser. Eksisterende linjer med slike konsekvenser bør fjernes eller legges i kabel
- nye linjer under 100 kV skal kables
- eksisterende 60/50 kV-luftlinjer skal kables når de er uheldige for tettsteder og vesentlige naturinteresser
- ved større saneringsarbeider behandles eksisterende linjer som nyanlegg.

Det er verdt å merke seg at begrunnelsen for disse forslagene er gitt i hensyn til miljø og estetikk, og at en vurdering av de helsemessige sidene ikke har vært inne i bildet. Arbeidsgruppens prinsipper og anbefalinger er godkjent av boligministeren og miljø- og energiministeren i februar 1995. De kommunale organisasjonene og energiselskapene i Danmark har tiltrådt arbeidsgruppens prinsipper og anbefalinger.

### 4.3 SVERIGE

I Sverige er det flere offentlige instanser som er knyttet til forvaltningen av elektromagnetiske felt og eventuell helseskade:

- Sosialstyrelsen
- Arbetarskyddsstyrelsen
- Elsäkerhetsverket
- Statens energiverk
- Statens Strålskyddsinstitut (SSI)

#### **Socialstyrelsen/Socialdepartementet**

På bakgrunn av de svenske epidemiologiske undersøkelsene i 1992 nedsatte *Socialstyrelsen* i november 1993 en bredt sammensatt ekspertgruppe med mandat til å vurdere hvorvidt det finnes en helserisiko forbundet med eksponering for lavfrekvente felt. De helserisiki ekspertgruppen fikk i oppdrag å vurdere var kreft, reproduksjonsskader og «allmenn uhelse», herunder el-overfølsomhet. Ekspertgruppen avga i januar 1995 rapporten «Elektriska och magnetiska fält och hälsoeffekter» (SoS-rapport 1995:1). Rapporten ble oversendt til Socialdepartementet 17. januar 1995.



Konklusjonene i denne rapporten støtter i stor grad opp under de vurderinger og konklusjoner som det norske ekspertutvalget har lagt til grunn.

Den svenske ekspertgruppen har kommet til at det ikke finnes noen overbevisende støtte for at det er en sammenheng mellom eksponering for elektromagnetiske felt og helseeffekter som kreft og f.eks. spontanabort, lav fødselsvekt m.v. Det er heller ikke mulig ut fra vitenskapelige studier til nå å påvise at det er en sammenheng mellom elektromagnetiske felt og f.eks. hudforandringer eller andre symptomer som er knyttet til el-overfølsomhet.

Ekspertgruppen uttaler videre at den verken kan bekrefte eller avkrefte en årsakssammenheng mellom elektromagnetiske felt og leukemirisiko. Dersom en slik risiko er til stede, er den under alle omstendigheter så liten at den maksimalt ville være årsak til et fåtall tilfeller pr. år på landsbasis. Ekspertgruppen uttaler at dette stemmer overens med det faktum at til tross for en meget sterk økning i bruk av elektrisk kraft og dermed øket eksponering for elektromagnetiske felt, har antall tilfeller av barneleukemi ikke øket.

Den svenske ekspertgruppen har hatt en egen undergruppe som har vurdert el-overfølsomhet eller «allmenn uhelse» og gjennom denne vurderingen, omhandlet dette problemkomplekset atskillig mer utførlig enn den norske ekspertgruppen har hatt anledning til. «Allmenn uhelse» brukes i denne rapporten som et samlebegrep for «el-overfølsom», «el-allergisk» og «dataskjermsyk». Det konkluderes her med at symptombildet og rapporterte behandlingseffekter best kan forstås ut fra en psykologisk forklaringsmodell som verken benekter at symptomene er der eller påstår at de er simulerte. Et slikt forklaringsperspektiv utelukker heller ikke at elektrisk utstyr kan ha direkte effekter på menneskekroppen.

Ekspertgruppen uttaler bl.a. når det gjelder tiltak i forhold til «allmenn uhelse»:

«Det finns inget väenskapeligt underlag för att hävda ett samband mellan elkänsligas symptom och elektromagnetiska fält. Rutinmässiga mätningar av fälten kan därför inte anses motiverade. Om i speciella fall mätningar göres bör de ske i samråd med erfaren expertis, till exempel från yrkes- och/eller miljömedicinsk klinik.

När det gäller miljörelaterade faktorer bör företagshälsovården kopplas in för att genomföra en undersökning av arbetsplatsen i sin helhet och tänkbara skadefaktorer och stressmoment av olika slag.

Av vad som hittills framkommit och de erfarenheter som finns från olika interventions- och preventionsprogram, finns stora möjligheter att hjälpa dessa patienter genom en kombination av individriktade och miljöorienterade insatser. I vissa fall kan det handla om relativt enkla åtgärder på arbetsplatsen. De åtgärder som i olika beprovade handlingsprogram synes ha haft gynnsam effekt är bl a:

- Sänk temperaturen i arbeidslokaler
- Se over ventilation og luftkvalitet
- Se over städrutinerna
- Se over arbetssituationen ur stressynpunkt
- Minska bildskärmsarbeidet
- Se over belysningssystemet
- Justera eller byt flimrande bildsskärm

I andre fall kan det gälla en mera genomgripande livsomstilling med fokusering på levnadsvanor, kost, rökning, og stresshandtering.» (s. 197)

Embetsgruppen er kjent med at den svenske ekspertgruppen i sin vurdering av problemkomplekset el-overfølsomhet, har møtt sterk motstand fra bl.a. lokalforeningene for el- og bildskærmskadade i Sverige (brev fra Lokalforeningen för el- og

bildsskærmskadade i Örebro län til Socialstyrelsen av 17. februar 1995). Embetsgruppen vil understreke at embetsgruppens mandat har tatt utgangspunkt i og lagt hovedvekten på en vurdering av mulig sammenheng mellom risikoen for kreft og eksponering for lavfrekvente elektromagnetiske felt. Verken embetsgruppen eller ekspertgruppen har derfor hatt som mandat eller vært sammensatt ut fra å kunne gi noen ekspertvurderinger av el-overfølsomhet. Det vises ellers til "*Forslag til tiltak*" i kapittel 8 hvor embetsgruppen foreslår at det nedsettes en bredt sammensatt arbeidsgruppe under ledelse av Statens helsetilsyn til å utrede dette nærmere.

*Arbetarskyddsstyrelsen* har nedsatt en kriteriegruppe for vurdering av helsefare ved yrkeseksponering for lavfrekvente felt, med bl.a. en representant fra SSI. Kriteriegruppen er ikke ferdig med sitt arbeid, men Arbetarskyddsstyrelsen har rent foreløpig uttalt at det ikke finnes tilstrekkelig vitenskapelige holdepunkter for å innføre yrkeshygieniske grenseverdier for lavfrekvente felt i Sverige.

*Elsäkerhetsverket* (tidl. under NUTEK (Närings- och teknikutvecklingsverket) og Statens energiverk) har i motsetning til Produkt- og elektrisitetstilsynet i Norge fått seg tillagt ansvaret for forvaltningsmessige tiltak mot eksponering for feltene fra kraftledninger. Etaten har siden 1973 hatt i arbeid en permanent komité for overvåking av forskningsaktiviteten vedr. helserisiko forbundet med eksponering for lavfrekvente felt. Komiteen har utgitt rapporter i 1986, 1987, 1988 og 1990 og avventer den videre utvikling.

I forbindelse med en konsesjonssøknad om å erstatte en eksisterende 220 kV-ledning med en 400 kV-ledning gikk denne etaten (som den gang het Byrån för elmaterielsäkerhet) i 1990 ut med en anbefaling, hvor det bl. a. sies:

«I avvaktan på svaret om några risker föreligger eller ej finns med den anledning av den oro en hel del människor känner skäl att tillämpa en försiktighetsstrategi. Elverket har tidigare framhållit att man i avvaktan på ytterligare forskningsresultat ej skal förlägga koncentrerade barnaktiviteter t ex skolor, daghem, lekplatser mycket nära kraftledningar. Avståndet bör vara så stort at magnetfältet från kraftledningen avtaget till 0,2 – 0,3  $\mu$ T.

När det gäller bostadsbebyggelse finns även en möjlighet att de två närmaste åren inta en viss försiktighetsstrategi. I områden i närheten av kraftledningar kan de längre bort liggande delarna byggas först och senare om nämnda forskningsresultat avvisat ett samband bygga delarna tätt intill kraftledningen. Vad gäller bostäder finner statens energiverk det ej motiverat att inta samma grad av försiktighetsstrategi som vid koncentrerade barnaktiviteter.»

Denne anbefalingen er senere blitt adoptert som en generell retningslinje av en rekke svenske kommuner.

Etter utgivelsen av de svenske epidemiologiske undersøkelserne i 1992 har Elsäkerhetsverket også nedsatt en egen gruppe som foretar en økonomisk konsekvensutredning, gitt at det finnes en slik helserisiko som epidemiologien antyder. Også i denne gruppen deltar en representant fra SSI. Gruppen har arbeidet parallelt med Socialstyrelsens faggruppe.

*Statens Strålskyddsinstitut* (SSI) har det generelle forvaltningsansvar for ikke-ioniserende stråling, herunder også lavfrekvente felt, men har ikke ansvaret for tiltak i forhold til feltene fra kraftledninger (jf nedenfor). SSI har likevel utgitt en oppsummering av kunnskapen om helseeffekter av elektriske og magnetiske felt fra 50 Hz kraftforsyning i to varianter: som SSI-informasjon i 93-01 og som side 3 og 4 i det interne tidsskriftet Strålskyddsnytt 1/93. Førstnevnte er strukturert som en rekke korte spørsmål og fylldige svar. Sistnevnte viser til at mange forskningsresultater støtter hypotesen om en sammenheng mellom visse kreftformer og eksponering for lavfrekvente felt. Den peker også på at hver enkelt studie hver for seg har svakheter,

og at det knytter seg en del spørsmålstegn til hypotesen, men anser likevel at antydningene om en sammenheng mellom elektromagnetiske felt og kreft er blitt styrket de senere år. Artikkelen i Strålskyddsnytt inneholder videre en sammenfatning av begrunnelsen for forvaltningsmessige tiltak eller mangel på sådanne. Som prioriteringsgrunner anføres:

- risiko for akutte dødsfall og annen alvorlig akutt skade
- risiko for senskader hos store befolkningsgrupper
- tilknytning til forhold i samfunnet som berører store samfunnsmessige verdier (som f. eks. risiki fra dataskjermer)
- risiko for senskader hos særlig utsatte individer.

Disse momentene vurderes deretter m.h.p. eksponering av almenheten, d.v.s. hovedsaklig eksponering i boligmiljø, og eksponering av yrkesaktive, men SSI understreker at bedømmelsen er usikker både m.h.t. risiki og kostnader. Evalueringen kommer ut med følgende konklusjoner (forkortet):

- Risiko for akutte dødsfall finnes ikke.
- Antallet dødsfall i Sverige pr. år som kan forebygges – dreier seg om et par titall.
- Samfunnets kostnader for beskyttelse eller produksjonsforstyrrelser dreier seg om hundretalls millioner kroner.
- Antallet voksne personer som får sin kreftrisiko ikke ubetydelig øket vil kunne være stort. Flere titusentalls mennesker bor eller har bodd nærmere en kraftledning enn 50 m. Selv om det ikke finnes noen indikasjon på økt kreftrisiko hos voksne kan en slik risiko ikke utelukkes, men den gjennomsnittlige økningen i risiko for å dø av kreft kommer likevel neppe over 1 prosent (i tillegg til den normale gjennomsnittlige risikoen for å dø av kreft på ca. 20 %). Selv om leukemirisikoen hos barn skulle være noen ganger forøket ved å bo nær en kraftledning, er det ingen påviselig samlet overrisiko for kreft hos barn under slike forhold, og risikoen for å dø av kreft i ungdomsårene på grunn av slik eksponering bedømmes ikke å kunne øke med så meget som 1 prosentenheter.
- Kostnadene ved å forebygge ett for tidlig kreftdødsfall blir trolig høy, for eksisterende kraftlednings vedkommende kanskje mer enn et titalls millioner kroner, for yrkeseksponerings vedkommende fordi de elektromagnetiske feltene er en naturlig del av arbeidsmiljøet, og store forandringer ville være nødvendige for å minske eksponeringen i noen betydelig grad.
- Særlige omstendigheter gjør risikoen vanskelig å håndtere.

SSI anser det som motivert å gjennomføre tiltak som med en rimelig kostnad minsker eksponeringen for mennesker som til stadighet oppholder seg i forhøyede elektromagnetiske felt. Sammenfatningsvis uttrykkes det slik:

«SSI anser att det finns forskningsresultat som stöder hypotesen om samband mellan vissa cancerformer och exponering för sådana lågfrekventa magnetfält som finns intill kraftledningar, elektrisk utrustning och liknande. Fortfarande talar många faktorer mot sådana samband. Kunskapen börjar ändå närma sig det stadium där det kan vara rimligt att tillämpa den och om-sätta den i skyddsåtgärder.

Sådana åtgärder har lägre prioritet än åtgärder på de starkast motiverade andra områden som SSI hanterar, till exempel radon, solstrålning, olycksberedskap för kärnkraft eller strålning från medicinska röntgenundersökningar. De kan ha liknande prioritet som åtgärder på andra områden som tandröntgen, veterinärröntgen eller allmän industriell användning av radioaktiva strålkällor. Åtgärder som till rimlig kostnad minskar exponeringen

för människor som stadigvarande vistas i förhöjda elektromagnetiska fält är befogade. Det kan till exempel innebära att man

- vid draging av nya kraftledningar och nyinstallationer av utrustning som kan medföra höga exponeringar för elektromagnetiska fält bör söka efter lösningar som ger låga exponeringar om dessa inte innebär stora olägenheter eller kostnader
- minskar exponeringar som mer än tiotals gånger överskrider normalvärden för elektromagnetiska fält när detta kan ske till rimliga kostnader
- avvaktar med kostsamma ombyggnader av befintliga installationer om exponeringar högst uppgår till några tiotals gånger vad som är normalvärden.»

#### 4.4 FINLAND

*Finska strålsäkerhetssentralen* har i et brev til Magnetfältgruppen vid Finska Elverksföreningen sitert et utkast til en anbefaling med tittelen «Hälsoskador i anslutning till magnetfälten och hur dessa kan undvikas», utgitt 7. april 1993. Anbefalingen setter en rekke tiltaksnivåer. Relevant for boligmiljø er at det anbefales å unngå bygging av bolighus og leiligheter hvor den magnetiske flukstettheten overstiger 5  $\mu\text{T}$ . Under 1  $\mu\text{T}$  anbefales ikke begrensende tiltak.

Forøvrig samsvarer anbefalingen med forslaget fra IRPA/INIRC (se nedenfor). I den biologiske motiveringen for anbefalingene heter det bl.a. (i svensk versjon):

- «Trots att antalet epidemiologiska cancerundersökningar är stort erbjuder de inte en pålitlig bas för antagandet om ett samband mellan magnetfält och de ovannämnde cancerformer (leukemi, hjernesvulst, lymfom). Det finns många faktorer som minskar de enskilda undersökningarnas beviskraft.
- Med beaktande på helheten ger det faktum, att antalet undersökningar är stort och att de resultat som ger en positiv korrelation är fler än de som ger negativ korrelation stöd för cancermistankarna. Väldigt stor vikt kan man ändå inte lägga vid det här, därför att helhetsbilden kan förvrängas av någon vilseledande faktor som kan ha haft inverkan på alla undersökningarna. Dessutom är det möjligt att positiva forskningsresultat helt enkelt publiceras mer än negativa.
- Risken för missfall vid användning av dataskärm och andra eventuella olägenheter för fostret har undersökts i över tio epidemiologiska undersökningar. Merparten av dem visar inget samband mellan missfall och magnetfält. Som helhet betraktat finns det ingenting som talar för, att de magnetfält som finns i levnadsmiljön skulle skada foster.
- Det faktum att vi för närvarande inte känner en enda vetenskapligt hållbar biologisk-fysikalisk verkningsmekanism, som får magnetfält att påverka cellen på en nivå där människor i allmenhet är utsatta för magnetfält, gör att betydelsen av de epidemiologiska magnetfältundersökningar minskar betydligt. Inte heller djurförsök stöder de epidemiologiska rönen.»

Det må understrekes at dette bare er anbefalinger og ikke vedtatte retningslinjer.

#### 4.5 STORBRIANNIA

*National Radiological Protection Board (NRPB)* har i serien Documents of the NRPB utgitt rapporten Electromagnetic Fields and the Risk of Cancer. (Vol. 3 No

1 1992). Rapporten går også under navnet «Doll-rapporten» etter formannen i styringsgruppen, sir Richard Doll (Cancer Studies Unit, Imperial Cancer Res. Fund, Oxford). Andre medlemmer av gruppen kommer fra Medical Res. Council, Cambridge, Medical Res. Council, Southampton, Kings College, London og NRPB selv.

Rapporten er en samler rapport som bl.a. bygger på fire interne NRPB-utredninger, hvorav tre utgjør serien Biological Effects of Exposure to Non-ionising Electromagnetic Fields and Radiation. Disse tre delutredningene tar for seg ulike deler av spekteret, nemlig:

- Kowalczyk et al.: I. Static electric and magnetic fields (NRPB-R238).
- Sienkiewicz et al.: II. Extremely low frequency electric and magnetic fields (NRPB-R239).
- Saunders et al.: III. Radiofrequency and microwave radiation (NRPB-R240).  
Dessuten Dennis et al.: Human health and exposure to electromagnetic radiation (NRPB-R241).

Som tittelen angir tar rapporten bare for seg kreftproblematikken, men den dekker hele spekteret av ikke-ioniserende stråling opp til infrarødt. Rapportens konklusjon går over 2,5 sider og er delt i 12 punkter hvorav de to siste (og oppsummerende) punktene lyder:

«In summary, the epidemiological findings that have been reviewed provide no firm evidence of the existence of a carcinogenic hazard from exposure of paternal gonads, the fetus, children, or adults to the extremely low frequency electromagnetic fields that might be associated with residence near major sources of electricity supply, the use of electrical appliances, or work in the electrical, electronic, and telecommunication industries. Much of the evidence that has been cited is inconsistent, or derives from studies that have been inadequately controlled, and some is likely to have been distorted by bias against the reporting or publishing of negative results. The only finding that is at all notable is the consistency with which the least weak evidence relates to a small risk of brain tumors. This consistency is, however, less impressive than might appear as brain tumors in childhood and adult life are different in origin, arising from different types of cell.

In the absence of any unambiguous experimental evidence to suggest that exposure to these electromagnetic fields is likely to be carcinogenic, in the broadest sense of the term, the findings to date can be regarded only as sufficient to justify formulating a hypothesis for testing by further investigation.»

Senere har NRPB utgitt Cridland (1993): Electromagnetic Fields and Cancer. A review of relevant cellular studies (NRPB-R256). Denne konkluderer med:

«The experimental evidence discussed above indicates that EM fields are unlikely to produce adverse genetic effects, and so are unlikely to have a direct effect on initiation. There is some evidence, however, to suggest that EM field exposure may produce more subtle changes in cell behaviour, including increased cell division. – – – It must be emphasised, however, that the available evidence is frequently of poor quality and, in any case, falls short of indicating a definite effect of EM fields on carcinogenesis.»

Senere er det i tillegg utgitt en sammendragsrapport som uttrykker NRPBs syn på grenseverdier for eksponering for statiske og tidsvariable felt (Documents of the NRPB Vol 4 No 5 1993). For statiske felt er grensene satt til h.h.v. 25 kV/m og 200 mT (helkroppseksponering, 24 t/d). I det nettfrekvente området er grensene satt utfra kravet om at induert strøm ikke skal overstige 10 mA/m<sup>2</sup> i hode, hals og

torso. Grenseverdiene er deretter satt til h.h.v. 600 kV/m dividert med frekvensen og 80 mT (1 millitesla er 1000 ganger sterkere enn 1  $\mu$ T) dividert med frekvensen (d.v.s. for 50 Hz: 12 kV/m og 1,6 mT) hvilket ligger klart over internasjonale forslag basert på samme kriterium. Det er grunn til å anta at disse forslagene er innspill til CENELECs og EUs arbeid på området. Rapporten omtaler også undersøkelser publisert etter 1992, nemlig Feychting & Ahlbom 1993 og Olsen et al. 1993, og sier om disse:

«-. They do not establish that exposure to electromagnetic fields is a cause of cancer, although they provide weak evidence to suggest that the possibility exists. The risk, if any, however, would be very small. – »

#### 4.6 IRLAND

*Departement of Energy (DoE)* har latt gjøre en bred oversikt over såvel forskning som publikums holdninger og ulike autoriteters responser på dette, oppdatert pr. juli 1992. Rapporten siterer i adskilte kapitler både epidemiologiske og eksperimentelle undersøkelser og dekker også eksponering for radiofrekvente felt. Rapporten gir i enkelte avsnitt i hvert av disse kapitlene korte sammenfattende konklusjoner på omtalene av de siterte forskningsarbeidene. Rapporten omtaler hvordan ulike autoritative eksperter har uttalt seg og implementert denne kunnskapen, men gir selv ingen konklusjoner i retning av grenseverdier.

#### 4.7 NEDERLAND

*Gezondheidsraad* sin rapport 1992/7 heter «Extrem laagfrequente elektromagnetische velden en gezondheid». Den er forfattet av en egen komité for ELF elektromagnetiske felt (ELF EMF) under det nederlandske helsedirektorat, underlagt ministeren for «bebyggelse, fysisk planlegging og miljø». Rapporten ble laget som svar på tre konkrete spørsmål fra ministeren. Komitéen oppsummerer sine konklusjoner og anbefalinger slik:

1. Det er for tiden utilstrekkelige vitenskapelige bevis for at kronisk eksponering for ELF EMF med lav feltstyrke slik man finner i daglig og yrkesrelatert miljø resulterer i skadelige helseeffekter. Slik eksponering innvirker verken på initiering eller på utvikling av kreft, resulterer heller ikke i for tidlig avslutning av svangerskap eller skadelig innflytelse på fosterutvikling.
2. Eksponering for ELF EMF med feltstyrker som er betraktelig høyere enn de som forekommer i det daglige miljø, men som kan være til stede på visse industriarbeidsplasser, kan resultere i akutte helseeffekter. Komitéen anbefaler derfor at det utvikles normer for maksimal eksponering for ELF EMF. Disse normene kunne baseres på de foreløpige retningslinjene til INIRC/IRPA.
3. Det er ingen tvingende grunn til å bestemme i detalj hvilke ELF EMF feltstyrker Nederlands befolkning er utsatt for.
4. Den videre utvikling vedrørende effekter av eksponering for ELF EMF bør følges. Komitéen anbefaler en reevaluering om fem år.

#### 4.8 FRANKRIKE

*Académie Nationale de Médecine* har på oppdrag av det franske ministeriet for industri og handel utgitt: «Rapport sur les Champs Electromagnétiques des Très Basses Fréquence et la Santé» (Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine 177(6):1031-1040). Rapporten konkluderer (i engelsk versjon, ref. av EMF Health & Safety Rep. Nov./Dec. 1993) med at det ikke er funnet sikre bevis for skadelige

effekter på fruktbarhet eller fosterutvikling eller utvikling av kreft, selv om det er en viss uforklart assosiasjon med barneleukemi.

I en fransk miljølov som ble endelig vedtatt av nasjonalforsamlingen i januar 1995, er det påbud om nedgraving av kraftledninger med spenning opp til 63 kV i tettbygde strøk fra år 2000. I områder med sterke naturinteresser som nasjonalparker, naturreservater og andre fredete objekter og områder, gjelder påbudet umiddelbart. Med denne nye loven ønsker man først og fremst å fjerne de mange linjene som virker skjemmende på landskapet.

#### 4.9 USA

*Office of Technology Assessment (OTA)* under Congress of the United States har som svar på et krav fra underkomitéen for vann- og energiresurser utgitt rapporten: «Biological Effects of Power Frequency Electric and Magnetic Fields». Rapporten er trykket i mai 1989. Den konkluderer med at de vitenskapelige data ennå ikke tillater konklusjoner angående spørsmål om mulig helserisiko til å gi vitenskapelig baserte råd om hvordan man skal minske eller unngå mulige risiki.

*Environmental Protection Agency (EPA)* sin rapport om effekt av elektromagnetisk stråling på organismen («Evaluation of the Potential Carcinogenicity of Electromagnetic Fields» EPA/600/6-90/005B) foreligger i trykket form i hittil to utkast, datert h.h.v. juni 1990 og oktober 1990. Rapporten beskjeftiger seg bare med spørsmålet om hvorvidt lavfrekvente og radiofrekvente elektriske og magnetiske felt har noen kreftfremkallende effekt, og tar ikke opp andre mistenkte virkninger av slike felt utover de tilfeller hvor enkelte eksperimenter også berører andre mulige konsekvenser. Den konkluderer med å identifisere 60 Hz magnetfelt fra kraftlinjer og eventuelle andre kilder som «en mulig, men ikke bevist årsak til kreft hos mennesker». Man finner det imidlertid vanskelig å gjøre kvantitative risikoestimer.

Rapporten har fått sterk kritikk, og en ny rapport er under utarbeidelse. I mellomtiden har EPA publisert et perspektivdokument (EPA/600/9-91/016F; Electric and Magnetic Fields: An EPA Perspective on Research Needs and Priorities for Improving Health Risk Assessment) som identifiserer forskningsbehovet med sikte på å redusere usikkerheten i risikovurderingen av elektromagnetiske felt.

*Oak Ridge Associated Universities (ORAU)* har for CIRRPC (den føderale komiteen for «tverr-etatlig» strålingsforskning og politisk koordinering) utgitt rapporten: «Health Effects of Low-Frequency Electric and Magnetic Fields». Den oppsummerende konklusjon i sammendraget sier bl.a. at det ikke er grunnlag for å fastslå noen helserisiko forbundet med feltene fra slike kilder som elektriske husholdningsartikler, dataskjermer eller kraftledninger.

*American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)* utgir årlig tabeller over anbefalte yrkeshygieniske grenseverdier for eksponering for ulike agens, heriblant også for statiske og lavfrekvente elektriske og magnetiske felt.

Som utgangspunkt for å evaluere virkningen av eksponering for lavfrekvente felt (1 – 30.000 Hz) baserer ACGIH seg på induerte strømmer i kroppen og på kroppens overflate, altså det samme grunnlag som er benyttet av internasjonale organer (se nedenfor), men kommer frem til noe høyere grenseverdier enn disse. ACGIH foreslår ingen differensiering av disse grenseverdiene m.h.p. eksponeringstid for lavfrekvente felt, bare ved eksponering for statiske magnetfelt.

ACGIH (1993-1994, side 67) hevder at for lavfrekvente felt er litteraturen som antyder sammenheng mellom eksponering og utvikling av kreft spekulativ, og påpeker at det verken er etablert noen etiologisk rolle eller noen risikoanalyse for denne typen påvirkning.

#### 4.10 OPPSUMMERING AV ANDRE LANDS POLITIKK OG NASJONALE ANBEFALINGER

Blant de mange autoritetene som er sitert ovenfor er det bare en som har fastsatt selvstendige anbefalte grenseverdier, nemlig ACGIH. Grenseverdiene refererer til yrkeseksponering og er atskillig høyere enn de vi snakker om når det gjelder elektromagnetiske felt fra kraftledninger. De ulike nasjonale strålevernautoritetene har ikke funnet grunnlag for grenseverdier som har noen mening i forhold til eksponering fra kraftledninger, men enkelte har anbefalt en forsiktighetsstrategi. Gjennomgående presiseres den store usikkerheten og uklarheten ikke bare m.h.t. hvorvidt felt av den størrelsesorden som kraftledninger er omgitt av er helseskadelige, men også at det ikke foreligger noe klart dosebegrep som en eventuell forvaltning kan forholde seg til. Lengst går uttalelsene fra Finska strålsikkerhetscentralen og Statens Strålskyddsinstitut i Sverige. Det finske forslaget til anbefaling går ut på å unngå bygging av bolighus og leiligheter hvor den magnetiske flukstettheten overstiger 5  $\mu\text{T}$ . Under 1  $\mu\text{T}$  blir det ikke foreslått noen begrensende tiltak. Forøvrig samsvarer forslaget med forslaget fra IRPA/INIRC. Den svenske anbefalingen er mindre spesifikk på grenseverdier. Det er i høyden grunn til å tolke den som at det ikke er grunnlag for kostnadskrevende tiltak, medmindre det dreier seg om felt som overstiger noen få mikrottesla. Tiltak mot eksponering over dette omtrentlige nivået anbefales bare dersom det ikke medfører store ulemper og kostnader.

#### 4.11 INTERNASJONALE ORGANER

*World Health Organization (WHO)* har utgitt to kriteriedokumenter om ekstremt lavfrekvente felt:

- Environmental Health Criteria 35: Extremely Low Frequency (ELF) Fields, utgitt 1984.
- Environmental Health Criteria 69: Magnetic Fields, utgitt 1987.

Førstnevnte dekker bare elektriske felt inklusive magnetisk induerte elektriske felt. Sistnevnte dekker såvel ekstremt lavfrekvente som statiske magnetfelt. Disse kriteriedokumentene ble utarbeidet i samarbeid med IRPA/INIRC og danner grunnlaget for IRPA's forslag til grenseverdier (se nedenfor).

*International Radiation Protection Association (IRPA)* med sin undergruppe International Non-Ionizing Radiation Committee (INIRC) er en strålevernforening og har således ingen forvaltningsmessig myndighet. IRPA/INIRC har i denne sammenheng samarbeidet med WHO.

IRPA/INIRC utga i 1989 (publisert i 1990) midlertidige retningslinjer for eksponeringsgrenser for 50/60-Hz elektriske og magnetiske felt, gjengitt i tabell 4.1. Disse grensene tar primært sikte på å unngå akutte effekter p.g.a. induerte strømmer. Det tas i den forbindelse utgangspunkt i at slike helseeffekter allerede er funnet eller kan forutsies ved induerte strømmer som så vidt overstiger det typiske nivå for normale endogene strømmer i kroppen (opptil 10 mA/m<sup>2</sup>).

Ved fastsettelsen av grenser for publikumseksponering er det benyttet de samme kriterier som for yrkeseksponering, men med en ytterligere sikkerhetsfaktor utfra det faktum at publikum omfatter personer i alle aldersklasser og alle helsetilstander, samt at dette er grenser som primært gjelder for livstidseksponering døgnet rundt. IRPA/INIRC tar ikke stilling til muligheten for eventuelle langtidseffekter av eksponering for svakere felt. En ny kommisjon, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) har overtatt ansvaret etter INIRC. ICNIRP har inntil videre gått god for IRPA/INIRC's forslag til retningslinjer.



*International Agency for Research on Cancer (IARC)* er tilknyttet WHO. Vi viser ellers til "*Kreftfremkallende kjemikalier*" i avsnitt 5.3.1 hvor viktige deler av omtalen under er gjentatt.

Alle foreliggende data (epidemiologiske studier, dyreeksperimenter, kjennskap til kjemiske egenskaper etc.) utgjør grunnlaget for IARCs totalvurdering av hvorvidt et stoff, en stoffblanding eller en eksponering som mennesker utsettes for, kan forventes å føre til kreft.

Totalvurderingen medfører en klassifisering i en av flere forskjellige grupper:

- Gruppe 1 (Sikkert kreftfremkallende for mennesker)
- Gruppe 2 (2a: Sannsynligvis kreftfremkallende for mennesker, og 2b: Muligens kreftfremkallende for mennesker)
- Gruppe 3 (ingen holdepunkter for kreftfremkallende virkning)
- Gruppe 4 (Sannsynligvis ikke kreftfremkallende for mennesker)

Klassifiseringen skjer på strengt vitenskapelige kriterier. IARC presiserer selv at andre elementer (sosioøkonomiske forhold og nasjonale prioriteringer) vil være avgjørende for hvilke administrative og forvaltningsmessige tiltak en nasjon eller en organisasjon velger å gjennomføre. Når det gjelder klassifisering av kreftfremkallende agens følger de fleste land langt på vei IARCs vurderinger. Norske myndigheters vurdering av stoffers kreftfremkallende evne vil bare unntaksvis avvike fra IARCs. Det vises ellers til omtale av dette i "*Helsemessige effekter*" i kapittel 5 nedenfor.

IARC har til nå ikke gjennomført noen vurdering av mulig kreftfare knyttet til eksponering for elektromagnetiske felter, men et møte om dette vil bli avholdt i oktober 1995.

*Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (CENELEC)* er den felleseuropeiske standardiseringskomité for elektrotekniske spørsmål, hvor Norge er medlem gjennom Norsk Elektroteknisk Komité (NEK). CENELEC's forslag til grenseverdier bygger på de samme grunnforutsetninger som IRPA's, nemlig induisert strømstyrke, men har utvidet frekvensområdet slik at forslaget dekker hele området under 100 kHz. CENELEC tillater en noe høyere eksponering enn IRPA. CENELEC's standard er ikke bindende i utgangspunktet. Eventuell implementering av CENELEC's standard som hygieniske grenseverdier vil i tilfelle måtte skje ved nasjonale lovvedtak.

*EU-kommisjonen* har fått utarbeidet forslag til direktiv på minimumskrav til helse og sikkerhet vedrørende eksponering av arbeidere for risiki forårsaket av fysiske agens. Herunder har kommisjonen i form av fire vedlegg tatt konkret stilling til h.h.v. støy, mekaniske vibrasjoner, optisk stråling samt felt og bølger. Utfra visse terskelverdier, basert på de samme forutsetninger som er benyttet av h.h.v. IRPA og CENELEC, er det beregnet hvilke tiltaksgrenser som skal gjelde m.h.p. den elektriske og den magnetiske feltkomponenten. EU-kommisjonen foreslår ikke tidsdifferensierte grenser. EU-kommisjonens forslag er imidlertid fortsatt under diskusjon og forhandlinger. Siste forslag, av 8. juli 1994, er vesentlig strengere enn både CENELECs og IRPAs forslag, og innebærer grenseverdier på halvparten av EUs eget tidligere forslag.

#### 4.12 OPPSUMMERING AV INTERNASJONALE ANBEFALINGER

Samtlige internasjonale – og overnasjonale – organer som overhodet har tatt stilling til spørsmålet, baserer sine forslag til tiltak overfor lavfrekvente elektriske og magnetiske felt, herunder grenseverdier, på det samme grunnlag:

- Eksponeringen bør ikke overstige verdier som fører til større induserte strøm-

- mer i kroppen enn dem som kroppens egne livsytringer forårsaker.
- De tar ingen stilling til hvorvidt det forekommer langtidseffekter ved eksponering for svakere felt.

Dette medfører grenseverdier som ligger langt over hva man kan bli utsatt for fra elektriske installasjoner i tilknytning til vanlige bolighus og kontorbygg, eller ved ferdsel nær kraftforsyningsinstallasjoner. Grenseverdiene er i praksis bare relevante for ulike former for kraftkrevende industri. Det er ikke utgitt hygienisk begrunnede forslag til tiltak overfor kilder som elektriske husholdningsartikler og -installasjoner, dataskjermer eller kraftforsyningsanlegg. Det internasjonale organ for klassifisering av kreftfremkallende agens (IARC) har ennå ikke tatt stilling til hvorvidt lavfrekvente felt kan karakteriseres som kreftfremkallende.

Tabellen nedenfor gir uttrykk for de grenseverdier det her er snakk om. Som det går fram av eksponeringsgrensene foreslått av IRPA i tabell 4.1, er det svært store forskjeller mellom disse grenseverdiene og de verdier som har vært knyttet til eksponering fra felt fra kraftledninger m.v. i forhold til kreft hos barn og voksne i en boligsituasjon.

Tabell 4.1: Eksponeringsgrenser foreslått av IRPA (International Radiation Protection Association) for 50 Hz elektriske og magnetiske felt

	Elektriske felt [kV/m]	Magnetiske felt [ $\mu$ T]
<b>YRKESEKSPONERING:</b>		
Hel arbeidsdag	10	500
Max. 2 timer pr. arbeidsdag		5000
Forutsatt: t 80/E	30	
Lemmer		25000
<b>PUBLIKUM:</b>		
Inntil 24 timer pr. dag	5	100
Få timer pr. dag	10	1000

Alle verdier gjelder effektiv-verdier, målt som uforstyrrede felt.

Grensene er basert på å unngå akutte effekter p.g.a. induerte strømmer. IRPA tar ikke stilling til muligheten for eventuelle langtidseffekter av eksponering for svakere felt.

## KAPITTEL 5

**Helsemessige effekter****5.1 INNLEDNING**

Dette kapittelet omtaler hvilke helseeffekter som kan tenkes å ha sammenheng med eksponering for lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. Embetsgruppen har her tatt utgangspunkt i det norske ekspertutvalgets vurdering av mai 1994 og den svenske ekspertutredningen av januar 1995. Videre har embetsgruppen bygget på tilsvarende arbeid, offentlige anbefalinger og forslag til tiltak i en rekke andre land, jf omtalen av dette i "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4 og i vedlegg 2.

Ekspertutvalgets rapport utgjør, som det er gjort rede for her, en av en rekke liknende rapporter utarbeidet i flere land. Det står betydelig ekspertise bak disse rapportene. Forvaltningen av lavfrekvente felt bør, i den grad det dreier seg om felles problematikk, harmoniseres med annen nordisk og internasjonal praksis. Embetsgruppen har derfor valgt å sammenholde ekspertutvalgets rapport med andre vurderinger som er gjengitt i "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4 samt utredninger fra flere av de involverte departementenes underliggende fagetater og å basere seg på den felles essens fra dette.

Nedenfor vil ekspertutvalgets konklusjoner for de forskjellige typer helseskader bli gjennomgått. Deretter vil det bli gitt en beskrivelse av norsk praksis for klassifisering av andre miljøfaktorer, spesielt med hensyn til kjemikaliers kreftfremkallende egenskaper. Med dette utgangspunktet følger så embetsgruppens oppsummeringer og konklusjoner.

**5.2 HELSEMESSIGE EFFEKTER – EKSPERTUTVALGETS KONKLUSJONER**

Ekspertutvalgets rapport inneholder en omfattende klargjøring av begrepene elektriske og magnetiske felt og fysiske interaksjoner mellom ulike tidsvariable felt og elektrisk ledende objekter. Rapporten tar i hovedsak for seg eksponering for svært lavfrekvente, d.v.s. nettfrekvente (50 Hz) magnetfelt og vier forholdsvis liten plass til andre eksponeringssituasjoner. Dette skyldes at eksponeringen for 50 Hz magnetfelt er den som berører det største antall mennesker over lengst tid. En rekke mistenkte negative helseeffekter er omtalt og belyst med referanse til et stort utvalg av forskningslitteratur. Mest sentralt står spørsmålet om risiko for kreft, særlig hos barn som bor i nærheten av kraftledninger. Rapporten gjengir beregninger av risikoestimer for kreft hos barn. I den forbindelse er det også foretatt beregninger av økningen i den individuelle risiko for den antatte risikogruppen sammenlignet med andre helserisiki.

I ekspertutvalgets mandat ble det stilt følgende spørsmål:

«Er det sannsynlig at elektriske og/eller magnetiske felt i det aktuelle frekvensområdet og de feltstyrker som man kan bli utsatt for i dagligliv og yrkesliv, har vesentlige helseskadelige effekter?»

I rapportens sammendrag gjengis utvalgets vurderinger av dette spørsmålet slik:

«Epidemiologiske undersøkelser taler for at leukemi forekommer oftere blant barn som vokser opp nær kraftledninger enn hos andre barn. Tilsvarende undersøkelser tyder ikke på at bosted nær kraftledninger har noe å si

for krefthyppighet hos voksne. Det er ikke entydige resultat fra epidemiologiske undersøkelser av folk som eksponeres for elektromagnetiske felt i yrket. Det finnes indikasjoner på at feltene er assosiert med en noe hyppigere forekomst av hjernekreft, leukemi og brystkreft, men her er usikkerheten svært stor.

Eksperimentelle studier har ikke gitt grunnlag for direkte konklusjoner om helseeffekter hos mennesker, men det er f.eks. vist at magnetfelt av den typen folk utsettes for i boliger og arbeidsliv kan gi biologisk effekt. -

Det har ikke vært mulig ut fra epidemiologiske studier å bestemme årsaken til økt forekomst av leukemi hos barn som vokser opp nær kraftledninger. Mange faktorer kan spille inn. Likevel mener utvalget at studiene synes å peke mest i retning av magnetfelt. → (vedlegg 4, "*Sammendrag*" i kapittel 1, side 90)

Utvalget viser i innledningen til "*Forslag til tiltak*" i kapittel 8 «Utvalgets vurderinger» til usikkerheten i evalueringen p.g.a. mangelen på konsistens i forskningsresultatene:

«Som det går frem av "*Gjeldende lovverk – ansvarlige myndigheter*" i kapittel 6, er det stor usikkerhet knyttet til i hvilken grad relativt svake lavfrekvente elektromagnetiske felt kan føre til helseeffekter. Resultatene fra de studiene som er gjort peker i ulik retning, og resultatene omhandler gjerne såvidt forskjellige systemer at de er vanskelige å sammenholde.» (vedlegg 4, "*Forslag til tiltak*" i kapittel 8, side 138)

#### *Leukemi hos barn*

Leukemi hos barn er den diagnosen som mest konsistent er blitt assosiert med kraftledninger i de epidemiologiske studiene. Ekspertutvalget konkluderer med at de epidemiologiske studiene tyder på en ca. fordoblet risiko for leukemi hos barn som bor nær kraftledninger. Om årsakssammenhengen sier ekspertutvalget bl.a.:

«Sammenhengen mellom leukemi hos barn og bolig nær kraftledninger kan ha flere årsaker. Lavfrekvente magnetfelt og lavfrekvente elektriske felt er mulige årsaker, men andre faktorer kan også spille inn. -

- Om kreftrisikoen er knyttet til egenskaper ved kraftledningen som sådan, eller om andre faktorer som spesielt rammer boliger med slik beliggenhet, er fortsatt noe uvisst. -

- På bakgrunn av en samlet vurdering av mulige årsaker til økt forekomst av leukemi blant barn som vokser opp nær kraftledninger, mener derfor utvalget at studiene synes å peke mest i retning av magnetfelt. Denne oppfatningen kan endre seg med videre forskning.» ("*Administrative og økonomiske konsekvenser*" i kapittel 9, side 150)

Ekspertutvalget påpeker videre at «nærhet til kraftledninger» kan samsvare med visse nivåer av magnetfelt, nemlig over 0,2 µT. Magnetfeltverdier i dette området har vært benyttet av de epidemiologiske undersøkelsene for å definere et skille mellom «eksponerte» og «ueksponerte» boliger, og er en relativt vilkårlig verdi. Ekspertutvalget skriver videre:

«- Det er derfor ikke riktig å si at 0,2 µT er en grenseverdi for økt kreftrisiko.

Det mest korrekte må være å si at *barn som vokser opp så nær kraftledningene at magnetfeltet er over 0,2-0,3 µT, synes å ha en høyere forekomst av leukemi enn andre barn*. I en slik formulering ligger ingen bastant påstand om at magnetfelt er årsak, men formuleringen har likevel visse klare implikasjoner.

Dersom en søker å overføre tallene 0,2-0,3  $\mu\text{T}$  til andre situasjoner enn kraftledninger, er det et langt vanskeligere problem.» (*"Administrative og økonomiske konsekvenser"* i kapittel 9, side 151)

Ekspertutvalget har gått inn på den individuelle risiko for den antatte risikogruppen, særlig i tabell 4.8.2 med tilhørende kommentarer. Tabellen sammenligner økningen i risiko for leukemi hos barn som bor nær kraftledninger med den landsgjennomsnittlige risikoen for død eller alvorlig skade i trafikken. Ekspertutvalget sier om dette:

«Betrakter vi de ulike faktorene som er angitt i tabell 8.2, ser vi at anslått individuell risiko for leukemi for et barn som vokser opp nær kraftledninger er litt mer enn halvparten av risiko for alvorlig skade i trafikken. Faren for leukemi blant barn som vokser opp nær kraftledninger er likevel større enn risiko for død eller meget alvorlig skade i trafikken. Videre er faren for leukemi blant barn som vokser opp nær kraftledninger større enn fare for død på grunn av ulykker i hjemmet og fare for død etter drukning.» (*"Forslag til tiltak"* i kapittel 8, side 145)

#### *Kreft hos voksne*

Ekspertutvalget har ikke funnet vitenskapelige holdepunkter for økt krefthyppighet hos voksne som bor nær kraftledninger. Om yrkeseksponerte sies det i sammendraget:

«Det er ikke entydige resultat fra epidemiologiske undersøkelser av folk som eksponeres for elektromagnetiske felt i yrket. Det finnes indikasjoner på at feltene er assosiert med en noe hyppigere forekomst av hjernekreft, leukemi og brystkreft, men her er usikkerheten svært stor.» (*"Sammendrag"* i kapittel 1, side 90)

#### *Abort og fosterskader*

Magnetfelt har stått i fokus som en aktuell eksponeringsfaktor i forbindelse med mistanke om økt forekomst av abort og fosterskader i yrkeslivet. I hovedsak dreier det seg om slike mistanker i forbindelse med arbeid foran dataskjerm. Ekspertutvalget sier om dette i sammendraget:

«Etter en samlet vurdering tyder omfattende epidemiologiske studier av spontanabort og medfødte misdannelser ikke på at eksponering for elektromagnetiske felt øker risikoen for dette.» (*"Sammendrag"* i kapittel 1, side 90)

Utvalget påpeker imidlertid ( 8.1.2) et behov for videre forskning på området.

#### *Depresjon og selvmord*

Ekspertutvalget finner at flere studier peker i retning av en viss sammenheng mellom depresjon og/eller selvmord og eksponering for elektromagnetiske felt, men påpeker (vedlegg 4, side 141) at hver enkelt av disse undersøkelsene har åpenbare svakheter. Ekspertutvalget ser også her et behov for videre forskning.

#### *El-overfølsomhet*

Også når det gjelder dette symptomkomplekset er forskningen svak. Ekspertutvalget trekker den konklusjonen (vedlegg 4, side 142) at «reaksjonene i all vesentlighet

*synes å måtte klassifiseres som psykosomatiske», men utelukker ikke at symptomkomplekset i enkelte tilfeller kan ha opphav i elektromagnetiske felt.*

### 5.3 GENERELT OM KARAKTERISERING AV STOFFER OG ANDRE FAKTORER SOM KAN FØRE TIL HELSESKADER

Når forskningen indikerer at gitte faktorer i våre omgivelser kan ha negative helsemessige effekter, er det fortsatt lang vei igjen før man kan ta stilling til eventuelle tiltak. Problemstillingen er felles for en rekke områder, fra nytelsesmidler og næringsmidler til ulike stoffer og forhold i menneskers omgivelser.

For å få en ekspertvurdering av dette komplekse området, har embetsgruppen bedt Statens institutt for folkehelse (Folkehelsa), Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) og Laboratorium for miljø og yrkesbetinget kreft ved Radiumhospitalet (LAMYK) om en utredning om hvilke retningslinjer man vanligvis følger når det gjelder vurdering av helsefare knyttet til kjemiske stoffer i dagligliv og yrke. Disse vurderingene som er gjengitt i "*Kreftfremkallende kjemikalier*" i avsnittene 5.3.1 og "*Toksikologisk klassifisering av elektromagnetiske felt*" i 5.3.2 står for disse institusjonenes regning, men embetsgruppen har lagt dem til grunn for sine senere konklusjoner og anbefalinger sammen med øvrige ekspertvurderinger.

#### 5.3.1 Kreftfremkallende kjemikalier

For kjemiske stoffer og stoffblandinger er det etablert rutiner for å vurdere muligheten for helsefare i befolkningen, og når det gjelder elektromagnetiske felt kan man i noen grad benytte erfaringer fra disse områdene. Nedenfor følger en kort omtale av prinsippene som benyttes for vurdering av kjemikaliers helseskadende egenskaper. Spesielt vil grunnlaget for kreftfremkallende evne bli omtalt, siden kreft er et sentralt spørsmål også når det gjelder elektromagnetiske felt. De fleste land følger langt på vei vurderingene til WHO's internasjonale organisasjon for kreftforskning (IARC), og det vil bli gitt en kort beskrivelse av hvordan IARC evaluerer forskningsdata om kreft. (IARC har til nå ikke gjennomført noen vurdering av mulig kreftfare knyttet til eksponering for elektromagnetiske felter, men et møte om dette vil bli avholdt i oktober 1995.) Det vises ellers til omtalen av IARC i "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4 foran.

På grunnlag av foreliggende data om kjemikalier og andre påvirkninger foretar de enkelte lands myndigheter en vurdering av risiko knyttet til dem. Norske regler ligner mye på dem man anvender i EØS-systemet (Rådsforordning (EØF) nr. 793/93 av 23. mars 1993 om vurdering og kontroll av risikoer ved eksisterende stoffer). Prosessen kan formelt deles opp i 4 trinn:

Først vurderes det om den angjeldende faktor har et helseskadende potensiale ved at faktorens effekter påvises ved epidemiologiske eller eksperimentelle studier (*skadeidentifisering*). Dernest klarlegges sammenhengen mellom påvirkningsgrad og skadegrad (*dose-responsvurdering*). Så kartlegges den aktuelle eksponering ut fra størrelse, varighet og hyppighet av eksponeringen, og hvem som er eksponert (*eksponeringsvurdering*). Til slutt angis sannsynligheten for helseskade ved en gitt eksponering i en gitt befolkning ved å sammenholde effekt- og eksponeringsinformasjon (*risikokarakterisering*). En risiko kan karakteriseres i absolutte tall for et helseutfall pr. tidsenhet eller i relative tall pr. tidsenhet. Risikoen bør også angi *usikkerhetene* i vurderingene.

Når det gjelder trinn 1 i denne prosessen, har norske helse-, miljøvern- og arbeidsmiljømyndigheter etablert kriterier for bedømmelse av kreftfremkallende virkning. Vurderingene bygger på resultater fra epidemiologiske studier, dyrefor-

søk og såkalte korttidstester (se nedenfor), og ut fra slike data trekkes det en konklusjon om hvorvidt et stoff skal klassifiseres som kreftfremkallende eller ikke. Kriteriene er kortfattet gjengitt nedenfor:

### Klassifisering av kreftfremkallende stoffer i Norge

*Kriterier for klassifisering som sikkert kreftfremkallende:*

1. Kreftfremkallende effekt i epidemiologiske undersøkelser, eller
2. Sikker kreftfremkallende effekt i:
  3. - 2 pattedyrarter, eller
  4. - en pattedyrart i gjentatt forsøk, eller
5. Sikker kreftfremkallende effekt i en art, støttet av effekt i korttidsundersøkelser

(Minst ett av kriteriene 1, 2, 3 må være oppfylt.)

Liknende kriterier benyttes i en rekke andre land.

Epidemiologiske studier utgjør et hovedgrunnlag ved klassifisering av et kjemisk stoff som kreftfremkallende, og et sikkert svar i en slik undersøkelse vil alltid bli tillagt stor vekt. Et generelt problem med epidemiologiske studier er at de oftest ikke kan gi sikre svar på årsaken til økt sykkelighet blant en gruppe individer, de kan vanligvis bare angi sammenhenger. Et annet problem er at de er lite sensitive. Med dette menes at svake økninger i sykkelighet ikke vil kunne avsløres, med mindre det er tale om store epidemiologiske undersøkelser som omfatter et stort antall individer. Dersom det er vanskelig å bestemme hvem som er eksponert, og hvem som ikke er det, kan en økt sykkelighet «forsvinne» i tallmaterialet. Et ytterligere problem med epidemiologiske studier er at slike undersøkelser bare registrerer økt sykkelighet som allerede er oppstått. I mange tilfeller er det aktuelt å studere mulige helsevirkninger av miljøfaktorer før de er oppstått, f.eks. ved vurdering av nye og uprøvde kjemikalier. I slike tilfeller er epidemiologi selvsagt uegnet.

Det er derfor vanlig at man må støtte seg til eksperimenter med forsøksdyr, vanligvis mus og rotter. Eksperimenter for å avsløre kreft i forsøksdyr er omfattende og kostbare, og det tar som regel minst 3-4 år fra forsøket starter til resultatene foreligger. Dersom et stoff fører til økt forekomst av kreft i ett dyreforsøk, vil man vanligvis kreve at det bekreftes, ved et gjentatt forsøk i samme eller annen dyreart, eller ved at funnene støttes av korttidsstudier (effekter på celler i laboratoriekultur, eller på organer/celler isolert fra dyr som er behandlet). Korttidsstudier vil også ofte gi verdifull kunnskap om virkningsmekanisme, og dette utgjør et meget viktig grunnlag for å trekke konklusjoner om årsak/virkning i epidemiologiske undersøkelser.

Organisasjonen IARCs viktigste rolle i dette arbeidet er å vurdere og gradere alle data som foreligger om et stoffs mulige kreftfremkallende evne. Dette er ofte et svært omfattende og komplisert arbeid, siden epidemiologiske undersøkelser og eksperimentelle studier skal vurderes både med hensyn til kvalitet og utsagnskraft. Når det gjelder data som foreligger om mennesker, sammenfatter og klassifiserer IARC dem i 4 forskjellige kategorier, etter hvor sterke holdepunktene er for en kreftfremkallende virkning:

1. Det er *tilstrekkelige holdepunkter for kreftfremkallende virkning*. Med dette menes at man kan slutte med rimelig grad av sikkerhet at påvirkningen virkelig er årsaken til kreft.
2. Det er *begrensede holdepunkter for kreftfremkallende virkning*. Med dette menes at man har funnet samvariasjon mellom en påvirkning og kreft, og en årsakssammenheng vurderes som sannsynlig; imidlertid kan man ikke utelukke at tilfeldigheter eller andre ukjente faktorer kan ha hatt betydning for resultatet.
3. Det er *usikre holdepunkter for kreftfremkallende virkning*. Med dette menes at

de studiene som foreligger har mangler (vedr. kvalitet, konsistens eller statistisk signifikans) som gjør at man ikke kan slutte at det foreligger noen årsakssammenheng.

4. Det er *ikke holdepunkter for en kreftfremkallende virkning*. Med dette menes at flere gode studier viser entydig at noen signifikant kreftfremkallende virkning ikke er til stede (denne kategorien er alltid knyttet til definerte kreftformer, og til den form for eksponering som er blitt studert).

Studier som har undersøkt kreft i forsøksdyr blir sammenfattet og klassifisert av IARC på liknende måte.

Alle foreliggende data (epidemiologiske studier, dyreeksperimenter, kjennskap til kjemiske egenskaper etc.) utgjør grunnlaget for IARCs totalvurdering av hvorvidt et stoff, en stoffblanding eller en eksponering som mennesker utsettes for, kan forventes å føre til kreft. Totalvurderingen medfører en klassifisering i en av flere forskjellige grupper:

- Gruppe 1 (Sikkert kreftfremkallende for mennesker)
- Gruppe 2 (2a: Sannsynligvis kreftfremkallende for mennesker, og 2b: Muligens kreftfremkallende for mennesker)
- Gruppe 3 (Ingen holdepunkter for kreftfremkallende virkning)
- Gruppe 4 (Sannsynligvis ikke kreftfremkallende for mennesker)

Det er strengt vitenskapelige vurderinger som er beskrevet her. IARC presiserer selv at andre elementer (sosioøkonomiske forhold og nasjonale prioriteringer) vil være avgjørende for hvilke reguleringstiltak en nasjon eller en organisasjon velger å gjennomføre.

Norske myndigheters vurdering av stoffers kreftfremkallende evne vil bare unntaksvis avvike fra IARCs.

De øvrige trinn i klassifiseringsprosessen avhenger bl.a. av kunnskap om *hvordan* et stoff virker. Det finnes forskjellige typer mekanismer for hvordan et stoff kan føre til kreft, og hvilken mekanisme som er mest aktuell å kunne ha betydning for beregning av den totale helserisikoen. Dette er illustrert nedenfor:

## Mekanismer for kreft fra kjemikalier

### Vurdering av helserisiko

#### Sannsynlig ikke-terskel mekanisme

- Genskadende stoffer
- Enhver eksponering medfører en viss grad av risiko
- >Lineær sammenheng mellom dose og respons i lavdose-området
- Definert lav risiko kan angis å være tolererbar

#### Sannsynlig terskel mekanisme

- Mange ikke-genskadende stoffer
- Måldose-konsentrasjon må over et visst nivå før effekten utløses
- Et nulleffektnivå kan ofte angis
- Nulleffektnivået divideres med en usikkerhetsfaktor for å komme frem til akseptable eksponeringsnivåer

Mange kreftfremkallende stoffer er *gentoksiske* (dvs. virker på arvestoffet DNA). Disse virker sannsynligvis ved først å gi skader i DNA som kan bli til mutasjoner (dvs. permanente endringer i DNA) i kritiske gener for kreftutvikling. For slike faktorer antar man at det ikke er en dose-terskel for effekt, idet enhver eksponering



fører med seg en viss risikoøkning. Selv ved lave doser antar man at det er en lineær sammenheng mellom dose og respons. I slike tilfeller vil antallet helseskader totalt i befolkningen være det samme i følgende to tenkte situasjoner: 1) En liten gruppe er eksponert for et aktuelt stoff; eller 2) f.eks. 100 ganger så mange mennesker er utsatt for 1% av den samme eksponeringen.

For de gentoksiske kreftfremkallende faktorer kan altså risikofrie eksponeringer i prinsippet ikke angis, men man kan vurdere et visst, lavt risikonivå som tolererbart. WHO har benyttet et livstids risikonivå på 1:100.000 ( $1 \cdot 10^{-5}$ ) som tolererbart for kreftfremkallende enkeltstoffer i drikkevann, jf nedenfor:

### Risikonivå ved eksponering for drikkevannsforurensninger

*WHOs retningslinjer:*

Gjelder genskadende kreftfremkallende stoffer:-

En eksponering anses som tolererbart dersom den medfører en livstids tilleggsrisiko på mindre enn 1 tilfelle pr 100.000 ( $1 \cdot 10^{-5}$ ) i befolkningen-

-

Antall tilleggstilfeller kreft ved dette risikonivå pr år:-

Livstids kreftrisiko · antall eksponerte (Norges befolkning)  
/ levealder =  $10^{-5} \cdot 4,2 \cdot 10^6 / 70 = 0,6$  tilfeller-Hva

anses som tolererbart risiko for andre gentoksiske enkeltfaktorer kan være høyere. F.eks. anbefaler den internasjonale strålevernkommissjon (ICRP) 1 mSv som øvre grense for strålebelastning pr. år for normalbefolkningen. Denne dosen antas å gi en tilleggsrisiko for kreft på omkring  $8 \cdot 10^{-5}$ . Dette gjelder imidlertid for ioniserende stråling, som ikke er sammenlignbar med lavfrekvente elektromagnetiske felt.

En prinsipielt forskjellig virkningsmekanisme gjelder for *ikke-gentoksiske stoffer*. Slike faktorer utløser kreft indirekte ved at de stimulerer framvekst av celler med permanent initierte DNA-skader (spontant induert eller induert av andre gentoksiske faktorer). Man antar at de indirekte virkende kreftfremkallende faktorer har doseterskel for sine virkninger, det vil si at dosen må overstige et visst nivå før den kreftfremkallende responsen utløses.

Dersom eksponering for et ikke-gentoksiske stoff forekommer ved tilstrekkelig lave doser, kan de resulterende helseskadene totalt sett være lik null når det foreligger en terskeeffekt; dette gjelder selv om antallet mennesker som er eksponert er stort. Problemet blir da å bestemme det eksponeringsnivået som kan anses som «sikkert», dvs. tolererbart. For ikke-gentoksiske kreftfremkallende faktorer som framviser en doseterskel vil man gå frem på følgende måte i risikovurderingssammenheng: Først bestemmes et såkalt nulleffektnivå, det vil si den høyeste dose som ikke har gitt noen respons i epidemiologiske eller langtids eksperimentelle studier. Dernest divideres nulleffektnivået med en usikkerhetsfaktor (bl.a. for å ivareta forskjeller mellom dyr og mennesker). På dette grunnlaget kan man komme frem til et risikofritt eksponeringsnivå, eller et nivå som anses som tolererbart.

#### 5.3.2 Toksikologisk klassifisering av elektromagnetiske felt

IARC's kriterier for toksikologisk klassifisering gjelder for kjemisk eksponering. Som omtalt foran har IARC til nå ikke gjennomført noen vurdering av mulig kreftfare knyttet til eksponering for elektromagnetiske felt. Vurderingen nedenfor er foretatt av Folkehelse, LAMYK og STAMI i samråd med Strålevernet og i henhold til de kriterier som gjelder for kjemiske stoffer. Det knytter seg imidlertid stor usikkerhet til om de samme kriterier kan anvendes for klassifisering av lavfrekvente

elektromagnetiske felt, hvor ikke bare styrke, men også frekvens, retning og andre forhold kommer inn.

Folkehelsa, LAMYK, STAMI og Strålevernet legger vekt på at det ikke er publisert dyreeksperimentelle studier som gir holdepunkter for at elektromagnetiske felter kan føre til kreft, og de foreliggende humandata får dermed en særlig betydning. De epidemiologiske studiene gir imidlertid ikke et entydig svar. Flere av studiene har metodologiske svakheter. Det største problemet for slik klassifisering gjelder tallfesting av eksponeringen for elektromagnetiske felt for de berørte personene i det aktuelle tidsrom (d.v.s. mange år). I mangel av direkte målinger av elektromagnetiske felt er det benyttet beregnede verdier; alternativt er eksponering definert som en *avstand* til kraftledninger, eller til strømførende ledninger av forskjellige kategorier (s.k. wiring code), jf vedlegg 2. Data tyder på at avstand kan være et sikrere mål på eksponering enn beregnede og målte verdier.

Dersom man tar utgangspunkt i samme terminologi og kriterier som er beskrevet for kreftfremkallende stoffer og påvirkninger i "*Kreftfremkallende kjemikalier*" i avsnitt 5.3.1, og benytter dette på det forskningsmaterialet som foreligger, får man følgende konklusjoner:

1. **Skadeidentifisering:**

Det er *usikre holdepunkter* for at lavfrekvente magnetiske felt – i den størrelse som forekommer nær kraftledninger – er kreftfremkallende for mennesker.

Det er *begrensede holdepunkter* for at det å bo nær kraftlinjer er *kreftfremkallende for mennesker*, idet det i flere studier er funnet økt hyppighet av leukemi hos barn.

Det er *ikke holdepunkter* for at lavfrekvente magnetiske felt fører til kreft i forsøksdyr.

Det foreligger ikke resultater fra korttidstester eller *in vitro*(laboratorie)-eksperimenter som underbygger de epidemiologiske studiene, eller som gjør det mulig å trekke konklusjoner med hensyn til virkningsmekanisme(r) for lavfrekvente magnetiske felt, evt. nærhet til kraftlinjer.

2. **Dose-respons-vurdering:**

Epidemiologiske undersøkelser antyder en overhyppighet av barneleukemi (Relativ risiko [RR]=2), for bosted nær kraftlinjer. Det foreligger indikasjoner på at tilleggs-risiko for leukemi avtar med økende avstand til kraftlinjer, men data for dette er usikre. En dose-respons-sammenheng kan dermed ikke angis nærmere.

Forutsetter man at økt leukemirisiko virkelig er knyttet til lavfrekvente elektromagnetiske felter, er det stor mangel på kunnskap om *hvilke egenskaper* ved feltene (frekvens, maksimalverdi versus gjennomsnitt, døgnvariasjon etc.) som har betydning for helseskade. Dosimetrien (dvs. bestemmelse av styrken på eksponeringen) er dermed usikker, og det er ikke kjent om eventuelle helseeffekter bare inntreffer når feltene overstiger visse terskler.

3. **Eksponeringsvurdering:**

Slik det kreftfremkallende «stoffet» eller situasjonen er definert her, utgjøres eksponeringen strengt tatt av *avstand til kraftledning*. Dette er en størrelse som er relativt lett å bestemme, for en bestemt kraftledning. De berørte gruppene kan derfor defineres godt, forutsatt at man har gode bostedsregistre og gode data for plassering av kraftledninger.

Dersom eksponeringen knyttes til styrken på de lavfrekvente elektromagnetiske felter i seg selv, eller til en nærmere spesifisert egenskap ved dem, er den eksponerte gruppen svært vanskelig å definere. Selv i undersøkelser der det elektromagnetiske feltet måles med bærbar, integrerende dosimetre, kan det være vanskelig å angi relevant eksponering. Man har ikke tilstrekkelig kjennskap til

den eller de fysiske parametrene som har størst betydning.

4. **Risikokarakterisering:**

Den manglende dose-respons-sammenhengen fører til at det er beheftet med store usikkerheter å kvantifisere antall helseskader som nærhet til kraftlinjer kan føre til. Ekspertutvalget anslår at bosted nær kraftledninger kan føre til en fordobling av risikoen for leukemi blant barn, og at ca. 1% av norske barn i alderen 0-14 år bor nær kraftledninger slik at de er utsatt for denne tilleggssrisikoen. På dette grunnlaget kan man beregne risiki for både den eksponerte gruppen og for hele befolkningen (kollektiv risiko).

**Risiko for den eksponerte gruppen.**

Den gjennomsnittlige risikoen for barneleukemi er ca. 4 pr. 100.000 ( $4 \cdot 10^{-5}$ ) pr. år. En fordobling betyr derfor en tilleggssrisiko på  $4 \cdot 10^{-5}$  pr. år. Den samlede «livstidsrisikoen» må summeres over 15 år, hvilket gir en økt «livstids-tilleggssrisiko» ved å bo nær kraftledninger lik  $60 \cdot 10^{-5}$ .

*Dette er høyere enn WHO's retningslinjer for tolererbar livstidsrisiko som gjelder f.eks. enkeltstoffer i drikkevann. Risikonivået kan dermed tilsi at tiltak bør vurderes.*

**Kollektiv risiko.**

Man må anta at antall barneleukemier pr. år fordobles bare blant den del av befolkningen som bor nær kraftledninger. Dette er ifølge ekspertutvalget ca. 1% av befolkningen, eller ca. 8000 barn. I denne gruppen vil man da forvente ca. 0,3 ekstra tilfeller pr. år. Regnet i forhold til alle barn i befolkningen (800 000) betyr dette en økt risiko tilsvarende ca.  $0,04 \cdot 10^{-5}$  pr. år, mens «livstids-tilleggssrisikoen» (15 år) blir lik  $0,6 \cdot 10^{-5}$ .

*Dette er lavere enn WHO's retningslinjer for tolererbar livstidsrisiko (se foran), og tilsier dermed at tiltak på kollektiv basis ikke behøver å vurderes.*

Når det gjelder andre kreftformer enn leukemi blant barn, er det ikke holdepunkter for at lavfrekvente magnetfelt (i eller utenfor yrke) fører til noen økning.

Det framgår av denne vurderingen at økt forekomst av leukemi blant barn kan knyttes til *bosted nær kraftledninger*, mens det er svakere holdepunkter for at *lavfrekvente magnetiske felt* virkelig er årsaken. Dette illustrerer at de epidemiologiske studiene er usikre, og at andre risikofaktorer kan ha spilt en rolle. I de få epidemiologiske studiene som har funnet slike faktorer, har man ikke registrert at de har påvirket resultatet. Leukemi kan forårsakes av enkelte kjemikalier og av ioniserende stråling, og leukemi opptrer betydelig hyppigere blant personer som har enkelte arvelige (sjeldne) sykdommer.

Embetsgruppen tar utgangspunkt i at Folkehelse, LAMYK, STAMI og Strålevernet presiserer ut fra ovenstående redegjørelse at det ikke eksisterer noen sikker (årsaks)sammenheng mellom økt leukemiforekomst blant barn og eksponering for lavfrekvente magnetiske felt fra kraftledninger. Dette bekreftes av andre ekspertvurderinger jf f.eks. den norske og den svenske.

Sammenlignet med flere andre miljøfaktorer som kan føre til kreft (ioniserende stråling, sol-lys, eksponering for en rekke kreftfremkallende kjemikalier) er grunnlaget for å bestemme et dose-mål og å angi en risiko *meget mangelfullt*.

Det kan være illustrerende å se disse anslagene i forhold til andre helserisiki. For en rekke miljøfaktorer har man god kunnskap om skadeomfanget, f.eks. i form av antall dødsfall pr år. Tabellen nedenfor viser tall for aktiv røyking, passiv røyking, radon og asbest:

Tabell 5.1: Dødelighetsrisiko relatert til eksponering for noen omgivelsesfaktorer i Norge

Faktorer/dødsårsak	Dødsfall pr. år
Aktiv tobakksrøyking, totalt	7.500
Aktiv tobakksrøyking, kreft	1.900
Aktiv tobakksrøyking, hjerte-/karsykdommer	4.200
Aktiv tobakksrøyking, luftveissykdommer	1.400
Passiv røyking, totalt	300-500
Passiv røyking, kreft	50
Passiv røyking, hjerte-/karsykdommer	250-450
Innendørs eksponering for radon, kreft	100
Yrkeseksponering for asbest, kreft	70

Omgivelsesfaktorer kan medføre lav risiko og likevel være gjenstand for tiltak. Samtidig vil vurdering av en risiko opp mot kostnadene med å redusere den i de fleste tilfeller være et godt utgangspunkt for prioritering av samfunnsmidler.

#### 5.4 EMBETSGRUPPENS VURDERING

Det spørsmålet som ble stilt i ekspertutvalgets mandat er klarest besvart i vedlegg 4, "*Sammendrag*" i kapittel 1 (side 89-90) i ekspertutvalgets rapport og gjengitt i "*Helsemessige effekter – ekspertutvalgets konklusjoner*" i avsnitt 5.2 ovenfor.

Ekspertutvalget konkluderer med at epidemiologiske undersøkelser taler for at det kan være en økt forekomst av leukemi blant barn som vokser opp nær kraftledningene. Ekspertutvalget peker dessuten på indikasjoner på hyppigere forekomst av hjernekreft, leukemi og brystkreft hos personer som blir eksponert for elektromagnetiske felt i yrket. Ekspertutvalget har etter en samlet vurdering ikke funnet at eksponering for elektromagnetiske felt øker forekomsten av misdannelser eller spontanabort. Ekspertutvalget nevner også overfølsomhet overfor elektromagnetiske felt samt depresjoner og selvmord som områder en bør skaffe mer kunnskap om. Samtidig påviser ekspertutvalget en betydelig usikkerhet. Usikkerheten ligger dels i at den eventuelle risikoøkningen er så liten og berører såvidt små grupper at den er vanskelig å kvantifisere med noen statistisk sikkerhet, selv i landsomfattende undersøkelser. Ekspertutvalget viser også til usikkerhet m.h.t. årsakssammenheng. Verken epidemiologiske eller eksperimentelle data har kunnet dokumentere noen virkningsmekanisme som kan forklare eller forutsi langtidseffekter. Dette innebærer også at det ikke er mulig å påvise hvilke typer felt eller hvilke egenskaper ved feltet som skulle kunne gi økt risiko. Man vet derfor heller ikke om det er noen form for tidsintegret eksponering eller høye enkelteksposisjoner som i tilfelle skulle være skadelige. Det finnes altså ikke grunnlag for å definere et medisinsk meningsfylt dosebegrep som grunnlag for å beregne en risiko for helseskade.

Ekspertutvalget har påpekt at magnetfelt av den typen folk utsettes for i boliger og arbeidsliv muligens kan gi biologisk effekt. Det er i denne sammenheng viktig å være klar over at en påvirkning godt kan ha en objektiv biologisk virkning uten at dette slår ut i en helseeffekt. En sammenligning: Synsprosessen er en biologisk virkning av lysstråling, men uten noen direkte negative helsemessige konsekvenser.

Ekspertutvalgets konklusjoner sammenfaller i det alt vesentlige med konklusjonene i rapporter fra liknende utvalg i andre land, som f.eks. Danmark, Sverige og

Storbritannia. En felles konklusjon som kan trekkes ut fra disse ulike utredningene er:

*Verken epidemiologiske eller eksperimentelle data gir grunnlag for å klassifisere lavfrekvente elektromagnetiske felt som kreftfremkallende. Det er heller ikke funnet sikre vitenskapelige holdepunkter for at andre sykdommer, skader eller plager kan være forårsaket av elektromagnetiske felt av en art og styrke som man kan bli eksponert for i dagliglivet eller i de fleste yrker. Epidemiologiske undersøkelser taler for at leukemi forekommer oftere blant barn som bor nær kraftledninger enn hos andre barn, men de foreliggende data er ikke tilstrekkelige til å avgjøre en årsakssammenheng. Avgjørende spørsmål om eventuelle biologiske virkningsmekanismer, dose-definisjon og dose-effektrelasjon er ubesvarte.*

Forskningen har ledet til en rekke hypoteser om skadelige påvirkninger fra lavfrekvente elektromagnetiske felt. Dersom man skal klassifisere slike felt, som f.eks. i h.h.t. IARC's kriterier, er det av betydning hvorvidt man kjenner en virkningsmekanisme. Gjør man ikke det, kan man likevel klassifisere en faktor som sykdomsfremkallende dersom de epidemiologiske indikasjonene er sterke nok. I forvaltningsmessig sammenheng er det også en fordel å kjenne en eventuell virkningsmekanisme, for å kunne rette tiltak mot den eller de faktorer som er av størst betydning. I mangel av noen plausibel virkningsmekanisme kan man benytte et nøytralt samlebegrep som tar hensyn til flere mistenkte faktorer.

Helse er et vidt begrep og ikke nødvendigvis begrenset bare til å bety fravær av sykdom. Verdens helseorganisasjon (WHO) gir en treleddet definisjon, hvor helse både har kroppslige, psykiske og sosiale dimensjoner. Det mest studerte i forbindelse med elektromagnetiske felt er kreftutvikling, særlig fordi dette er en klart definert sykdomsgruppe, samt at det i de fleste land foreligger kreftregistrering. Mangel på epidemiologiske registre gjør forskning på f.eks. psykiske lidelser og funksjonelle plager mye vanskeligere. I et utvidet helsebegrep inngår faktorer som f.eks. velvære og harmoni, som i det hele tatt neppe lar seg registrere rimelig objektivt.

Helseproblemer kan være like reelle om man ikke kan identifisere noen fysisk eller psykisk årsak. Ekspertutvalgets rapport viser at en rekke helseproblemer kan se ut som om de er knyttet til installasjoner som er omgitt av elektriske og/eller magnetiske felt, selv om det ikke har vært mulig å påvise noen årsakssammenheng mellom disse helseproblemene og eksponering for elektromagnetiske felt. Faktorer som ubehag p.g.a. elektriske utladninger, irritasjon over støy og tekniske forstyrrelser, estetiske forhold, samt bekymring for en ikke kvantifiserbar helsefare, kan være forhold som det bør tas hensyn til ved en total vurdering av helserisiko.

De viktigste typer helseproblemer som har vært vurdert er omtalt nærmere nedenfor.

## **5.4.1 Sykdomsrisiko i boligsituasjon**

### *5.4.1.1 Kreft hos personer i boliger nær kraftledninger*

Embetsgruppens vurdering så vel som ekspertutvalgets rapport og andre utredninger har tatt utgangspunkt i publiserte data. Embetsgruppen er kjent med at det pågår en norsk epidemiologisk undersøkelse om forekomst av kreft hos barn og voksne nær kraftledninger, men pr. idag foreligger det ingen resultater.

Det er ikke påvist noen generell økning i forekomst av kreft i boliger nær kraftledninger, verken hos barn eller voksne. Ekspertutvalget har imidlertid påpekt en overhyppighet av leukemi hos barn som bor nær kraftledninger. Dersom en slik risiko er tilstede, peker et gjennomsnitt av epidemiologiske resultater mot omtrent

en fordobling av den ellers eksisterende risikoen for leukemi hos barn (0-14 år). På dette grunnlaget har Folkehelsa, LAMYK og STAMI funnet at det kriteriemessig er *begrensede holdepunkter for at det å bo nær kraftledninger er kreftfremkallende for barn*.

Med uttrykket «begrensede holdepunkter» menes, som nevnt i "*Kreftfremkallende kjemikalier*" i avsnitt 5.3.1 at en årsakssammenheng mellom en påvirkning, d.v.s. «nærhet til kraftledninger» og kreft kan være sannsynlig, men at man ikke kan utelukke at tilfældigheter eller andre ukjente faktorer kan ha hatt betydning for resultatet. En annen sak er at det kan diskuteres om det overhodet er grunnlag for å karakterisere en *situasjon* som den å bo nær en kraftledning som kreftfremkallende i mangel av kjennskap til den egentlige årsaken.

Data som Kreftregisteret har framskaffet bekrefter at relativt få barn bor nær en kraftledning. Enda viktigere er det at leukemi blant barn er en svært sjelden sykdom. I et samfunnsmedisinsk perspektiv, er derfor selv en dobling av leukemirisikoen hos barn nær kraftledninger et beskjedent problem. For den utsatte gruppen vil imidlertid en slik risikoøkning være mer påtagelig. Ekspertutvalgets angivelse av individuelle helserisiki hos barn, er derfor et verdifullt bidrag til diskusjonen om helserisiko for avgrensede befolkningsgrupper.

Sammenligningen mellom den antatte leukemiforekomsten hos barn som bor nær kraftledninger og risiko for død eller skade ved f.eks. trafikkulykker som beskrevet i tabell 4.8.2 i ekspertutvalgets rapport, halter imidlertid noe. Dels er det ikke påvist noen statistisk sikker overhyppighet av kreft totalt sett hos barn som bor nær kraftledninger. Dels vil den individuelle risiko for ulykker som f.eks. trafikk-skade åpenbart også variere sterkt med bosted. Det er derfor ikke gitt at barn som bor nær kraftledninger er utsatt for noen økt helserisiko, totalt sett i forhold til andre barn.

Hva årsaken til økt forekomst av barneleukemi angår, påpeker ekspertutvalget at de epidemiologiske forskningsresultatene peker mot eksponering for magnetfelt fra ledningene, og at barn som bor nær innpå de største ledningene er mer permanent eksponert for forhøyede magnetfelt enn andre.

*Det er etter embetsgruppens vurdering likevel ikke tilstrekkelig vitenskapelig grunnlag for å knytte det kreftfremkallende potensiale ved å bo nær kraftledninger opp mot de magnetiske feltene som omgir ledningene.*

Verken ekspertutvalget, Folkehelsa, LAMYK eller STAMI har funnet tilstrekkelige holdepunkter for å karakterisere lavfrekvente elektriske eller magnetiske felt som kreftfremkallende. De viser forøvrig til at IARC ikke ennå har vurdert hvorvidt elektromagnetiske felt kan karakteriseres som kreftfremkallende.

Den svenske ekspertgruppens rapport legger i sitt "*Historikk og nå-situasjonen i Norge*" i kapittel 3 vekt på at ikke-representativt kontrollmateriale, stort bortfall av materiale, upresis definisjon av eksponering og mangelfullt kontrollerte forvekslingsfaktorer kan føre til både falsk negative og falsk positive resultater. Som særlige forvirringsfaktorer nevnes ("*Historikk og nå-situasjonen i Norge*" i kapittel 3, side 78 – 81) sosiale forhold som kobling til røyking og annet misbruk og virusinfeksjoner.

Som motargument mot en sammenheng mellom kraftledninger og leukemirisiko har det vært anført at leukemihyppigheten ikke har økt i samfunnet i tilsvarende grad som forbruket av elektrisk energi. Dette er tillagt stor vekt både i den svenske ekspertgruppens rapport og i forvaltningen av elektromagnetiske felt i Danmark, jf omtalen i "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4 ovenfor. Det norske ekspertutvalget viser i den sammenheng i sin rapport (avsnitt 4.3.3 og "*Administrative og økonomiske konsekvenser*" i kapittel 9, side 82) til at det er et relativt lite

antall barn som bor nær store kraftledninger. Man kan derfor ikke forvente at en fordoblet risiko hos barn nær kraftledninger vil gi noen signifikant økning av leukemiraten i samfunnet totalt, selv om elektrisitetsbruken har økt påtagelig. Dette argumentet forutsetter imidlertid at magnetfelt fra en kraftledning har en vesentlig sterkere eller annerledes virkning på den menneskelige organisme enn feltene fra en mengde andre elektriske installasjoner vi omgir oss med. En slik sammenligning kompliseres ytterligere av at leukemiforekomsten kan tenkes å være påvirket av en rekke ulike faktorer, som ikke nødvendigvis endres i samme retning over tid.

Elektriske felt viser, så langt det har vært undersøkt, heller ingen sammenheng med overhyppighet av kreft. I enkelte situasjoner kan imidlertid elektriske felt forårsake direkte ubehag i form av elektriske utladninger. I det eneste tilfelle i Norge hvor en barnehage er blitt stengt på grunn av sin beliggenhet i forhold til en kraftledning, var dette fenomenet en vesentlig årsak. Dette forholdet alene kan være et motiv for å minske risikoen for eksponering fra høye elektriske felt fra kraftledninger.

Embetsgruppen har bedt Strålevernet om å gjennomgå forskningsresultatene med sikte på å identifisere eventuelle feltnivåer eller avstander som kan indikere grenser for økt risiko. Strålevernets utredning foreligger som vedlegg 2. Strålevernet har ikke funnet vitenskapelig grunnlag for å identifisere noe bestemt nivå av elektriske eller magnetiske felt ved kraftledninger som indikator for økt risiko for leukemi eller andre kreftformer hos barn eller å benytte beregnede gjennomsnitt av magnetfelt som mål for nærhet til kraftledninger. Strålevernet har heller ikke funnet grunnlag for å identifisere noen bestemt avstand fra kraftledninger som risikogrense i forhold til kreft hos barn. Embetsgruppen vil nedenfor sitere Strålevernets konklusjon:

«Årsakene til leukemi hos barn er stort sett ukjente. De eneste noenlunde sikre risikofaktorer er arvelige kromosomforandringer og eksponering for *ioniserende* stråling. En mengde andre faktorer mistenkes imidlertid for å kunne øke risikoen. Få av disse er blitt særlig grundig undersøkt.

Den litteraturen som er referert her dekker samtlige hittil publiserte epidemiologiske undersøkelser over kreft hos barn bosatt nær kraftledninger. Samlet sett viser litteraturen en økt forekomst av leukemi hos barn bosatt nær kraftledninger. Det er ikke identifisert noen bestemt faktor som forklarer denne tendensen. Hensikten med denne gjennomgangen har vært å se på hvorvidt det finnes vitenskapelig grunnlag for likevel å benytte en bestemt faktor som indikator eller grenseverdi for økt leukemi-risiko hos barn nær kraftledninger. I realiteten står valget eventuelt mellom elektromagnetiske felt og avstand til kraftledningen.

Litteraturen gir samlet sett intet grunnlag for å angi noe bestemt nivå av hverken elektriske eller magnetiske felt som indikator for økt risiko. 0,2-0,3  $\mu\text{T}$  som i flere undersøkelser er benyttet som epidemiologiske klassifikasjonskriterier, er stort sett vilkårlig valgt for å ligge over det man finner som bakgrunnsnivå i de fleste boliger. Målte magnetfelt viser ingen konsistent korrelasjon til kreftrisiko. Det er derfor ikke vitenskapelig grunnlag for å benytte noe bestemt magnetfelt-nivå som noe helsesrelatert kriterium for regulering av avstanden mellom bebyggelse og kraftledninger.

Dersom man likevel skulle benytte beregnede magnetfelt fra kraftledninger som rent administrative reguleringskriterier er det erfaringsvis stor fare for at kriteriene blir mistolket som hygieniske grenseverdier.

Utover det faktum at det ikke i noen undersøkelse er påvist økt risiko utenfor en vilkårlig valgt avstand på 50 m, er det ingen bestemt avstand som peker seg entydig ut som risiko-indikator for leukemi eller noen andre kreftformer hos barn. Likevel er begrepet «nærhet til kraftledninger» et avstandsbegrep – om enn diffust. Dette taler for å vurdere et administrativt

risiko-kriterium basert på avstand, evt. tilpasset karakteristika for ulike ledningstyper. «Kraftledninger» i denne sammenheng dekker f.eks. ikke jordkabler. Jordkabler er ikke bedømt som kilde til høy eksponering i noen av de foreliggende undersøkelsene.

Inntil nærmere kunnskap om årsaksforholdene foreligger, fører uklare forskningsresultater og upresise eksponeringsdata til at det ikke er mulig å fastlegge vitenskapelig baserte reguleringskriterier. Forvaltningsmessig håndterbarhet taler for at dersom man overhodet skal innføre restriksjoner basert på antagelsen om en økt risiko for leukemi eller evt. andre kreftformer hos barn bosatt nær kraftledninger, bør restriksjonene baseres på et avstandsbegrep.» (vedlegg 2 side 84 – 85)

*Embetsgruppens konklusjon er ut fra denne vurderingen, samt de vurderinger som det er redegjort for ovenfor, at det ikke finnes grunnlag for å klassifisere eksponering for lavfrekvente magnetiske eller elektriske felt som kreftfremkallende. Det er heller ikke påvist noen årsakssammenheng mellom de magnetiske feltene fra kraftledninger og økt forekomst av leukemi hos barn.*

*Forvaltningsmessig sett, i lys av et utvidet helsebegrep som omtalt ovenfor, mener embetsgruppen at det likevel kan være hensiktsmessig å klassifisere visse områder nær kraftledninger som mer risikofylte enn andre. En slik klassifisering bør i så fall ta utgangspunkt i avstand, som tar hensyn til flere mulige årsaksfaktorer.*

#### 5.4.1.2 Depresjon og selvmord

Depresjoner og/eller selvmord er et stort og komplisert problemområde. En rekke faktorer spiller inn. Mange årsaker er så åpenbart av personlig karakter at det kan gi grunnlag for å sette inn spesifikke individuelle tiltak. Hvorvidt eksponering for elektromagnetiske felt i tillegg er noen faktor av betydning i en slik sammenheng, gir det foreliggende forskningsmaterialet ikke noe svar på.

### 5.4.2 Helseskader i yrkessituasjon

I yrkeslivet er det mange forhold som kan være opphav til sykdom, og som derved kan føre til misvisende resultater i epidemiologiske studier. I de fleste undersøkelsene av «elektriske yrker» har man ikke kunnet beregne eksponeringen for elektromagnetiske felt i detalj. I stedet har man sett på risikoen i forskjellige yrker i forhold til totalbefolkningen. Selv om det i noen studier er funnet økt sykdomsforekomst innen de aktuelle yrkesgruppene, har man mangelfull innsikt om selve sykdomsårsaken. Man har derfor ikke tilstrekkelig grunnlag til å trekke noen slutning om at det er feltene som er årsak. Man kan ikke utelukke at det er helt andre eksponeringsfaktorer i arbeidssituasjonen som er av betydning. Dette er velkjente problemer ved denne type undersøkelser.

#### 5.4.2.1 Kreft i «elektriske yrker»

Ekspertutvalget viser til en tendens til overhyppighet av visse kreftformer i såkalte «elektriske yrker». Noen epidemiologiske undersøkelser har vist en overhyppighet av kreft blant arbeidstakere som i arbeidet er utsatt for elektriske og magnetiske felt, i andre undersøkelser er det ikke funnet noen overrisiko.

Det er få undersøkelser som har analysert sykdomsforekomst i forhold til reell beregnet eller målt eksponisjon for statiske eller lavfrekvente felt. De resultatene som foreligger hittil fra denne typen undersøkelser viser ikke noe konsistent bilde.



Noen entydig konklusjon på dette punktet er heller ikke gitt i ekspertutvalgets rapport.

Et moment som taler for en årsakssammenheng mellom sterke elektromagnetiske felt i enkelte yrker og kreftforekomst, er økt forekomst av synlige kromosomskader i blodprøver (ekspertutvalgets rapport, side 120). Eksperimentelle undersøkelser tyder på at slike kromosomskader kan komme av sterke strømstøt, som f.eks. gnistutladninger. På den annen side er det også vist økt forekomst av slike kromosomskader hos kreftpasienter. Økt forekomst av synlige kromosomskader er derfor en viss indikator for økt kreftrisiko i elektriske yrker.

#### 5.4.2.2 Abort og fosterskader

Samlet sett er det ikke påvist noen entydig sammenheng mellom fosterskader, evt. abort, og arbeid ved dataskjermer. Det er også meget beskjedne magnetiske feltstyrker rundt en dataarbeidsplass. En del andre arbeidsplasser har imidlertid svært høye felt og omfattes allerede idag av eksisterende forslag til retningslinjer, f.eks. fra IRPA (jf "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4). Eksempler er smelteverk, elektrolysehaller, sveising, induksjonsloddning og magnet-tomografer i helsevesenet. På mange av disse arbeidsplassene er imidlertid kvinneandelen lav, med unntak av MRI-personell i helsevesenet.

Forekomst av fosterskader i slike yrker har riktignok ikke vært undersøkt m.h.p. eksponering av gravide kvinner, antagelig p.g.a. den lave kvinneandelen i kraftkrevende industri, men eksperimentelle data antyder mulighet for fosterskader ved høy eksponering for elektromagnetiske felt. Man vet imidlertid ikke om det er noen form for tidsintegrert dose, høye enkeltdoser eller hvilken type felt som i tilfelle skulle være skadelige.

Magnetfelt blir lite påvirket av omgivelsene. Høyst sannsynlig vil også et foster bli eksponert dersom moren blir det. Foruten å bli påvirket direkte kan fosteret teoretisk sett også bli påvirket av bl.a. hormonforandringer hos moren via placenta gjennom hele svangerskapet. Det kan ikke identifiseres noen bestemt periode i svangerskapet hvor man kan se bort fra muligheten for fosterskader forårsaket av eksponering for lavfrekvente magnetfelt. På den ene side indikerer visse eksperimentelle undersøkelser av fosterutvikling, under eksponering for lavfrekvente felt, at tiden før og under implantasjonen er en «følsom periode» for skader induisert av denne typen eksponering. På den annen side finnes det argumenter for at eksponering for magnetfelt er mer betenkelig senere i svangerskapet enn tidligere.

Embetsgruppen finner det lite konsistent å vurdere tiltak i forhold til kreft hos barn i boliger nær kraftledninger, uten samtidig å vurdere tiltak for gravide i elektriske yrker, hvor i hvert fall eksponeringen for magnetfelt kan være vesentlig sterkere. I dette spørsmålet mener embetsgruppen at et foster prinsipielt må betraktes på lik linje med et barn.

På en del av de høyest eksponerte arbeidsplassene, vil det samtidig ofte være flere faktorer som tilsier at arbeidet ikke bør anbefales for gravide, f.eks. fysisk tungt arbeid, forurenset arbeidsatmosfære og høy temperatur. Dette er eksempelvis tilfelle i smelteverk.

#### 5.4.3 Andre helseskader

En rekke sykdommer og helseplager er blitt assosiert med eksponering for elektromagnetiske felt. I de fleste tilfeller dreier det seg om usystematiske observasjoner som ikke er blitt undersøkt på en vitenskapelig forsvarlig måte. I noen tilfeller er forholdet undersøkt, som f.eks. hva angår hodepine, uten at det er framkommet data

som viser at det har noe med elektromagnetiske felt å gjøre. De senere år er en viss oppmerksomhet blitt rettet mot symptomkomplekset el-overfølsomhet. Denne typen lidelse er også viet spesiell oppmerksomhet i den svenske ekspertgruppens rapport.

*El-overfølsomhet* er en betegnelse på et kompleks av helseplager som rapporteres fra et stigende antall mennesker. I sin vanligste form er det en subjektiv plage i forbindelse med arbeid ved dataskjermer. Det dreier seg mest om hudproblemer, som kløe og rødflammethet. Enkelte klager også over hodepine, tretthet, svimmelhet og andre nerverelaterte symptomer i forbindelse med arbeid ved dataskjermer. Noen få synes etterhvert å utvikle en overfølsomhet også for andre kilder til lavfrekvente elektriske og magnetiske felt, som f.eks. TV-apparater, lysrør og vanlige glødelamper m.m. Sammen med hudplager, kalles dette «overfølsomhet for elektrisitet» (i mangel av mer dekkende uttrykk).

Dersom omfanget skulle nå liknende høyder i Norge som i Sverige, vil det, uansett årsak, opptre som et ikke ubetydelig helseproblem. For enkelte av de personene det gjelder fører problemet til en sterkt redusert livskvalitet. Det har dannet seg interessegrupper av personer med denne typen helseplager i Sverige og Norge. I Sverige regner man med mellom 2.000 og 20.000 personer med denne typen problemer. I Norge er det ikke kjent noe antall. Som arbeidsmiljøproblem er el-overfølsomhet som regel knyttet til arbeidsplasser ved dataskjermer, men etter hvert også i forhold til andre kilder i arbeidsmiljøet.

Det foreligger ingen god biomedisinsk begrunnelse for noen sammenheng med eksposisjon for elektromagnetiske felt. I kontrollerte forsøk hittil har man ikke funnet personer som er i stand til å reagere på elektriske og magnetiske felt som de ikke vet om på forhånd. Forskningsresultatene tyder derfor på andre årsaksfaktorer, uten at disse ennå er avklart. Det er uklart om tilstanden er rubriserbar som allergi, selv om den ofte betegnes slik, men bedre forklaring finnes heller ikke. Selv om det kan ligge rent fysiske forhold til grunn for denne typen plager, antas den gjerne å høre inn under funksjonelle lidelser. På den annen side oppfatter majoriteten av de el-overfølsomme personene selv tilstanden som rent somatisk. Man kan ikke se bort fra at den tilstanden som idag sammenfattes under betegnelsen el-overfølsomhet i virkeligheten kan omfatte en rekke forskjellige plager, med ulik årsak eller kombinasjoner av årsaker, forskjellig fra en person til en annen. Hvorvidt det finnes noen fellesfaktor, kan bare framtidig forskning vise.

Ut fra dagens kunnskap er det ikke grunnlag for å foreslå kollektive tiltak overfor el-overfølsomhet. Usikker diagnose og årsakssammenheng gjør det vanskelig å foreskrive effektive forebyggende tiltak, særlig på kollektiv basis. Det synes derfor klart at denne gruppen er best tjent med individuell oppfølging og tiltak rettet mot de årsaker som er disponerende og utløsende for den enkelte persons plager. Den svenske ekspertgruppen viser forøvrig til enkelte forsøk med behandlings-/terapiopplegg. Forskning for å avklare hvilke fysiske påvirkningsfaktorer som eventuelt kan forårsake denne typen plager kan gi betydelig gevinst i form av forbedret arbeidsmiljø, kanskje også for personer som pr. idag ikke er bevisst plaget av problemet. Også forskning for å finne ut om det er spesielle egenskaper (fysiologiske og psykologiske) ved el-overfølsomme som skiller seg fra andre uten slike plager, vil kunne gi bedre grunnlag for forebygging, diagnose og behandling.

## 5.5 OPPSUMMERING

Samlet viser forskning og utredninger hittil få holdepunkter for at eksponering for elektromagnetiske felt av den art og styrke som man kan bli utsatt for til daglig eller i de fleste yrker, er forbundet med helsefare. Det er lave – om noen – sykdomsrisiki

som er påvist. Avgjørende spørsmål om eventuell virkningsmekanisme, definisjon av dose og forholdet mellom dose og helseeffekt står ubesvart.

### **Kollektive tiltak**

Likevel er det ett problemområde som peker seg ut, og hvor det kan være grunnlag for å vurdere kollektive tiltak:

#### *Leukemi hos barn som bor nær kraftledninger*

Dersom en slik helseeffekt er tilstede, har den ikke et tallmessig omfang som tilsier å karakterisere den som vesentlig i et samfunnsmedisinsk perspektiv. Derimot kan den representere en såpass stor økning i den individuelle helserisiko for barn som bor nær kraftledninger at det kan gi grunnlag for å vurdere kollektive tiltak.

Epidemiologiske data gir begrensede holdepunkter for å karakterisere «nærhet» til kraftledninger som kreftfremkallende for barn etter visse kriterier. Embetsgruppen mener at det ikke er vitenskapelig grunnlag for noe bestemt kriterium (avstand eller feltstyrke) som mål for en slik risiko. Det vises ellers til "[Forslag til tiltak](#)" i kapittel 8 hvor embetsgruppen foreslår tiltak for å unngå nærføring av kraftledningene til boliger, barnehager m.v.

Embetsgruppen mener ellers at faktorer som ubehag p.g.a. elektriske utladninger, støy, tekniske forstyrrelser, estetiske forhold, samt bekymring for en ennå ikke avklart helsefare bør tillegges vekt. Mange av disse faktorene kan etter embetsgruppen vurdering, fjernes eller reduseres ved hjelp av relativt enkle, tekniske tiltak. I den forbindelse er det viktig at man velger utgangspunkt for eventuelle tiltak på en slik måte at man unngår mistolkning og ukritisk overføring til situasjoner med helt andre problemstillinger.

### **Individuelle tiltak**

En rekke rapporter har påvist en liten, men signifikant overhyppighet av en del kreftformer i «*elektriske yrker*». Begrepet «elektriske yrker» er imidlertid uklart. En rekke potensielt sykdomsfremkallende faktorer i arbeidsmiljøet kan fortjene større oppmerksomhet enn elektromagnetiske felt. *Fosterskader* kan være et større problem enn spørsmålet om kreft. Problemstillingen krever imidlertid klarere forskningsresultater, og eventuelle tiltak må ses i forhold til de muligheter som foreligger på den enkelte arbeidsplass. Forøvrig praktiseres allerede internasjonale retningslinjer for maksimal eksponering for både elektriske og magnetiske felt i yrkeslivet. Embetsgruppen har likevel vurdert tiltak på dette området og kommer tilbake til dette i "[Forslag til tiltak](#)" i kapittel 8.

Helseproblemer som eventuelle *depresjoner* i eksponerte boliger eller *el-overfølsomhet* kan best håndteres ved individuelt rettede tiltak. På bakgrunn av dagens viten er det trolig lite å oppnå for personer som har denne type helseproblemer ved en uspesifikk reduksjon av magnetfeltnivåene i samfunnet. Det er grunn til å anta at man vil kunne oppnå en dypere forståelse av disse problemene med økt forskningsinnsats. Embetsgruppen viser ellers til den svenske ekspertutredningen, jf omtalen foran i dette kapitlet og til forslag til tiltak i "[Forslag til tiltak](#)" i kapittel 8 nedenfor.

## KAPITTEL 6

**Gjeldende lovverk – ansvarlige myndigheter****6.1 INNLEDNING**

Dette kapitlet tar for seg lovverk og myndigheter som blir berørt av spørsmålet om helsemessige effekter knyttet til eksponering for lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. De viktigste lovene er plan- og bygningsloven av 14. juni 1985 nr. 77, lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning og fordeling av energi mm av 29. juni 1990 nr. 50 (energiloven), lov av 11. juni 1982 nr. 66 om helsetjenesten i kommunene (kommunehelsetjenesteloven), lov av 24. mai 1929 nr. 4 om tilsyn med elektriske anlegg (tilsynsloven) og lov av 4. februar 1977 nr. 4 om arbeidervern og arbeidsmiljø (arbeidsmiljøloven). Lover som ellers kan ha betydning er lov av 11. juni 1976 nr. 79 om kontroll med produkter og forbrukertjenester (produktkontrollloven) og lov om bruk av røntgenstråler og radium mv av 18. juni 1938 nr. 1 (røntgenloven).

I det følgende gis en kort oversikt over juridiske og administrative problemstillinger knyttet til elektriske og magnetiske felt. Kapitlet gjennomgår hvilke myndigheter som er ansvarlig for å ta stilling til problemene, og hvilke muligheter gjeldende lovverk har med hensyn til å ivareta nødvendige helsemessige hensyn.

Følgende problemstillinger peker seg ut:

*Leukemi hos barn*

Folkehelsa, LAMYK og STAMI har funnet at det kriteriemessig er begrensede holdpunkter for at det å bo nær kraftlinjer er kreftfremkallende for barn. Dersom en slik helseeffekt er tilstede har den ikke et tallmessig omfang som tilsier å karakterisere den som vesentlig i et samfunnsmedisinsk perspektiv. Derimot kan den representere en såpass stor økning i den individuelle helserisiko for barn som bor nær kraftledninger, at det kan være grunn til å vurdere tiltak.

*Kreft hos voksne i «elektriske yrker»*

Det er påvist en liten, men signifikant, overhyppighet av visse kreftformer i «elektriske yrker». Begrepet elektriske yrker er imidlertid uklart og utgjør en svært uensartet yrkesgruppe. En rekke potensielt sykdomsfremkallende faktorer i arbeidsmiljøet kan derfor fortjene større oppmerksomhet enn elektromagnetiske felt.

*Abort og fosterskade*

I «elektriske yrker» kan fosterskader være et større problem enn spørsmålet om kreft. Samlet sett er det likevel ikke påvist noen entydig sammenheng mellom fosterskader/abort og arbeid ved dataskjermer. Det er imidlertid meget beskjedne magnetiske felt rundt en dataarbeidsplass. Forekomst av fosterskader i yrker med svært høye felt har ikke vært undersøkt m.h.t. eksponering av gravide kvinner, men eksperimentelle data antyder mulighet for fosterskader ved høy eksponering for elektromagnetiske felt. I den grad kvinner er aktive i slike yrker kan det derfor være grunn til å være oppmerksom på mulighet for fosterskade. Her behandles gravide kvinner under gruppen voksne i «elektriske yrker».

### *Andre helseplager*

En rekke sykdommer og helseplager er blitt assosiert med eksponering for elektromagnetiske felt.

Problemkomplekset el-overfølsomhet er betegnelsen på en rekke ulike helseplager. Det kan være hudplager som kløe og rødflammethet, samt hodepine, tretthet eller svimmelhet, og andre plager.

På grunn av usikker diagnose og årsakssammenheng er det vanskelig å foreskrive tiltak på kollektiv basis for denne gruppen. Det synes som om personer med denne typen plager er best tjent med individuell oppfølging og individuelle tiltak. De alminnelige bestemmelser i trygde-, sosial- og helselovgivningen gjelder for disse som for andre.

## **6.2 BOSTED NÆR KRAFTLEDNINGER**

### **6.2.1 Bygging av nye boliger ved eksisterende kraftledninger**

#### **Forvaltningsmyndighet**

**Miljøverndepartementet** har forvaltningsansvaret for planbestemmelsene i plan- og bygningsloven.

**Sosial- og helsedepartementet** har forvaltningsansvaret for kommunehelsetjenesteloven og røntgenloven. Departementet utøver myndighet og har ansvaret for kompetanseutvikling på området lavfrekvente elektriske og magnetiske felt og spørsmålet om helseeffekter. Statens strålevern er departementets fagmyndighet på området.

**Statens strålevern** har ansvaret for å føre tilsyn med bruk av kilder, å overvåke naturlig og kunstig stråling i miljø og yrkesliv, samt å øke kunnskapen om forekomst og effekter av stråling. Strålevernet foretar utredninger og gjør vitenskapelige undersøkelser på området for å sikre at forvaltningen hviler på en trygg faglig grunn. Dette er oppgaver som tidligere ble delt mellom Statens institutt for stålehygiene, Statens atomtilsyn og Helsedirektoratet. Når det gjelder lavfrekvente elektromagnetiske felt er Stålevernets oppgaver først og fremst å forske på og utrede art og omfang av helseeffekter. Strålevernet bidrar i tillegg med råd og anbefalinger til andre offentlige organer og det alminnelige publikum.

**Kommunal- og arbeidsdepartementet** har ansvaret for byggesaksdelen av plan- og bygningsloven og har som underliggende fagorgan Statens bygningstekniske etat, jf omtalen nedenfor.

**Statens bygningstekniske etat** skal styrke myndighetenes innsikt i forhold som gjelder bygningsbransjene og stimulere til samarbeid mellom myndigheter og bransjene. Etaten har forvaltningsmyndighet når det gjelder blant annet tolkning av byggeforskriften under behandling av byggesaker, og godkjenning og klassifisering av bygningsmateriale og konstruksjoner. Veiledning om det offentlige regelverket på bygningsområdet er også en sentral del av arbeidsfeltet.

I relasjon til plan- og bygningslovgivingen og/eller det innendørs bomiljøet, kan tiltak mot helseskader av elektromagnetiske felt utformes, som blant annet skjermingskrav av elektriske innretninger eller installasjoner samt ledningsnett. Eventuelt kan det utformes krav til avstand til eller skjerming av utendørs kraftledninger mv som kan skape de aktuelle felt. Det kan også være aktuelt å rette slike krav/anbefalinger mot bestemte kategorier bygg eller arealer, f.eks. der barn oppholder seg mye. Det planlegges imidlertid ikke slike tiltak fra bygningsmyndighetens side før helsemyndighetene har vurdert at det er grunnlag for å innføre eventuelle grenseverdier for helsefare ved elektromagnetiske felt mv.

## Plan- og bygningsloven

### *Krav om kommuneplan*

Plan- og bygningsloven bestemmer at kommunene skal utføre en løpende kommuneplanlegging. Det er tre typer planer. *Kommuneplanen* er en oversiktsplan som omfatter alt areal i kommunen, og som skal legges til grunn ved planlegging, forvaltning og utbygging. En *reguleringsplan* er en detaljplan som regulerer utnytting og vern av grunn, vassdrag, sjøområder, bebyggelse og det ytre miljø i bestemte områder innenfor kommunen. En *bebyggelsesplan* er en detaljplan som gir utfyllende bestemmelser om arealdelen i kommuneplanen.

I utbyggingsområder kan det være ønskelig at utbygging bare kan skje etter en detaljplan. Plan- og bygningsloven § 23 bestemmer at det skal utarbeides reguleringsplan for de områder i kommunen hvor det er bestemt i arealdelen av kommuneplanen at utbygging mv bare kan skje etter slik plan, og for områder hvor det skal gjennomføres større bygge- og anleggsarbeider. Byggetillatelse til større bygge- og anleggsarbeider kan ikke gis før det foreligger reguleringsplan.

### *Kort beskrivelse av planprosessen*

Hovedtrekkene i planprosessen er i stor grad felles for de tre plantypene.

### *Utarbeidelse av planforslag:*

I hver kommune skal det utarbeides en kommuneplan, plan- og bygningsloven § 20-1 annet ledd, plan- og bygningsloven § 27-1 nr. 1 for reguleringsplan og § 28-2 for bebyggelsesplan.

### *Kunngjøring og varsel til allmennheten:*

I god tid før utkast til kommuneplan behandles i kommunestyret skal kommunen sørge for å gjøre de mest aktuelle spørsmål i planarbeidet kjent slik at de kan bli gjenstand for offentlig debatt, jf plan- og bygningsloven § 20-5. For utarbeidning av reguleringsplan og bebyggelsesplan gjelder plan- og bygningsloven § 27-1 nr. 1 annet ledd og § 28-2 tredje ledd.

### *Samråd med berørte interesser:*

Kommunen skal på et tidlig tidspunkt under forberedelsen søke samarbeid med offentlige myndigheter, organisasjoner mv som har særlige interesser i kommuneplanarbeidet, jf plan- og bygningsloven § 20-2 annet ledd, plan- og bygningsloven §§ 27-1 nr. 1 fjerde ledd og § 28-2 tredje ledd, for såvidt gjelder reguleringsplan og bebyggelsesplan.

### *Høring:*

Fristen for å avgi uttalelse må ikke være kortere enn 30 dager, plan- og bygningsloven § 20-5 annet ledd for kommuneplan, § 27-1 nr. 2 for reguleringsplan og § 28-2 fjerde ledd for bebyggelsesplan.

### *Vedtak:*

Kommuneplanen vedtas av kommunestyret, eventuelt etter justering av planen på bakgrunn av innkomne høringsuttalelser, plan- og bygningsloven § 20-5 og § 27-2

nr. 1 for reguleringsplan. Bebyggelsesplan vedtas av det faste utvalg for plansaker, plan- og bygningsloven § 28-2.

Dersom det ikke foreligger innsigelser til kommuneplanen vil kommunestyrets vedtak være endelig, plan- og bygningsloven § 20-5 annet ledd.

Dersom innsigelser foreligger, og kommunen tar hensyn til innsigelsene kan det innebære så store endringer at planen må legges ut til offentlig ettersyn på nytt og undergis ny høring. En kan søke å unngå ny utleggelse ved å legge fram flere alternativer til høring første gang.

Dersom innsigelser foreligger og det ikke blir tatt hensyn til disse, sendes planen til Miljøverndepartementet til godkjenning, plan- og bygningsloven 20-5 femte ledd. For reguleringsplan og bebyggelsesplan gjelder plan- og bygningsloven § 27-2 nr. 2.

Miljøverndepartementet avgjør saken etter å ha forelagt den for berørte departementer. Departementet kan i den forbindelse gjøre de endringer i planen som finnes påkrevd, jf plan- og bygningsloven § 20-5 femte ledd. For reguleringsplaner gjelder plan- og bygningsloven § 27-2 nr. 3.

Når planen er endelig skal den kunngjøres på hensiktsmessig måte i kommunen, plan- og bygningsloven § 20-5 åttende ledd. For reguleringsplan gjelder plan- og bygningsloven § 27-2 nr. 3 og for bebyggelsesplan § 28-2 femte ledd.

#### *Statlig reguleringsplan og arealdel av kommuneplan*

Planprosessen som er beskrevet ovenfor bygger på samråd/samarbeid, tidlig medvirkning og vedtak i folkevalgte kommunale organer.

Plan- og bygningsloven § 18 gir Miljøverndepartementet adgang til selv å gripe inn i arealplanleggingen i kommunene. Dette kan være aktuelt når gjennomføringen av viktige statlige eller fylkeskommunale utbyggings-, anleggs- eller vernetiltak gjør det nødvendig. Ordningen gir sentrale myndigheter mulighet til å skjære igjennom hvis kommunen nekter å medvirke til å utarbeide eller endre gjeldende planer hvor dette er nødvendig for å få gjennomført tiltak av regional eller nasjonal interesse.

Pr i dag er ordningen med statlig plan etter plan- og bygningsloven § 18 brukt i 4 tilfeller: Småsetran i Røros kommune, Nedre Foss i Oslo kommune, Gardermoen i Nannestad og Ullensaker kommune og Rikshospitalet i Oslo.

Statlig plan ble også pålagt i en kraftledningssak i Askøy kommune, men pålegget ble trukket tilbake etter at kommunen selv lovet å utarbeide en plan som var akseptabel for staten.

Framgangsmåten ved statlig reguleringsplan i kommunedelplan vil i utgangspunktet være den samme som for den kommunale behandling. Forskjellen er at departementet trer inn i stedet for kommunestyret. Dersom staten trer inn i en allerede pågående kommunal planbehandling antas det at planprosessen må starte på nytt, men prosessen kan trolig gjøres raskere ettersom mye av nødvendig grunnlagsmateriale og informasjon allerede foreligger.

#### *Råd og uttalelser fra lokal helsemyndighet – kommunehelsetjenesteloven*

Kommunehelsetjenesteloven § 1-3 nr 1 bokstav a fastslår at miljørettet helsevern er en lovfestet oppgave i kommunene for å fremme helse og forebygge sykdom, skade eller lyte.

Miljørettet helsevern omfatter de faktorer i miljøet som til enhver tid direkte eller indirekte kan ha innvirkning på helsen. Dette omfatter blant annet biologiske,

kjemiske, fysiske og sosiale miljøfaktorer. Bestemmelsen vil også fange opp utviklingen etterhvert som nye miljørelaterte helseproblemer oppstår eller påvises.

Definisjonen av miljørettet helsevern forholder seg altså til faktorer i miljøet som kan ha innvirkning på helsen. Når det gjelder faktorer som kan ha negativ innvirkning på helsen, omfatter dette også helseskade, helsefare, fare for sykdom, hygienisk ulempe, miljørelaterte helseproblemer og skader og dødsfall som følge av ulykker.

I henhold til kommunehelsetjenesteloven § 1-4 skal kommunens helsetjeneste:

- overvåke helsetilstanden til befolkningen i kommunen
- registrere risikofaktorer, vurdere årsakssammenhenger og foreslå helsefremmende og forebyggende tiltak
- medvirke til at helsemessige hensyn blir ivaretatt av andre offentlige organer hvis virksomhet kan ha innvirkning på helsen.

Helsetjenestens aktive medvirkning i kommunens areal- og detaljplanlegging er en viktig innfallspunkt for å sikre at helseaspekter bringes inn i plan- og beslutningsprosessen. Fagadministrasjon og politikere må bli seg bevisst de helsemessige konsekvenser virksomheter kan ha, slik at helsemessige vurderinger kommer med i beslutningsgrunnlaget i de avgjørelser som treffes. Kommunehelsetjenesteloven § 3-4 tredje ledd bestemmer at kommunelegens tilrådning og begrunnelse alltid skal følge saken når kommunen behandler saker om miljørettet helsevern.

### *Konsekvensutredninger*

Etter forvaltningsloven § 17 skal konsekvensene av en utbygging være utredet så godt som mulig før vedtak fattes.

Ved større tiltak som har vesentlige konsekvenser er prosedyre for konsekvensutredning beskrevet i plan- og bygningsloven kap VII-a, §§ 33-1 til 33-9.

Formålet med konsekvensutredninger er å klargjøre virkninger av tiltak som kan ha vesentlige konsekvenser for miljø, naturressurser og samfunn. En konsekvensutredning skal blant annet sikre at helsemessige hensyn blir tatt i betraktning under planlegging av tiltak, og når det tas stilling til om, og eventuelt på hvilke vilkår, et tiltak skal gjennomføres.

Ved anlegg av nye boliger ved eksisterende kraftledninger bør det stilles krav om utredning av eventuelle helsemessige konsekvenser, jf § 4a-5 i kommunehelsetjenesteloven. Pålegg om konsekvensutredning må samordnes med konsekvensutredning etter plan- og bygningsloven.

### *Lov om tilsyn med elektriske anlegg*

Forskrift for elektriske forsyningsanlegg av 18. august 1994 omfatter blant annet sikkerhetsmessige forhold ved produksjon, overføring, distribusjon, installasjon og bruk av elektrisitet. Forskriften inneholder krav om kraftledningens høyde over terreng, veier mv, avstander til bygninger og visse objekter som andre ledningsanlegg, lagerplasser, barnehager, campingplasser, idrettsplasser mv. Kravene er gitt for å hindre fare for brann og berøring, og er ikke gitt på basis av mulig helsefare på grunn av eksponering for lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. Kravene er i hovedtrekk at høyspentledninger skal ha en vannrett avstand fra ytre line til bygninger på minst 6-7 meter, avhengig av spenning, jf forskriften i kapittel III om ledningsanlegg, avsnitt 5 om høyspenningsslinjer. Forskriften har forøvrig detaljerte bestemmelser om elektriske forsyningsanlegg.



Produkt- og elektrisitetstilsynet fører tilsyn med at bestemmelsene i forskriften og vedtak truffet i medhold av forskriften, blir overholdt. Produkt- og elektrisitetstilsynet kan gi pålegg i henhold til tilsynsloven § 7 dersom vedtaket ikke etterleves. Tilsynets avgjørelser kan påklages til Kommunal- og arbeidsdepartementet.

### 6.2.2 Nye kraftlinjer nær eksisterende bebyggelse:

#### Forvaltningsmyndighet

**Nærings- og energidepartementet.** Tillatelse (konsesjon) til bygging og drift av kraftledninger og andre energianlegg gis av Norges vassdrags- og energiverk (NVE) i henhold til energiloven. Klager på slike konsesjonsvedtak behandles av Nærings- og energidepartementet som øverste myndighet på energisektoren.

**Produkt- og elektrisitetstilsynet**, et organ under **Kommunal- og arbeidsdepartementet**, har ansvaret for lov om tilsyn med elektriske anlegg.

**Miljøverndepartementet** har forvaltningsansvaret for planbestemmelsene i plan- og bygningsloven.

#### Energiloven

##### *Konsesjonsplikt*

For bygging og drift av nye kraftledninger, høyspentanlegg, transformatoranlegg og andre energianlegg kreves konsesjon. Anleggskonsesjon etter energiloven § 3-1 gis for hvert enkelt anlegg. For anlegg med spenning 22 kV og lavere kan et energiverk gis en generell tillatelse, områdekonsesjon, til å bygge og drive anlegg innenfor et nærmere angitt område, jf energiloven § 3-2.

##### *Anleggskonsesjon*

I de fleste saker starter prosessen formelt med en konsesjonssøknad til NVE. Søknaden forutsetter at det er foretatt et forutgående planarbeid hos utbygger, med vurdering av alternativer og beskrivelse av konsekvenser for ulike interesser. I forskrift til energiloven er det fastsatt krav til søknadens innhold.

Søknader som tilfredstiller kravene blir kunngjort i pressen og lagt ut til gjennomsyn i berørte kommuner og NVE. Samtidig sendes saken på en omfattende høringsrunde til statlige organer, fylkeskommune, kommuner og frivillige organisasjoner. Etter høringsrunden og eventuelle befaringer foretar NVE en avveining av miljøhensyn og konsekvenser for omgivelsene på den ene siden, og hensyn til behovet for anlegget, tekniske forhold og økonomi på den andre siden. På grunnlag av denne avveiningen tildeler/frarår NVE konsesjon og fastsetter vilkår, jf forskrift til energiloven §§ 3-1 og 3-4.

Sammen med konsesjonssøknaden følger vanligvis en ekspropriasjonssøknad, jf oreigningsloven § 2 nr. 19. Ekspropriasjonssøknaden behandles av NVE parallelt med konsesjonssøknaden. Etter en høring av berørte rettighetshavere i regi av utbygger, gis det normalt samtidig konsesjons- og ekspropriasjonstillatelse.

Konsesjons- og ekspropriasjonstillatelsen kan påklages til Nærings- og energidepartementet som fatter endelig vedtak.

##### *Områdekonsesjon*

En områdekonsesjon gis vanligvis til kommunale eller interkommunale distribusjonsverk. Grensen for et forsyningsområde følger oftest en kommunegrense. Et distribusjonsverk som har områdekonsesjon trenger ikke konsesjon for hvert enkelt

ledningsanlegg. Dette innebærer en forenkling sammenlignet med at all utbygging av kraftledninger krever anleggskonsesjon.

Behandlingen av planer om nye overføringsanlegg innenfor en områdekonsesjon starter etter at det foreligger en søknad med skriftlig orientering fra utbygger. Før dette skjer bør utbyggeren ha vært i kontakt med kommunen, for å bringe på det rene hvilke avklaringer som er nødvendige i forhold til kommunens arealplaner.

Planene skal normalt sendes kommunen, fylkesmannen, grunneiere og lokale landbruksmyndigheter til orientering. I tillegg skal andre som blir direkte berørt av anlegget orienteres. Det settes en frist for å komme med kommentarer til planene som vanligvis er på 3 uker. Dersom det ikke kommer innvendinger, eller det oppnås enighet om en justering av planene, er utbyggingen klarert etter energilovens regler.

Når kommunen mottar en slik plan skal den straks vurdere utbyggingsplanene i forhold til eksisterende kommunale arealplaner og eventuelt etablere en dialog med utbyggeren om endring av arealplanene.

Dersom orienteringen fra utbyggeren resulterer i vesentlige innvendinger som utbyggeren ikke vil imøtekomme, skal saken etter vilkårene i områdekonsesjonen forelegges NVE til avgjørelse. NVE's avgjørelse kan påklages videre til Nærings- og energidepartementet som treffer endelig avgjørelse i saken.

#### *Forhåndsmelding av lengre overføringsledninger*

For konsesjonspliktige kraftledninger med spenning på 132 kV og over og med en lengde på mer enn 20 km, kreves det en forhåndsmelding før det kan søkes konsesjon, jf forskrift til energiloven § 2-1. Ordningen tar sikte på å unngå eller redusere graden av konflikter ved oppføring av store ledningsanlegg.

Forskriftens § 2-2 inneholder en nærmere spesifisering av hva en forhåndsmelding skal inneholde, blant annet en beskrivelse av prosjektet med alternativer og forslag til konsekvensutredninger. Forhåndsmeldingen skal også inneholde en redegjørelse for forholdet til kommunale og fylkeskommunale planer.

Forhåndsmeldingen skal sendes NVE som foretar kunngjøring og sender meldingen på høring. Høringsfristen skal ikke være kortere enn 2 måneder. NVE vurderer deretter om forhåndsmeldingen skal godkjennes. En godkjenning kan inneholde et program for hvilke konsekvensutredninger som skal utføres og vedlegges konsesjonssøknaden.

#### *Plan- og bygningsloven*

Plan- og bygningsloven gjelder også for virksomheter som i utgangspunktet reguleres av energiloven. Kommuneplan og reguleringsplan kan således være aktuelle planformer for fastleggelse av områder for kraftledningstrasèer.

På dette plannivå vil det for bygging av nye kraftledninger være mest aktuelt å utarbeide en arealplan for deler av kommunen (kommunedelplan), jf plan- og bygningsloven § 20-1 femte ledd. Slike delplaner er å anse som en del av eller et supplement til den alminnelige kommuneplan etter § 20-1 første ledd, og de alminnelige regler om saksbehandling og godkjenning mv i § 20-5 gjelder fullt ut.

Arealfastsettelse for bygging av nye kraftledninger skjer således etter et tosporet system. Planbestemmelsene i energiloven/oreigningsloven forvaltes av NVE, mens planbestemmelsene i plan- og bygningsloven forvaltes av Miljøverndepartementet.

Saksbehandlingen etter de to lovsystemer er pr idag ikke harmonisert. Fram til 1. august 1995 er det adgang til å planlegge anlegg som krever forhåndsmelding etter energiloven § 2-1 utelukkende etter reglene i energiloven.

### *Helsemessige aspekter – kommunehelsetjenesteloven*

Råd og uttalelser for så vidt gjelder de helsemessige sider av saken kommer inn ved høringen av/samarbeidet om planforslaget. Kommunehelsetjenesteloven § 3-4 tredje ledd bestemmer at kommunelegens tilrådning og begrunnelse alltid skal følge saken når kommunen behandler saker om miljørettet helsevern.

I henhold til kommunehelsetjenesteloven § 4a-4 kan departementet gi forskrift om meldingsplikt til kommunestyret for den som planlegger eller iverksetter virksomhet som etter sin art kan ha innvirkning på helsen, eller endring i slik virksomhet. Videre kan det fastsettes at virksomheter, som det kan kreves slik meldingsplikt om, skal være godkjent av kommunestyret. For såvidt gjelder saker på energilovens område, har departementet pr idag ikke gitt slike forskrifter.

Med hjemmel i kommunehelsetjenesteloven § 4a-8 kan den enkelte kommune gi pålegg om retting av forhold som innebærer helsefare. Departementet har vedrørende dette uttalt at det må eksistere en helsefare av et visst omfang før det kan gis direkte pålegg om å rette et planforslag. Departementet har også bemerket at ut fra alminnelige forvaltningsmessige prinsipper, må det være en viss forholdsmessighet mellom følgene av et pålegg og den helsemessige gevinst som kan oppnås ved pålegget. Dette innebærer blant annet at det må tas et visst hensyn til mulighetene for økonomisk tap og tap av arbeidsplasser.

På bakgrunn av dette og de antatt lave helserisiki knyttet til kraftledninger, har departementet uttalt at kommunehelsetjenesteloven pr i dag ikke kan benyttes til å gi bindende pålegg vedrørende plassering av disse.

### *Konsekvensutredninger*

Etter energiloven § 2-2 og forvaltningsloven § 17 skal alle konsekvenser av en utbygging være utredet så godt som mulig før vedtak fattes. For større prosjekter beskriver energiloven § 2-2 og plan- og bygningsloven § 33-1 flg prosessen for konsekvensutredninger:

Formålet med en konsekvensutredning er å klargjøre virkninger av tiltak som kan ha vesentlige konsekvenser for miljø, naturressurser og samfunn. En konsekvensutredning skal blant annet sikre at helsemessige hensyn blir tatt i betraktning under planlegging av tiltak og når det tas stilling til om, og eventuelt på hvilke vilkår, et tiltak skal gjennomføres.

Ved anlegg av kraftledninger bør det stilles krav om utredning av eventuelle helsemessige konsekvenser, jf kommunehelsetjenesteloven § 4a-5. Pålegg om konsekvensutredning må søkes samordnet med konsekvensutredning etter energiloven og plan- og bygningsloven.

### *Lov om tilsyn med elektriske anlegg*

Forskrift for elektriske forsyningsanlegg av 18. august 1994 omfatter blant annet sikkerhetsmessige forhold ved produksjon, overføring, distribusjon, installasjon og bruk av elektrisitet. Forskriften inneholder krav om kraftledningens høyde over terreng, veier mv, avstander til bygninger og visse objekter som andre ledningsanlegg, lagerplasser, barnehager, campingplasser, idrettsplasser mv. Kravene er gitt for å hindre fare for brann og berøring, og er ikke gitt på basis av mulig helsefare pga eksponering for lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. Kravene er i hovedtrekk at høyspentledninger skal ha en vannrett avstand fra ytre line til bygninger på minst 6-7 meter, avhengig av spenning, jf forskriften i kapittel III, avsnitt 5 om høyspenningslinjer. Forskriften har forøvrig detaljerte bestemmelser om elektriske forsyningsanlegg.

Det eksisterer i Norge en byggeforbudssone ved kraftledninger som er regulert i Forskrifter for elektriske forsyningsanlegg (NVE 18.8. 1994). Forskriftene krever at vannrett avstand fra ytterste faseleder til bolighus m.m. skal være minst 6-7 meter avhengig av spenningen på linjen. For store kraftledninger tilsvarer dette en 16-20 meters sone på hver side av senterleder (avhengig av ulike detaljer). Denne sonen har riktignok ikke noe med helsefare å gjøre, men ble innført ut fra krav til teknisk sikkerhet og brannfare, samt tilgjengelighet ved reparasjon og vedlikehold. Selv om formålet med forskriften var en annen, betyr det likevel at den også til en viss grad reduserer felteksponering ved anlegg av kraftledninger.

Produkt- og elektrisitetstilsynet fører tilsyn med at bestemmelsene i forskriften og vedtak truffet i medhold av forskriften, blir overholdt. Produkt- og elektrisitetstilsynet kan gi pålegg i henhold til tilsynsloven § 7 dersom vedtaket ikke etterleves. Produkt- og elektrisitetstilsynets avgjørelser kan påklages til Kommunal- og arbeidsdepartementet.

### **6.2.3 Samordning mellom plan- og bygningsloven og energiloven**

Etablering av nye energianlegg krever tillatelse etter både energiloven og plan- og bygningsloven. Som tidligere nevnt kan kommunen kreve at det utarbeides en arealplan for det aktuelle energianlegg.

Miljøverndepartementet og Nærings- og energidepartementet arbeider for tiden med nærmere retningslinjer for samarbeid på dette området.

## **6.3 ARBEID I «ELEKTRISKE YRKER»**

### **Forvaltningsmyndighet**

#### **Kommunal- og arbeidsdepartementet**

Departementet har det overordnede myndighetsansvaret for arbeidsmiljø og sikkerhet. Myndighetsutøvelsen på disse områdene ivaretas hovedsakelig av de underliggende etatene: Direktoratet for arbeidstilsynet (Arbeidstilsynet) og Produkt- og elektrisitetstilsynet.

Kommunal- og arbeidsdepartementet har også ansvar for bolig- og bygningslovgivingen. Statens Bygningstekniske etat er bindeleddet mellom departementet og de bygningstekniske bransjer og regelbrukere.

#### **Arbeidstilsynet**

Arbeidstilsynets hovedmål er å forebygge helseskader i arbeidslivet. Ved å styrke det systematisk forebyggende arbeidet i virksomhetene har etaten som mål at arbeidsulykker og yrkesrelaterte sykdommer skal reduseres betydelig innen år 2000. Etter arbeidsmiljøloven har arbeidsgiver et totalansvar for arbeidsmiljøet. Det er Arbeidstilsynets oppgave å sørge for at lovens bestemmelser etterleves i virksomhetene. Tilsyn med at virksomhetene følger opp bestemmelsene i forskrift om internkontroll er en sentral oppgave for etaten i de nærmeste årene. Etatens virkemidler er tilsyn, regelverksutvikling, informasjon og samfunnskontakt. Hovedelementet med tilsynet er kontroll med at enkeltvirksomheter oppfyller sine plikter etter arbeidsmiljøloven. Arbeidstilsynet kan benytte sanksjonsmidler i form av pålegg, tvangsmulkt, stansing av virksomhet og politianmeldelse.

Arbeidstilsynet består av et sentralt direktorat og 13 distriktskontorer med tilhørende avdelingskontorer. Etaten har tilsammen over 500 ansatte.

### **Produkt- og elektrisitetstilsynet**

Produkt- og elektrisitetstilsynet er den sentrale faginstans for håndheving av lov om tilsyn med elektriske anlegg. Etaten har som mål å etablere, opprettholde og utvikle et forsvarlig sikkerhetsnivå for elektriske anlegg og elektrisk utstyr. Produkt- og elektrisitetstilsynet består av en sentral instans i Oslo, inkludert en enhet for elektromedisinsk utstyr og 6 distriktskontorer. Under tilsynets distrikter hører også det lokale el-tilsyn ved elektrisitetsverk og industrivirksomheter.

Produkt- og elektrisitetstilsynet har et nært samarbeid med de nordiske el-sikkerhetsmyndigheter om problemet med helsefare i forbindelse med elektromagnetiske felter. Produkt- og elektrisitetstilsynet er også representert i CENELECs tekniske komite 111 Elektromagnetiske felt.

### **Statens strålevern**

Tilsyn med arbeidstakere som arbeider i særlig høye magnetfelt kan også være hjemlet i røntgenloven som forvaltes av Statens strålevern på vegne av Sosial- og helsedepartementet.

### **Lover og forskrifter**

#### **Arbeidsmiljøloven**

En av lovens hovedmålsettinger er «å sikre et arbeidsmiljø som gir arbeidstakerne full trygghet mot fysiske og psykiske skadevirkninger og med en verneteknisk, yrkeshygienisk og velferdsmessig standard som til enhver tid er i samsvar med den teknologiske og sosiale utviklingen i samfunnet», jf arbeidsmiljøloven § 1 nr. 1. Det finnes en rekke generelle bestemmelser i loven som kan komme til anvendelse i tilfelle der det kan dokumenteres en sammenheng mellom elektromagnetiske felt og helsefare, f.eks §§ 7, 9, 12, 14, og 19. Elektromagnetiske felt er ikke spesielt omtalt i noe av Arbeidstilsynets regelverk, og etaten ser foreløpig ikke behov for regelverk ut over det generelle som framgår av lover og forskrifter i dag.

Aktuelle forskrifter som berører problemområdet er:

#### *Forskrift om arbeid ved dataskjerm*

Arbeidstilsynet fastsatte i desember 1994 en forskrift om arbeid ved dataskjerm. Forskriften bygger på EU-direktiv av 29. mai 1990 (90/270/EØF) om minimumskrav til sikkerhet og helse i forbindelse med arbeid om dataskjermutstyr. Forskriften gjelder for arbeid som utføres ved dataskjerm med tilhørende utstyr. Hovedvekten er lagt på tilrettelegging og organisering av arbeidet ved dataskjerm og krav til arbeidsplassen. Forskriftens § 10 nr. 5 sier at all stråling, unntatt den synlige delen av det elektromagnetiske spekteret, skal reduseres til et ubetydelig nivå ut fra hensynet til vern av arbeidstakernes sikkerhet og helse. Forskriftens § 12 omhandler bestemmelser om opplæring og informasjon og sier blant annet at arbeidsgiver skal informere om faktorer som kan medføre helseskade, og hvordan disse kan unngås.

#### *Forskrift om forplantningsskader og arbeidsmiljø*

Forskrift om forplantningsskader og arbeidsmiljø er under utarbeiding. Forskriften vil sette ut i livet EU's minimumsdirektiv 92/85 om beskyttelse av gravide, og kvinner som nylig har født. Formålet er å beskytte arbeidstakere mot forplantningsskader som følge av arbeidsmiljøpåvirkninger. Forskriften vil først og fremst gi rett til tilrettelegging eller omplassering. Der hvor dette ikke er mulig skal gravide kvinner

tas ut av arbeidet med lønnskompensasjon. Forskriftsutkastet gir også ikke-gravide kvinner og menn i forplantningsdyktig alder rett til omplassering dersom det er nødvendig og *praktisk mulig*.

### **Lov om tilsyn med elektriske anlegg**

Aktuelle forskrifter i forbindelse med eventuell fare forbundet med elektromagnetiske felt er forskrifter for elektriske forsyningsanlegg, forskrifter for elektriske bygningsinstallasjoner og driftsforskrifter for høyspenningsanlegg. Ingen av disse forskriftene inneholder til dags dato krav som har sammenheng med eventuell helsefare forbundet med elektromagnetiske felt.

#### *EU-direktiv 89/336/EØF – krav til elektromagnetisk kompatibilitet*

Produkt- og elektrisitetstilsynet forvalter direktiv 89/336/EØF, bortsett fra direktivets artikkel 10.5 om forhold i forbindelse med radio-kommunikasjon, som forvaltes av Statens teleforvaltning. Direktivet ble iverksatt gjennom Produkt- og elektrisitetstilsynets forskrifter som et alternativ når det gjelder elektrisk utstyr fra 1. januar 1993. Når det gjelder elektriske installasjoner, herunder kraftledninger, vil direktivet bli iverksatt i forbindelse med en pågående forskriftsrevisjon. For så vidt gjelder foranstaltninger mot radioforstyrrelser og sjenerende elektriske forstyrrelser på andre anlegg, f.eks. fra kraftledninger, er det bestemmelser i §§ 18 og 19 i Forskrifter for elektriske anlegg, Forsyningsanlegg, 1995. Disse bestemmelsene har vært i Produkt- og elektrisitetstilsynets forskrifter i mange år. Direktivet er frivillig inntil 31. desember 1995. Fra 1. januar 1996 er direktivet og tilsvarende forskrifter på området obligatoriske.

Kravene til EMC (elektromagnetisk kompatibilitet) framgår av direktivets artikkel 2 som ble overført til norsk rett i 1991 ved § 11 i forskrift om utførelse og kontroll av elektrisk utstyr som tilbys eller omsettes til bruk i lavspenningsanlegg (FM):

«Elektrisk utstyr skal ikke frembringe elektromagnetiske forstyrrelser som overstiger et nivå der radio og telekommunikasjonsapparater og andre apparater kan funksjonere etter sin hensikt. Utstyret skal dessuten være utført med en indre motstandsevne overfor elektromagnetiske forstyrrelser, som gjør at utstyret kan funksjonere etter sin hensikt.»

EMC-kravene er rettet mot forhold som kan føre til utilsiktet funksjon, eventuelt forstyrrelser av apparater pga elektromagnetiske felt. Det er meget tvilsomt om EMC-kravene vil bidra til bedring av arbeidsmiljøet utover dette.

## **6.4 ANDRE AKTUELLE LOVER**

### **Røntgenloven**

Røntgenloven kommer i utgangspunktet til anvendelse på røntgenstråler, radium og radioaktive stoffer og deres forbindelser som brukes i anlegg og apparater i medisinsk virksomhet. Formålet er å verne om liv og helse.

I henhold til lovens § 6 annet ledd kan Kongen også gjøre loven gjeldende for stoffer og apparater som frambringer andre slags elektriske stråler, som ultrafiolette stråler, lys, varmemstråler, kortbølger, høyfrekvente strømmer og lignende. Nevnte myndighet er ved Kgl.res. 10. februar 1978 delegert til Sosial- og helsedepartementet.

Det kan stilles spørsmål om hvorvidt lavfrekvente elektriske og magnetiske felt kan defineres som stråling. Det har likevel fra myndighetenes side alltid vært disponert som om dette er tilfelle, blant annet fordi det ikke kan defineres noen udiskutabel nedre frekvensgrense for strålingsbegrepet.

Sosial- og helsedepartementet mener imidlertid at røntgenloven ikke er egnet til å hjemle eventuelle generelle forebyggingsstrategier på dette området på bakgrunn av at sammenhengen mellom negative helsemessige effekter og utsatthet for lavfrekvente elektriske og magnetiske felt pr idag er såpass uklar.

### **Lov om produktkontroll**

Produktkontrollloven har til formål å forebygge at et produkt medfører helseskade eller miljøforstyrrelse i form av forstyrrelser i økosystemer, forurensning, avfall, eller støy og lignende. Loven har videre til formål å forebygge at forbrukertjenester medfører helseskade.

Loven har i dag ingen forskrifter som har sammenheng med mulig helsefare forbundet med lavfrekvente elektriske og magnetiske felt.

## **6.5 OPPSUMMERING**

Embetsgruppen har i sin vurdering av spørsmålet om det er helsemessige effekter knyttet til eksponering for lavfrekvente elektriske og magnetiske felt pekt ut to hovedproblemstillinger: leukemi hos barn ved bosted nær kraftledninger og foster-skader hos gravide i «elektriske yrker». Ved bygging av nye kraftlinjer ved eksisterende kraftlinjer kommer bestemmelsene om utarbeidelse av planforslag, kunngjøring og varsel til allmennheten, samråd med berørte interesser, samt konsekvensutredningsplikt i plan- og bygningsloven og kommunehelsetjenesteloven, til anvendelse. Ved bygging av nye kraftlinjer ved eksisterende bebyggelse gjelder i tillegg energilovens planbestemmelser. Det framheves at når flere lovverk på denne måten kommer til anvendelse på en og samme planprosess er det viktig å etablere gode rutiner for samarbeid og samordning. For voksne i «elektriske yrker» kommer arbeidsmiljøloven til anvendelse, og det finnes der en rekke generelle bestemmelser som kan benyttes i tilfelle der det kan dokumenteres en sammenheng mellom elektromagnetiske felt og helsefare. Foreløpig er det ikke behov for regler ut over det som framgår av i dag.

## KAPITTEL 7

**Drøfting av strategier og tiltak****7.1 INNLEDNING**

Embetsgruppen har i "*Helsemessige effekter*" i kapittel 5 konkludert med at det særlig er på to områder det kan være aktuelt å vurdere konkrete tiltak ut fra den viten vi har idag: Mulig barneleukemi ved bosted nær kraftledninger og mulig helseskade i yrke. For leukemi hos barn med bosted ved kraftledninger sies det i "*Oppsummering*" i avsnitt 5.5 bl.a.:

«Dersom en slik helseeffekt er tilstede, har den ikke et tallmessig omfang som tilsier å karakterisere den som vesentlig i et samfunnsmedisinsk perspektiv. Derimot kan den representere en såpass stor økning i den individuelle helserisiko for barn som bor nær kraftledninger at det kan gi grunnlag for å vurdere kollektive tiltak.

Epidemiologiske data gir begrensede holdepunkter for å karakterisere «nærhet» til kraftledninger som kreftfremkallende for barn etter visse kriterier. Embetsgruppen mener at det ikke er vitenskapelig grunnlag for noe bestemt kriterium (avstand eller feltstyrke) som mål for en slik risiko.(.....).» (side 47)

For mulig helseskade i yrke konkluderer embetsgruppen bl.a.:

«En rekke rapporter har påvist en liten, men signifikant overhyppighet av en del kreftformer i «*elektriske yrker*». Begrepet «elektriske yrker» er imidlertid uklart. En rekke potensielt sykdomsfremkallende faktorer i arbeidsmiljøet kan fortjene større oppmerksomhet enn elektromagnetiske felt. *Fosterskader* kan være et større problem enn spørsmålet om kreft. Problemstillingen krever imidlertid klarere forskningsresultater, og eventuelle tiltak må ses i forhold til de muligheter som foreligger på den enkelte arbeidsplass. Forøvrig praktiseres allerede internasjonale retningslinjer for maksimal eksponering for både elektriske og magnetiske felt i yrkeslivet.(.....).» (side 47)

En tredje gruppe helseproblemer er også vurdert i "*Helsemessige effekter*" i kapittel 5, nemlig symptomkomplekset el-overfølsomhet, og det vises til omtalen der. Problemer knyttet til mulige depresjoner m.v. ved å bo i boliger eksponert for elektromagnetiske felt er også vurdert i dette kapitlet. Det konkluderes med at disse problemene best kan håndteres ved individuelt rettede tiltak og ikke ved en uspesifikk reduksjon av magnetfeltnivåene i samfunnet.

I dette kapitlet går embetsgruppen nærmere inn på eventuelle tiltak knyttet til barneleukemi og bosted ved kraftledninger. De andre tiltaksområdene behandles direkte i "*Forslag til tiltak*" i kapittel 8.

**7.2 FRA FORSKNINGSRESULTATER TIL TILTAK****7.2.1 Generell vurdering av tiltak**

Forskningsresultater som viser at visse miljøfaktorer kan gi helseskader fører ofte til at myndighetene iverksetter tiltak for å forebygge slike skader. Det er imidlertid ikke gitt at slike forskningsresultater alltid fører til offentlige tiltak. På en rekke områder er det påpekt mulige helseskadelige effekter av forhold i våre omgivelser



uten at dette har resultert i spesielle tiltak fra myndighetenes side. Det kan være flere årsaker til dette. Det kan f.eks. være at man har funnet at effektene av forebyggende tiltak er små sammenlignet med ulempene ved tiltaket eller at man ikke har funnet fram til effektive tiltak.

Sett fra samfunnets side bør basis for eventuelle tiltak alltid være en avveining mellom nytten av tiltakene og kostnader samt andre ulemper ved dem. *Nytten* kan kvantifiseres økonomisk og dessuten beskrives systematisk for alle kjente virkninger. *Tiltakene* vil ha en direkte økonomisk side og også kunne gi andre ulemper. Tiltak mot skadelige effekter på helsen kan f.eks. i seg selv ha negative helsemessige konsekvenser. Når det gjelder kraftledninger, kan f.eks. utvidete byggegrenser kanalisere boligbygging over på områder som er belastet med forurensning, trafikk o.a.

Det vil ofte være vanskelig å *identifisere* nytte og kostnader ved tiltak på et bestemt område. Desto vanskeligere er det å gi gode *økonomiske* anslag for så vel nytte som kostnader. Det bør likevel være et mål å utføre en økonomisk nytte/kostnadsanalyse og supplere denne med en god beskrivelse av alle øvrige faktorer som kan tale for og imot tiltak.

Følgende faktorer er generelt sentrale i en vurdering av tiltak:

*Omfang*: En viktig opplysning er antatt størrelse på de aktuelle negative helseeffekter: Hvor mange tilfeller forventes, og hvilken type sykdom/skade dreier det seg om?

*Andre positive effekter*: Dersom tiltak forventes å gi positive effekter ut over det å forebygge, som f.eks. redusert bekymring i befolkningen, kan dette være et ekstra argument for å gjøre noe.

*Belegg*: Sentralt er også omfang av og kvalitet på de vitenskapelige undersøkelser som danner basis for en antagelse om en negativ helseeffekt.

*Virkningsmekanismer*: Har en god kunnskap om hva som gir negative helseeffekter, er det lettere å tilrå tiltak. Vet man bare at det er «noe ved» faktoren som «ser ut til» å gi negative helseeffekter, kan det være vanskelig på en rasjonell måte å tilrå bestemte tiltak.

*Kostnader ved tiltak*: I hvilken grad det er teknisk mulig å fjerne eller redusere negative helseeffekter kan variere. Kostnadene knyttet til de enkelte tiltak kan være moderate eller svært store. Kostnader ved de aktuelle tiltak kan derfor være en viktig faktor for hvilke tiltak som velges.

*Ulemper ved tiltak*: Tiltakene kan også gi negative virkninger utover kostnadene. De kan f.eks. påvirke produksjon, transport, miljø, trivsel osv.

I utgangspunktet bør beslutninger om eventuelle tiltak fattes ut fra en beskrivelse og vurdering av alle overnevnte forhold.

### 7.2.2 Forsiktighetsstrategi – en begrepsavklaring

Begreper som «forsiktighetsstrategi» og «føre-var-tiltak» er benyttet i sammenheng med forebygging av helseskader. En forsiktighetsstrategi bygger i prinsippet på de samme faktorer og avveininger som nevnt ovenfor. Det sentrale spørsmål er her *hvordan en behandler usikkerhet*.

En forsiktighetsstrategi er mest aktuell i faser der kunnskapsnivået om eventuelle effekter er lite. Der en har indikasjoner på negative helseeffekter, men svak kunnskapsbasis, kan en *velge å forutsette* at sammenhengen faktisk gjelder og iverksette visse tiltak ut fra dette. Omfang av tiltak og dermed kostnader ved tiltaket tilpasses i slike situasjoner normalt til den erkjente usikkerhet på den måte at en da bare tilrå tiltak med antatt moderate kostnader.

«Føre-var» benyttes ofte synonymt med forsiktighet, men er særlig brukt i forbindelse med internasjonal forurensning. Fordi det er svært vanskelig å si noe sikkert om langsiktige virkninger av visse utslipp, og fordi de negative konsekvenser antas å være svært store, velger man å anbefale tiltak uten å avvente sikker viten. Eksempler på slike føre-var-strategier er tiltak mot utslipp av klimagasser, og gasser som påvirker ozonlaget.

En slik betraktning er hittil vanligvis ikke anvendt i sammenheng med tiltak som tar sikte på å forebygge sykdom. Man har riktignok satt i verk tiltak uten å kunne tallfeste effekten av disse, men i regelen forsøker man å klarlegge både sammenhenger og størrelsesnivå på et problem før kostbare tiltak besluttes. Med det omfang av stoffer og andre faktorer med mulig negativ helsevirkning vi omgir oss med, vil en ukritisk bruk av «føre-var»-prinsippet kunne gi store kostnader som ikke samsvarer med mulige positive effekter.

Det mest aktuelle er enten forebyggende tiltak basert på relativ sikker viten, eller en moderat forsiktighetsstrategi basert på noe mer usikre data.

En variant innen forsiktighetsstrategi er å anbefale såkalte «no-regret-tiltak». Det forutsettes med denne type strategi at man setter i verk bare de tiltak som ikke gir økte kostnader og ikke har andre ulemper. Om man så i framtiden får nye kunnskaper som viser at antatt sammenheng likevel ikke er tilstede, eller at antagelsene om dose var feilaktige, så vil en ikke ha sløst bort ressurser eller skapt andre ulemper ved tiltakene. Slike tiltak gir altså ikke grunn til å angre når ny viten foreligger.

### 7.2.3 Kollektiv kontra individuell risiko

Utgangspunktet for kollektive tiltak er normalt et anslag over *kollektiv risiko*: Hvor mange sykdomstilfeller kan en forvente i befolkningen som helhet som følge av påvirkning fra den aktuelle kilde? Hvis hele eller store deler av risikoen for helse-skade fra en faktor faller på en avgrenset gruppe, bør den *individuelle risiko* for gruppen beregnes når tiltak skal vurderes.

I "*Toksikologisk klassifisering av elektromagnetiske felt*" i avsnitt 5.3.2 er det gitt en vurdering av risiko relatert til noen omgivelsesfaktorer. Det vises til vurderingen fra Folkehelse, LAMYK og STAMI i samråd med Strålevernet samt til tabell 5.1. Risiko for at barn som bor nær kraftledninger skal få leukemi (altså individuell risiko) kan ut fra visse forutsetninger være på et nivå som i enkelte andre sammenhenger tilsier at tiltak vurderes.

### 7.2.4 Sammenligning med andre faktorer

En rekke faktorer i våre omgivelser antas å ha negativ virkning på vår helse. Det er derfor nærliggende at en sammenligner nytte mot kostnader for tiltak rettet mot ulike faktorer (kraftledninger, veitrafikk, radon i grunnen, osv.). Vi bør ikke benytte store summer på å forebygge ett sykdomstilfelle på et område, om vi kan forebygge mange tilfeller av samme alvorlighetsgrad på et annet område for samme sum. Det bør tilstrebes en viss proporsjonalitet mellom problemstørrelse og kostnader ved tiltakene på de ulike områder.

### 7.2.5 Kunnskap om virkninger som grunnlag for tiltak

Tiltak er mest effektive dersom de kan rettes direkte mot problemenes reelle årsaker. Jo mindre klart en årsak kan identifiseres, jo mindre er sannsynligheten for at de tiltak man velger å sette inn, effektivt kan redusere problemene.

De kreftformer eller andre sykdommer og plager som mistenkes å være relatert til eksponering for lavfrekvente elektriske og magnetiske felt, er stort sett tilstander som forekommer spredt i befolkningen uansett hvilke påvirkninger folk er utsatt for. Tilstandene har få fellestrekk og mange mulige og sannsynlige årsaker. Hvilke forhold ved kraftledninger eller ved felter fra disse som eventuelt er sykdomsfremkallende, er tilsvarende ukjent.

I "*Helsemessige effekter*" i kapittel 5 har embetsgruppen vurdert foreliggende forskning og vurderinger fra en rekke faginstanser på området og konkludert med at det ikke er grunnlag for å klassifisere *elektromagnetiske felt* som kreftfremkallende. Derimot er det funnet «begrensede holdepunkter» for at *nærhet til kraftledninger* er kreftfremkallende. Dette innebærer dels at sammenhengen er sannsynlig, men at den kan være tilfeldig, og dels at man må forholde seg til *en situasjon* i mangel av å ha sikker kunnskap om den egentlige årsaken. Dette betyr igjen at tiltak kan være uten virkning. Samtidig begrenses mulige tiltak til eventuelt å gjøre noe med *avstanden*.

### 7.3 MULIGE TILTAK

Utgangspunktet for en vurdering av konkrete tiltak er den *individuelle risiko* for leukemi hos barn med bosted nær kraftledninger, jf. "*Embetsgruppens vurdering*" i avsnitt 5.4 foran. Videre er vi nødt til, ut fra den viten vi har idag, å ta *nærhet* til kraftledninger og ikke elektromagnetiske felt som basis for forebyggende tiltak.

Forutsetter vi ut fra dette at «noe» ved bosted nær kraftledninger gir økt sannsynlighet for barneleukemi, er økt avstand mellom ledninger og hus det eneste adekvate tiltaket. Den påviste statistiske sammenheng mellom bosted og omfang av leukemi kan riktignok skyldes at kraftledninger er tilfeldig korrelert med andre faktorer som igjen er sykdomsfremkallende, eller andre feilkilder. I så fall vil økt avstand kunne være uten forebyggingseffekt. Er det skadelige agens «ett eller annet» ved kraftledningene, vil økt avstand kunne være en fordel.

Med dette som utgangspunkt fins det fem mulige grupper tiltak:

- Unngå å etablere nye kraftledninger nær boliger, skoler o.l.
- Unngå å etablere nye boliger mv. nær kraftledninger
- Flytte eksisterende kraftledninger som ligger nær boliger
- Flytte eksisterende boliger som ligger nær kraftledninger
- Planlegging av nettstrukturen med henblikk på muligheter for å sanere anlegg og redusere nærføring

- *Unngå nærføring ved nye ledninger:*

Et viktig hensyn ved planlegging av nye kraftledninger har alltid vært ønsket om å unngå nærføring til boliger. Skal man legge større vekt på dette hensynet, vil det bety økte kostnader og/eller negative virkninger for andre interesser.

Å plassere kraftledninger lenger vekk fra bygninger betyr at de flyttes over på andre områder, ofte lite berørte natur- og landbruksarealer. Derfor vil det kunne være en konflikt mellom boliginteresser på den ene side og landbruk, naturvern og friluftsliv på den andre.

Kostnadene ved tiltaket kan variere mye. Der endret trasé ikke betyr lengre trasé, har tiltaket små kostnadseffekter. Imidlertid vil det å unngå nærføring ofte bety at framføringen blir betydelig lengre, og eventuelt får et økt antall kostbare knekkpunkter. Traséendringer vil kunne bety fra 0 til 50% kostnadsøkning pr. km berørt. Det vil kunne være korte eller lange strekninger som må omlegges pr. berørt

bolig. Eliminering av all nærføring ved nye ledninger er ofte umulig uten riving av boliger.

*- Unngå nye boliger ved kraftledninger:*

I store deler av landet er det god tilgang på tomter i forhold til behovet. Her vil en praksis der man unngår å bygge boliger, skoler mv. nær eksisterende kraftledninger kunne ha små ulemper. Kommuner i sentrale strøk har imidlertid ofte begrensede arealer for nyutbygging. En tilsvarende praksis her vil kunne innebære at mange verdifulle arealer blir båndlagt, samtidig som nybygging kanaliseres til arealer som kanskje er dårligere og mer helsefarlige: f.eks arealer med stor trafikkbelastning, støy og annen forurensning, eller risiko for ulykker. De negative virkninger av å plassere bebyggelse til et slikt område kan overskride de mulige positive virkninger av redusert nærføring.

*- Flytte kraftledninger:*

Å unngå eksisterende nærføringer ved å rive og flytte ledninger vil være svært kostbart. I mange tilfeller kan det dessuten være boliger eller annen bebyggelse på begge sider av ledningen, og derfor små muligheter til å øke avstanden ved flytting. Det vises likevel til drøftingen under pkt. 4 i "*Nærmere om tiltakene*" i avsnitt 7.4 nedenfor.

*- Flytte hus:*

Nærføring kan unngås om en kjøper opp og river eller omdisponerer eksisterende boliger, barnehager o.l. Skulle en unngå all nærføring mellom kraftledninger og boliger, er slike tiltak nødvendig mange steder. Dette gjelder særlig ved innføring til byer. Kostnadene ved riving av hus vil variere, men vil normalt være svært store. Likevel vil slike kostnader kunne være mindre enn å flytte kraftledninger.

Oppkjøp av boliger med videresalg til mindre engstelige kjøpere er foreslått i Danmark. Dette er *ikke* et sykdomsforebyggende tiltak. Nye beboere er i prinsippet like utsatt for mulig fysisk helsepåvirkning som de tidligere eierne selv om den psykiske virkningen, nemlig bekymringen, kan være redusert.

*- Planlegging av nettstrukturen med henblikk på muligheter for å sanere anlegg og redusere nærføring:*

Over tid er det mulig å redusere antallet mennesker som bor nær kraftledninger. Dette kan skje ved at nødvendige nettførsterkninger foretas i ledningstraséer med lite nærføring til bebyggelse. Samtidig lar en være å forsterke den delen av nettet som har stor nærføring til bebyggelse, der forholdene ligger til rette for det. Over tid kan dette gi muligheter for å sanere ledninger som i stor grad berører bebyggelse. Tiltaket forutsetter ikke bygging av nye ledninger bare for å redusere nærføringsproblematikk, men baserer seg på en bevisst, langsiktig planlegging der målsettingen er å redusere antall bygninger i nærheten av kraftledninger.

Kostnadene ved slike tiltak vil variere sterkt. I enkelte områder hvor forholdene ligger til rette for det, kan et slikt tiltak gjennomføres som en naturlig utvikling av nettet. I andre områder kan det motsatte være tilfelle, og gjennomføringen vil kreve økte ressurser i forhold til den nettutbygging som ellers ville ha skjedd.

#### 7.4 NÆRMERE OM TILTAKENE

Ved vurdering av eventuelle tiltak knyttet til økt avstand er det behov for å klarlegge følgende spørsmål:

1. Skal tiltakene bare gjelde ved nyetableringer eller også for eksisterende nærforinger?
2. Skal tiltakene gjelde for *alle* kraftledninger, eller bare for spenninger over et bestemt nivå?
3. Skal det fastlegges en *bestemt* avstand eller bare tilrås økt avstand?
4. Er overgang fra luftledning til jordkabel et aktuelt tiltak?

##### *Punkt 1:*

Siden barneleukemi er en svært sjelden sykdom, vil ingen av de aktuelle tiltak kunne forventes å gi målbar effekt på forekomsten av leukemi hos de aktuelle grupper. Videre er det fortsatt betydelig usikkerhet knyttet til de antatte sammenhenger. Dette gjør at det neppe kan være riktig å benytte svært store ressurser på tiltak med henblikk på å redusere nærføring. Dette medfører også at det synes lite aktuelt å gjennomføre tiltak ved eksisterende kraftledninger, eller for eksisterende bygninger ved kraftledninger. Eventuelle tiltak bør bare vurderes ved anlegg av nye kraftledninger, og ved oppføring av nye bygninger.

Ved bytte av liner i eksisterende kraftledninger vil kostnadene ved en omlegging være som for nyoppføring av ledninger. Slik opprusting behandles som eksisterende anlegg, og kan ikke begrunne spesielle tiltak.

##### *Punkt 2:*

Flere av de senere undersøkelser har konsentrert seg om større ledninger, f.eks. 100 kilovolt eller mer. Foreliggende forskning omfatter imidlertid alle typer kraftledninger. Det er derfor ikke grunnlag for å fastsette noen minstegrense for hvilke ledninger en bør vurdere tiltak ved. Det som kan sies, er at det er gjort flere og større undersøkelser ved de høyere spenningsnivåer, noe som kan begrunne større oppmerksomhet mot de større ledninger. Vi vet heller ikke om det er strømstyrke eller spenning som er et aktuelt mål for et eventuelt skille mellom store og små ledninger.

##### *Punkt 3:*

Det finnes i dag ikke noe vitenskapelig grunnlag for å fastsette grenseverdier som skiller mellom eksponerte og ikke-eksponerte personer. Dette gjelder både mål for elektromagnetisk feltstyrrelse og for avstand i meter. I forskningen har man av rent praktiske grunner valgt å sette ulike grenser for de eksponerte og de øvrige, men disse grensene kan ikke overføres til grenseverdier som tilrås. I dag må vi derfor nøye oss med *tilrådsninger* om å øke avstanden der dette med rimelighet kan la seg gjennomføre.

Dette er i samsvar med den politikken de fleste land har valgt på dette området, jf "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4 (se nærmere "*Oppsummering av andre lands politikk og nasjonale anbefalinger*" i avsnitt 4.10 og "*Oppsummering av internasjonale anbefalinger*" i 4.12 foran) som oppsummerer det vi har av informasjon om nasjonal politikk og nasjonale utredninger fra en rekke land samt internasjonale organisasjoner på dette området. Et gjennomgående trekk er at det konkluderes med at det ikke foreligger noe klart dosebegrep som forvaltningen kan forholde seg til.

*Punkt 4:*

Det er i dag ukjent om kabling av luftledninger gir en positiv helseeffekt. Kabling av kraftledninger, særlig på høyere spenningsnivåer, er i tillegg svært dyrt. Ut fra dette, og resonnetet i punkt 1 ovenfor, kan det derfor ikke tilrås å kable ut fra ønsket om å forebygge barneleukemi.

Det bør tas med i vurderingen at kabling av lavspenningsledninger og mindre høyspenningsledninger (f.eks. 22 kV) faller vesentlig billigere enn høyere spenninger, og at innvinning av verdifulle tomteareal i enkelte tilfeller kan gi en nettogevinst av kabling. Man skal heller ikke se bort fra den psykologiske effekten av at luftledningen blir borte.

Siden forskningen er konsentrert om kraftledninger, og siden det ikke er grunnlag for å fastslå at lavfrekvente elektriske og magnetiske felt er kreftfremkallende, er det heller ikke grunnlag for å gjøre helsebegrunnede tiltak mot andre kilder til magnetiske felter, som f.eks. jordkabelanlegg, transformatorer i bygninger o.a. Andre hensyn, som forstyrrelse av elektronisk utstyr, kan imidlertid begrunne tiltak ved slike feltekilder.

Idet det vises til vurderingene ovenfor vil embetsgruppen oppsummere slik:

Tiltak synes bare aktuelt ved nye anlegg (nye ledninger og nye bygg). Oppmerksomheten bør konsentreres om de største kraftledningene, men en nedre grense for vurdering av tiltak kan vanskelig fastsettes. Det finnes ikke vitenskapelig grunnlag for å fastsette grenseverdier for tilrådd minsteavstand mellom bygg og kraftledninger. Det er ikke grunnlag for å vurdere tiltak ved andre feltekilder som jordkabelanlegg, transformatorer i hus o.l. Kabling av kraftledninger er med dagens kunnskaper ikke et aktuelt forebyggingsiltak når det gjelder leukemi blant barn.

**7.5 KOSTNADER**

Basert på anslag for anleggskostnader for kraftledninger, og anslag for hvor stor andel av ledningsanlegg som har nærføring til bygninger, kan man som en illustrasjon anslå mulige kostnader ved tiltak som går ut på å øke avstanden mellom kraftledninger og bebyggelse.

*Anleggskostnader for kraftledninger:*

I NVE-publikasjon 16/93 «Jordkabel som alternativ til luftledning» er det på sidene 36 og 38 gitt følgende oversikt over typiske anslag for investeringskostnader for kraftledninger:

45/66kV	0,8 mill kr./km
132 kV	1,0 mill kr./km
300/420 kV m/1 leder	2,8 mill kr./km
300/420 kV m/3 ledere	3,9 mill kr./km

*Prisen på traséomlegginger:*

En omlegging av en kraftledningstrasé medfører oftest at traséen må endres fra en mest mulig rettlinjet traséføring til en trasé med flere knekkpunkter. Som en følge

av økt belastning på mastene i knekkpunktene, må det benyttes grovere dimensjonerte master, og mastene må også om nødvendig forankres.

Meromkostningene pr. mast utgjør et prispåslag på i størrelsesorden 80%. En vanlig traséjustering der traséen flyttes vekk fra et eller flere hus krever minimum 4 slike master. Prispåslaget på den omlagte strekningen vil variere alt etter hvor lang omleggingen er, og hvor mange forsterkede master som kreves. Skjønnsmessig må man regne med et prispåslag på den omlagte trasé på minimum 25 %. En slik traséjustering medfører også en forlengelse av traséen (antall km. ledninger), som erfaringsmessig vil ligge i størrelsesorden på ca. 25%. En traséomlegging kan derfor medføre et prispåslag på 50% i forhold til prisen på en vanlig trasé.

#### *Oversikt over kostnader for omlegging av kraftledningstrasé:*

45/66kV	0,4 mill kr./km
132 kV	0,5 mill kr./km
300/420 kV m/1 leder	1,4 mill kr./km
300/420 kV m/3 ledere	1,95 mill kr./km

De årlige ekstraomkostninger forbundet med tiltak som traséomlegging avhenger av nivået på nybygging og ombygging av kraftledninger. Utbyggings- og ombyggingsaktiviteten varierer fra år til år. Det er derfor vanskelig å kunne gi et eksakt overslag over de meromkostninger en slik strategi vil medføre.

Nedenfor vil vi først se på et eksempel der de ovenfor nevnte forutsetninger legges til grunn. Det forutsettes at tiltak gjøres ved fornyelse av eksisterende kraftledninger når master byttes ut. Deretter beregnes et eksempel der det bare gjøres tiltak ved nye ledninger. I begge tilfeller forutsettes bare relativt billige tiltak som endring av ledningenes trasé. Det gis deretter et eksempel der en forutsetter riving av hus som tiltak. Til slutt vises en oversikt over prisen på kabling av kraftledninger.

#### **7.5.1 Eksempel: Gradvise tiltak mot eksisterende anlegg.**

Forutsetninger:

- Vi velger i eksemplet bare å gjøre tiltak ved anlegg som omfattes av anleggs-konsesjonsordningen i energiloven § 3-1, dvs. overføringsnett med spenning over 22 kilovolt. Dette utgjør halvparten av antall kilometer med ledninger.
- Nyverdi av eksisterende luftledningsanlegg på dette nivå er av Norges vassdrags- og energiverk (NVE) beregnet til 40 milliarder kroner.
- Ved 30 år som fornyelsesperiode/konsesjonsperiode skal det hvert år fornyes anlegg for 1,33 milliarder kroner.
- Traséendringer, med lengre trasé, og flere knekkpunkter som resultat, velges som det aktuelle tiltak.
- Ekstrakostnader forbundet med dette settes til 50 % for aktuell distanse. Anslaget bygger på tall fra NVE, basert på erfaringer fra konkrete eksempler, jf beskrivelsen ovenfor.
- Traséen må endres på lengre strekninger enn der det er direkte nærføring. Hvor stor del av total traséstrekning som må omlegges er usikkert. Her velges 4%.
- 50% ekstrakostnader for 4% av strekningen gir 2% ekstrakostnader for hele strekningen.

- 2% ekstrakostnader medfører ekstraavgifter på 26,7 mill. kroner pr. år.

### 7.5.2 Eksempel: Bare tiltak mot nye anlegg

Gjennomsnittlige investeringer i nybygging av kraftledninger utgjør i følge tall fra NVE ca. 300 mill. kr. pr. år. Vi tar utgangspunkt i tilsvarende forutsetninger som i eksemplet ovenfor: Traséen må endres på lengre strekninger enn der det er direkte nærføring. Hvor stor del av total traséstreking som må omlegges er usikkert. Her velges 4%. 50% ekstrakostnader for 4% av strekningen gir 2% ekstrakostnader for hele strekningen. 2% ekstrakostnader av 300 mill. kroner pr. år, medfører at de årlige ekstrakostnader for tiltak mot nye anlegg utgjør 6 mill. kroner pr. år.

### 7.5.3 Eksempel: Riving av hus

Kreftregisteret har i forbindelse med en konkret undersøkelse anslått at 1,1 % av norske barn bor nærmere enn 50 meter fra større kraftledninger. Spenningsgrensen er for deler av materialet satt ved 50 kilovolt (kV) og for andre deler ved 100 kV. I *dette* eksemplet velger vi å sette grensen for nærføring ved 50 meter, men vi understreker at dette ikke må oppfattes som noen grenseverdi.

Antar vi at 1,1 % av samtlige boliger er berørt, og at nærføringsproblemet kan fjernes for 2/3 av disse ved traséomlegginger, må 1/3 av husene rives for å unngå all nærføring. Dette betyr at 0,37% av boligmassen må rives og erstattes.

Norge har 1,75 millioner boliger, hvorav 58% er eneboliger. (Statistisk Årbok 1994). Setter vi en gjennomsnittlig gjenanskaffelsesverdi inklusiv tomtekostnader til 800 000 kroner, er verdien av hele boligmassen 1400 milliarder kroner. Investeringsbehovet ved den forutsatte riving (0,37% av 1400 milliarder kroner) utgjør 5,2 milliarder kroner. Ved beregningen av de samfunnsøkonomiske realkostnader ved denne rivingen må man imidlertid ta hensyn til at eksisterende boliger har ulik verdi. Antar vi at boligene i snitt har en verdi lik halvparten av ny verdi, blir kostnadene ved denne rivingen 2,6 milliarder kroner.

Kostnader ved riving av hus bare ved etablering av *nye* ledninger er langt lavere, men her blir også gevinsten i form av mulig effekt på forekomsten av barneleukemi lavere, siden dette tiltaket bare i beskjeden grad vil bidra til å flytte kraftledninger fra barnebefolkningen her i landet.

### 7.5.4 Omkostninger ved kabling av ledninger

*Kabling* av kraftledninger er svært kostbart, særlig på høyere spenningsnivåer.

Embetsgruppen understreker at kabling ikke er et aktuelt tiltak i forhold til å forebygge antall tilfeller av leukemi blant barn som bor nær kraftledninger, men vi velger å ta inn en oversikt over kostnader forbundet med kabling for å illustrere kostnadsnivået ved kabling av kraftledninger.

NVE- publikasjon 16/93 «Jordkabel som alternativ til luftledning» har på side 38 følgende tabell over prisforholdet mellom jordkabel og luftledning:

Spenningsnivå	kostnadsforhold kabel- luftledning	kabelkostnader
45/66kV	ca. 3:1	2,4 mill kr./km
132kV	ca. 4:1	4 mill kr./km



Spenningsnivå	kostnadsforhold kabel- luftledning	kabelkostnader
300 kV, 1 kabel	ca. 4:1	11 mill kr./km
300 kV, 3 kabler	ca. 8:1	31 mill kr./km
420 kV, 3 kabler	ca. 12:1	47 mill kr./km

Ved en 300 kV ledning i Bergen (Fana-Kollsnes-saken, som er omtalt i "*Historikk og nå-situasjonen i Norge*" i kapittel 3) ble riving av hus langs deler av traséen beregnet til å koste 100 mill. kroner, mens kabling av samme strekning ble beregnet til å koste 200 mill kroner. Kabling medfører meget betydelige kostnader. Det ble i denne saken besluttet kabling av en delstrekning av hensyn til det unike kulturlandskapet i området.

### 7.5.5 Konklusjon om kostnader ved ulike tiltak

Mange av de valgte forutsetninger i eksemplene kan diskuteres, og det må presiseres at kostnadsanslagene er meget usikre, og derfor bare er ment som en illustrasjon.

Embetsgruppen antar at bare utgifter i den størrelsesorden som er antydnet i eksemplet *tiltak mot nye anlegg*, er akseptable ved en avveining av de mulige fordeler en redusert nærhet mellom kraftledninger og barnebefolkningen kan gi.

Utgiftene i eksemplet *gradvise tiltak mot eksisterende anlegg* (ved bytting av master) er av en slik størrelsesorden at embetsgruppen ut fra dagens viten ikke kan anbefale at tiltak iverksettes ved bytte av master i eksisterende anlegg.

Det kan likevel i enkelte tilfeller være aktuelt at anleggseieren velger å søke om konsesjon for en endret trasé. Dette forutsetter imidlertid at det er mulig å finne arealer til en alternativ trasé.

Settes krav om å unngå all nærføring, kan omfattende riving av hus bli nødvendig. Dette kan gi kostnader i milliardklassen. Embetsgruppen vil i denne sammenhengen understreke at selv et *så* omfattende tiltak ikke med sikkerhet vil kunne gi en gevinst i form av redusert forekomst av barneleukemi med ett eneste tilfelle. Embetsgruppen kan derfor ikke anbefale at det iverksettes tiltak med sikte på å unngå all nærføring.

Også kostnadene forbundet med kabling av kraftledninger er i en størrelsesorden som langt overstiger de mulige fordeler en redusert nærhet mellom kraftledninger og barnebefolkningen kan gi. Eksemplene foran viser at traséendringer er det eneste aktuelle tiltak som kan realiseres innenfor realistiske økonomiske rammer. Nærføring må derfor aksepteres der traséendringer ikke er mulig.

## KAPITTEL 8

**Forslag til tiltak****8.1 INNLEDNING**

I dette kapitlet foreslås konkrete tiltak for å forebygge barneleukemi som kan ha sammenheng med «nærhet til kraftledninger» og eksponering for sterke elektromagnetiske felt for gravide arbeidstakere i enkelte «elektriske yrker». Embetsgruppens grunnlag for å foreslå at det iverksettes enkelte tiltak er dels den praksis og strategier som er valgt i andre land, jf omtalen i "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4, dels den forskning som er gjennomgått i "*Helsemessige effekter*" i kapittel 5, og dels den drøfting av strategier og tiltak som er gjennomført i "*Drøfting av strategier og tiltak*" i kapittel 7.

De to hovedområdene det er aktuelt å vurdere tiltak på, er bosted ved kraftledninger (8.2) og arbeidsplasser i industri og arbeidsliv (8.3). Vurdering av tiltak knyttet til andre helseeffekter som el-overfølsomhet omtales i "*Tiltak vedrørende el-overfølsomhet o.l.*" i avsnitt 8.4.

I dette kapitlet omtales også tiltak på områdene: videre forskning og utviklingsarbeid (8.5), informasjon (8.6) og behov for ny gjennomgang (8.7).

**8.2 TILTAK KNYTTET TIL BOSTED NÆR KRAFTLEDNINGER****8.2.1 Faktorer ved vurdering av tiltak**

I "*Drøfting av strategier og tiltak*" i kapittel 7 har embetsgruppen gjennomgått generelle kriterier for tiltak og de tiltak som kan være aktuelle ut fra dagens kunnskapsnivå. Ved de konkrete vurderinger av tiltak, legger embetsgruppen på bakgrunn av drøftingen i dette kapitlet, følgende faktorer til grunn:

*Omfang / individuell risiko:*

For befolkningen som helhet kan negative effekter på helse fra kraftledninger ikke regnes som noe stort problem. Andelen av befolkningen som bor nær kraftledninger er avgrenset, det samme gjelder antall barn i denne befolkningsgruppen. For de eksponerte barna er den anslåtte tilleggsrisiko for å få leukemi imidlertid av en størrelse som kan tilsi at tiltak bør vurderes.

*Vitenskapelig belegg:*

Det foreligger mange undersøkelser, og de fleste peker svakt i samme retning. Grunnlaget for eventuelle tiltak er imidlertid bare basert på epidemiologisk forskning, og det reises betydelige metodologiske innvendinger mot slike undersøkelser evne til å påvise årsaker. Spesielt rettes kritikk mot for svak kontroll av andre mulige årsaker til de påviste statistiske sammenhenger. Det kan likevel sies å være et visst belegg for å anta at bosted nær kraftledninger øker sjansen for barneleukemi.

*Virkningsmekanismer:*

Forskningen har ikke kunnet klargjøre hva som er årsaken til den observerte korrelasjon mellom bosted nær kraftledninger og hyppighet av barneleukemi. Skyldes den eksponering for magnetiske felter, elektriske felter eller helt andre forhold? I

den svenske rapporten fra Socialstyrelsens arbeidsgruppe uttales bl.a. dette om andre risikofaktorer for barneleukemi og hjernesvulst:

«Narkotiska smärtstillande medel til mödrar under graviditet har, om än bara i vissa studier, varit associerad med ökad leukemiforekomst hos barn (McKinney o a 1987). Rökning under graviditet rapporterades i svensk fallkontrollstudie vara knuten till en ökad risk för barnet att insjukna i leukemi (Stjernfeldt oa 1986). Dessa fynd har emellertid inte kunnat bekräftas i andra studien. ....» (side 79)

Videre sies det:

«Det har diskuterats huruvida skillnader i sociala förhållanden skulle kunna ge upphov till indirekta samband via koppling till t ex rökning, annat missbruk eller virusinfektioner. Det finns emellertid inga belägg för att dessa faktorer är starkt associerade vare sig med EMF eller barneleukemi.» (side 79)

Forbruket av elektrisitet har øket svært mye de siste 30-40 år, og eksponeringen for elektromagnetiske felt har dermed også øket tilsvarende mye. Det foreligger til tross for dette likevel ikke en trend som viser økning av insidensen for akutt leukemi hos barn.

Om årsaken likevel skulle være magnetiske felter, vet vi fortsatt ikke hva som er en dose: Hva betyr feltstørrelse kontra eksponeringstid? Finnes det terskelverdier? Både virkningsmekanisme og dose er foreløpig ukjent.

#### *Mulige tiltak:*

Siden virkningsmekanismene er ukjente, vil ingen tiltak i prinsippet gi noen sikker effekt. Økt forekomst av barneleukemi er i epidemiologiske undersøkelser knyttet til nærhet til kraftledninger. Det er derfor nærliggende å velge *økt avstand mellom boliger og kraftledninger* som et mulig tiltak. Vi vet imidlertid ikke pr. idag om tiltaket gir noen effekt på forekomsten av barneleukemi.

Økt avstand mellom boliger og kraftledninger kan i tillegg i enkelte tilfelle kunne ha en positiv *estetisk og miljømessig effekt* generelt ved at befolkningens engstelse og ubehag fra forhold som støy og utladninger reduseres.

#### *Kostnader:*

Kostnadene ved å øke avstanden mellom boliger m.v. og kraftledninger varierer mye. Noe kan oppnås ved små kostnader, mens andre tiltak er svært kostnadskravende. Forutsettes forsiktige tiltak gjennomført bare ved *nye anlegg*, antyder regneeksempler årlige kostnader på noen få millioner kroner pr. år. Dette anser embetsgruppen som forsvarlige kostnader selv om vi idag ikke vet om dette vil ha noen forebyggingseffekt i forhold til å redusere antall barneleukemifelle.

Velger man på den andre side å sette krav om bestemte minimumsavstander for *alle eksisterende kraftledninger av enhver størrelse* slik at riving av hus blir nødvendig, vil kostnadene øke dramatisk. Vi kommer da fort opp i milliardbeløp – fortsatt uten å vite om en ved en slik strategi vil oppnå en reduksjon i antall barneleukemifelle. Fastsetter vi f. eks. betydelig økte grenser for minsteavstand, og lar dette gjelde *også for eksisterende anlegg*, vil dette medføre utgifter helt utenfor realistiske rammer. Riving av hus, krav om kabling og tiltak også for eksisterende anlegg, vil gi så store kostnader at en umiddelbart kommer inn på spørsmålet om

alternativ bruk av ressurser for å bedre levekår og helsetilstand i befolkningen generelt.

Om kostnadene ved å iverksette de ulike tiltak skal dekkes via økte overførings-tariffer eller på annen måte har ikke vært avgjørende for embetsgruppens forslag. For samfunnet er det de totale kostnader i forhold til nytten av tiltakene som bør være avgjørende.

*Planlegging av nettstrukturen med henblikk på muligheter for å sanere anlegg og redusere nærføring:*

Over tid er det mulig å redusere antallet mennesker som bor nær kraftledninger. Dette kan skje ved at nødvendige nettførsterkninger foretas i ledningstraséer med lite nærføring til bebyggelse. Samtidig lar en være å forsterke den delen av nettet som har stor nærføring til bebyggelse, der forholdene ellers ligger til rette for det. Over tid kan dette gi muligheter for å sanere ledninger som i stor grad berører bebyggelse. Tiltaket forutsetter ikke bygging av nye ledninger bare for å redusere nærføringsproblematikk, men baserer seg på en bevisst, langsiktig planlegging der målsettingen er å redusere antall bygninger i nærheten av kraftledninger.

Kostnadene ved slike tiltak vil variere sterkt. I enkelte områder hvor forholdene ligger til rette for det, kan et slikt tiltak gjennomføres som en naturlig utvikling av nettet. I andre områder kan det motsatte være tilfellet, og gjennomføringen vil kreve økte ressurser i forhold til den nettutbygging som ellers ville ha skjedd.

*Negative effekter knyttet til økt avstand:*

Krav om å unngå nye kraftledninger nær boliger og nye boliger nær kraftledninger, kan gi negative effekter knyttet til arealbruk, naturvern og estetikk: Å flytte ledningene vekk fra boligområder betyr ofte at de må føres over på lite berørte naturområdet i stedet. Traséomlegginger vil medføre at det må benyttes grovere dimensjonerte, og eventuelt høyere master i knekkpunktene. Slike master vil virke mer dominerende i landskapsbildet. Krav om å unngå boligbygging ved kraftledninger, kan ved arealknapphet kanalisere byggingen til mindre egnede arealer (med stor trafikk, høy grad av forurensning, mindre heldige lokale forhold m.v.), og dermed også gi negative helsemessige, miljømessige og estetiske virkninger.

*Forholdet til annet helsefremmende og forebyggende arbeid:*

Ingen tiltak i forbindelse med kraftledninger er til idag påvist *effektive* i den forstand at en vil kunne registrere en reduksjon i antall tilfeller av barneleukemi. Tiltak mot andre påviste skadelige faktorer som gir negative helsevirkninger vil gi større forebyggende effekt pr. brukt krone. Embetsgruppen viser her bl.a. til tabell 5.1 som illustrerer dødelighetsrisiko relatert til eksponering for noen omgivelsesfaktorer i Norge.

## 8.2.2 Forslag til tiltak

Dagen kunnskapsgrunnlag gir svakt grunnlag for å anbefale konkrete tiltak. Sjansen er stor for at en får store kostnader ved ulike tiltak, med ingen eller minimale påviselige positive helseeffekter. Noen tiltak kan i tillegg gi negative bieffekter. Embetsgruppen vil ut fra dette anbefale at tiltak iverksettes innenfor rammen av en moderat forsiktighetsstrategi. Det vises ellers til omtalen av de ulike strategier i "*Drøfting av strategier og tiltak*" i kapittel 7.

Når det gjelder *type tiltak*, bygger embetsgruppen på de utredningene og konklusjonene som omtales i "*Helsemessige effekter*" i kapittel 5. Her har embetsgruppen vurdert foreliggende forskning og konkludert med at det ikke er grunnlag for å klassifisere *elektromagnetiske felt* som kreftfremkallende. Derimot er det funnet «begrensede holdepunkter» for at *nærhet til kraftledninger* kan karakteriseres som kreftfremkallende. I mangel av konkrete virkningsmekanismer står en derfor igjen med ulike tiltak for å *øke avstanden mellom boliger og kraftledninger* som aktuelle virkemidler.

Når det gjelder *konkret utforming* av tiltakene bygger embetsgruppen på drøftingen i "*Drøfting av strategier og tiltak*" i kapittel 7, der det konkluderes på side 61:

«Tiltak synes bare aktuelt ved nye anlegg (nye ledninger og nye bygg). Oppmerksomheten bør konsentreres om de største kraftledningene, men en nedre grense for vurdering av tiltak kan vanskelig fastsettes. Det finnes ikke vitenskapelig grunnlag for å fastsette grenseverdier for tilrådd minsteavstand mellom bygg og kraftledninger. Det er ikke grunnlag for å vurdere tiltak ved andre feltkilder som jordkabelanlegg, transformatorer i hus o.l. Kabling av kraftledninger er med dagens kunnskaper ikke et aktuelt forebyggingsiltak når det gjelder leukemi blant barn.»

Med dette som utgangspunkt vil embetsgruppen anbefale følgende konkrete tiltak når det gjelder å øke avstanden mellom bygninger og kraftledninger:

1. Ved anlegg av nye kraftledninger bør man søke å unngå nærføring til boliger, barnehager skoler m.v. Tiltak forutsetter små kostnader og må ikke medføre andre ulemper av betydning. Aktuelle tiltak er i første rekke traséendringer.
2. Ved anlegg av nye boligområder, skoler, barnehager m.v. bør man unngå nærhet til kraftledninger. Der det er mulig, bør man (utfra flere hensyn) velge en noe større avstand enn de minstegrenser som er fastsatt av sikkerhetshensyn for avstand mellom kraftledninger og bebyggelse.

### 8.2.3 Utfyllende merknader

Det kan som embetsgruppen har pekt på ovenfor, være andre grunner til å iverksette tiltak. Kabling (enten i jord eller i sjø) er et mye diskutert, men relativt lite utbredt tiltak i Norge. I enkelte andre land er dette mer vanlig, jf omtalen av dette i "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4. Det er imidlertid viktig å være klar over at en tiltaksstrategi som gjelder kabling av kraftoverføringer i hovedsak har vært knyttet til miljømessige og estetiske sider og ikke helsemessige. Embetsgruppen har derfor ikke vurdert andre hensyn som kan tale for sterkere satsing på kabling av kraftoverføringer i Norge.

Ut fra interessen for mulige tiltak og de mange spørsmål om reiser seg på dette området, ser embetsgruppen likevel behov for enkelte presiseringer av den anbefalte forsiktighetsstrategi:

#### *Utredningskrav:*

Vurdering av mulige forebyggingsiltak bør gjøres som et ledd i det ordinære plan- og utredningsarbeid ved nye bygninger og nye kraftledninger etter gjeldende lovverk som er omtalt i "*Gjeldende lovverk – ansvarlige myndigheter*" i kapittel 6. Utredningene bør konsentrere seg om avstand mellom kraftledninger og aktuelle bygg, men selvfølgelig også ta andre hensyn som følger av lovverket og kravet til konsekvensutredninger. Utredningskravet omfatter krav til å legge fram alternative trasévalg.

*Avstand i meter:*

Forskningen har tatt utgangspunkt i ulike antagelser om hvem som kan være mulige eksponerte for elektromagnetiske felt. I de senere undersøkelser har en ofte valgt 50 meter fra sentrum av større kraftledninger som utgangspunkt. Dette betyr *ikke* at det er noe vitenskapelig grunnlag for å påstå at en avstand på 60 m er sikrere enn f.eks. 40 m. En kan heller ikke gi noen klar anbefaling for hvilke kraftledninger av hvilken størrelse en bør vurdere. Alt etter lokal arealsituasjon eller andre forhold bør en kunne anlegge nye boliger ved nåværende byggeforbudsgrense eller flere ti-meter fra ledningene. Tilsvarende gjelder for etablering av nye ledninger.

*Elektromagnetiske felt:*

Konklusjonen om at elektromagnetiske felter ikke kan klassifiseres som kreftfremkallende og de manglende kunnskaper om eventuelle virkningsmekanismer, har betydning for hvilke tiltak *samfunnet kan anbefale eller pålegge* gjennomført. Embetsgruppen kan pr. i dag ikke tilråde tiltak på andre områder enn kraftledninger. På grunn av usikkerheten som fortsatt er til stede når det gjelder negative helseeffekter av lavfrekvente elektromagnetiske felt, mener embetsgruppen at i valgsituasjoner bør man inntil videre velge løsninger med lavest mulig feltstyrke når dette kan gjøres uten merkostnader. Det finnes imidlertid ikke noe vitenskapelig grunnlag for å fastsette grenser for akseptable feltstyrker i boliger.

*Mastemodifikasjoner:*

Endringer av kraftledningsmastene (lineoppheng) reduserer de magnetiske feltene. Slike tiltak bør imidlertid ikke *pålegges* utført ut fra helsebetraktninger. Det er likevel nyttig at en, som et ledd i videre forskning på området, utvikler og utprøver slike og andre tiltak.

*Grenseverdier, felter:*

Fordi embetsgruppen mener det ikke er grunnlag for anbefalte tiltak i boliger pga elektromagnetiske felt, er det heller ikke aktuelt å innføre grenseverdier for disse.

I industrien og helsevesenet kan man bli utsatt for elektromagnetiske felt med en styrke som ligger langt over hva man blir utsatt for i boliger og ellers i arbeids- og dagligliv. Her finnes det internasjonale anbefalinger som også omfatter grenseverdier, jf omtalen i "*Tiltak i industri og arbeidsliv*" i avsnitt 8.3 nedenfor.

*Kabling og flytting av hus:*

Flytting/riving av hus kan ut fra forebyggingsseffekt vurdert opp mot kostnader, ikke anbefales som tiltak. Det samme gjelder for kabling – dette både ut fra kostnader, og ut fra usikkerhet om tiltaket overhodet har noen positiv helseeffekt. Kabling må eventuelt velges ut fra andre hensyn enn av hensyn til forebygging av barneleukemi.

**8.3 TILTAK I INDUSTRI OG ARBEIDSLIV**

I forhold til arbeidslivet kan det være flere grunner, tekniske så vel som helsemessige, til å utvikle elektriske forsyningssystemer som avgir minimalt med elektriske og magnetiske felt.

### 8.3.1 Grunnet for tiltak i arbeidslivet

Det er i yrkeslivet at mennesker regelmessig blir utsatt for de sterkeste elektromagnetiske feltene. Dette er omtalt i ekspertutvalgets rapport, avsnitt 4.3.2 (sidene 21-26). Som en samlebetegnelse benyttes ofte uttrykket «elektriske yrker». «Elektriske yrker» er imidlertid en uensartet gruppe yrker. Betegnelsen dekker alt fra elektroingeniører med hovedsakelig kontorarbeid, over til service- og monteringsarbeid, til arbeid i tung kraftkrevende industri som arbeid i elektrolyseverk og smelteverk, elektrosveising og induksjonsloddning.

Situasjonene hvor en arbeidstaker kan bli eksponert er tilsvarende mangeartete. På enkelte typer arbeidsplasser blir arbeidstakere utsatt for sterke felt store deler av arbeidsdagen, på andre arbeidsplasser bare i kortere perioder. Bortsett fra i store elektriske forsyningsanlegg, er elektriske felt som regel ikke noe problem. Det kan imidlertid være flere uavhengige grunner til å holde kontroll med magnetfeltene.

Elektriske yrker er også svært forskjelligartede m.h.t. andre eksponeringsfaktorer, ikke minst en rekke kjemiske faktorer, som i seg selv kan mistenkes for å være kreftfremkallende. En samlet vurdering av publiserte studier på kreft i «elektriske yrker» er gjort av ekspertutvalget og omtales på sidene 116-117 i utvalgets rapport. Det blir konkludert med at i flere av undersøkelsene er det vist en viss overhyppighet av leukemi og hjernekreft. En samlet vurdering gitt av Tore Tynes til Arbeidstilsynet viser til en ca. 10-20% økt forekomst av både leukemi og av hjernesvulst.

Ser man på magnetfelteksposisjonen isolert sett, er mange arbeidstakere i smelteverkene daglig eksponert for felt i størrelsesorden 100-500  $\mu\text{T}$ , d.v.s. ca. 1000 ganger de nivåene som er blitt benyttet som skille mellom «eksponerte» og «ueksponerte» i f.eks. Floderus og medarbeideres undersøkelse (1993). Hos disse høyt eksponerte arbeiderne er det ikke funnet overhyppighet av noen kreftform eller annen plage som kan korreleres til selve magnetfelteksponeringen som sådan.

Internasjonale krav til dokumentasjon gir heller ikke grunnlag for å karakterisere lavfrekvente elektromagnetiske felt som kreftfremkallende, verken ut fra epidemiologi eller ut fra dyreforsøk. På denne bakgrunn stiller embetsgruppen seg bak den konklusjon som blir benyttet av f.eks. IRPA (International Radiation Protection Association):

- *Det er grunn til å sette inn tiltak mot eksponering for elektriske og magnetiske felt som induserer strømmer som overstiger de spenninger og strømmer som kroppens livsytringer selv forårsaker. Feltstyrker av den størrelsesorden er allerede foreslått som grenseverdier av internasjonale organer som IRPA (se "Praksis og strategier i andre land" i kapittel 4).*
- *Vi vet for lite om langtidsvirkninger, f.eks. kreftfremkallende påvirkninger, til å sette inn spesifikke tiltak mot svakere felt. Videre forskning på området må til for å avklare hvorvidt slike virkninger finner sted.*

Overfor gravide arbeidstakere er det imidlertid grunn til å være ekstra aktpågående for å unngå unødig eksponering inntil man har mer kunnskap på området.

*Til tross for at epidemiologiske data ikke tyder på økt forekomst av abort og misdannelser, mener embetsgruppen at de eksperimentelle data kan gi grunn til forsiktighet. I dette spørsmålet er embetsgruppen også av den formening at et foster prinsipielt skal betraktes på lik linje med et hvilket som helst annet ikke-yrkesaktivt individ, og skal følgelig heller ikke utsettes for påvirkninger som kan være potensielt helseskadelige i den alminnelige befolkning.*

Slik saken står med vår nåværende viten, kan vi i dag vanskelig forsvare at man på samfunnsnivå gir råd om kollektive tiltak for å redusere og sanere magnetfelt i arbeidslivet. På den annen side kan vi heller ikke konsekvent fraråde det. Uansett hvordan man hadde gitt slike generelle råd, ville man komme opp i situasjoner der man blir stilt overfor vanskelige grenseoppganger, og det ville svært ofte i praksis være umulig å kunne sette konsekvente grenser. Man kan også i en del tilfeller stå overfor store måletekniske problemer.

### 8.3.2 Forslag til tiltak mot eksponering av arbeidstakere

Det er bare få – om noen – holdepunkter for å anta at den økte forekomsten av kreft i «elektriske yrker» skyldes eksponering for statiske eller lavfrekvente magnetfelt. Det kan ikke vises til hvilke typer felt eller hvilke egenskaper ved felt som eventuelt skulle kunne gi økt risiko for sykdom eller skader. Dette forholdet innebærer at man må være oppmerksom på alternative forklaringer som kan lede til helt andre tiltak enn dem man eventuelt ville iverksette mot elektromagnetiske felt. Dersom det er grunn til å se på langtidseffekter i «elektriske yrker», kan det være like sterke grunner til å se på andre mulige helseskader enn kreft.

Noen av de grenseverdiene for eksponering for elektromagnetiske felt som finnes idag er vedtatte eller omforenede anbefalinger, jf omtalen i "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4. Andre er forslag fremsatt under pågående vurderingsprosesser. Foreløpig har IRPAs grenseverdier vært benyttet i Norge der de overhodet kan anvendes. I lys av de forslag til grenseverdier som foreligger fra EU-kommisjonen og CENELEC, kan det likevel bli aktuelt å diskutere nasjonalt fastsatte grenseverdier.

Der de største feltene finnes er forekomsten av disse som regel en uunngåelig følge av selve produksjonsprosessen i en virksomhet. Anbefalinger om feltreduksjon vil ofte være umulige å gjennomføre på grunn av prosessens art. Virksomheten ville kanskje ikke kunne opprettholdes, eller praktiske ulemper eller kostnadene ved eventuelle tiltak ville kunne bli uforholdsmessig store. På den annen side er arbeiderne i praksis sjelden eller aldri eksponert på en måte som overstiger internasjonale forslag til grenseverdier. Det er derfor ikke tungtveiende grunner for ytterligere generelle anbefalinger om eksponeringsreducerende tiltak overfor industri og næringsliv i sin alminnelighet.

#### 8.3.2.1 Alminnelige tiltak

For å bedre arbeidsmiljøet i «elektriske yrker» i sin alminnelighet kan det være fruktbart å gå bredt inn på et stort utvalg av fysiske og kjemiske arbeidsmiljøfaktorer og bygge eventuelle tiltak på identifikasjon av spesifikke risikofaktorer knyttet til den enkelte bransje eller arbeidsplass. Det kjemiske arbeidsmiljøet på en del «elektriske» arbeidsplasser kan antagelig forbedres betydelig.

*Embetsgruppen finner ikke noe direkte helsemessig grunnlag for å iverksette tiltak overfor eksponering for elektromagnetiske felt i arbeidslivet så lenge de ikke overstiger de internasjonale forslagene til retningslinjer for beskyttelse mot akutte biologiske effekter. Dette er grenseverdier som det er redegjort for i "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4.*

#### 8.3.2.2 Særlige tiltak overfor gravide

Embetsgruppen anbefaler at man overfor gravide som gjennom sitt yrke eksponeres for særlig sterke elektromagnetiske felt av hensyn til fosteret, følger IRPAs anbe-



falte grenseverdier. Dette vil si 100  $\mu\text{T}$  ved 50 Hz og 40 mT for statiske magnetfelt (ubegrenset tid). Dette er riktignok såvidt høye verdier at de sjelden forekommer, men det innebærer visse restriksjoner ved arbeid i smelteverk og ved MR-apparatur, i noen grad også i elektrolyseverk.

*Embetsgruppen mener derfor at gravide som har sitt arbeid i nær tilknytning til uvanlig sterke elektriske og/eller magnetiske felt bør tilbys mulighet for midlertidig omplassering til annet arbeid under svangerskapet. Et forslag til en norsk forskrift som bygger på EU-direktiv 92/85 om beskyttelse av gravide og kvinner som nylig har født, er under utarbeiding, jf omtale i "Arbeid i «elektriske yrker»" i kapittel 6.3. Denne forskriften vil eventuelt kunne gi mulighet for bl.a. rett til omplassering for gravide dersom påvirkningen i arbeidsmiljøet kan gi risiko for forplantningsskade. Når omplassering ikke er mulig, skal arbeidsgiveren kunne dokumentere dette skriftlig. Slik skriftlig dokumentasjon kan gi utvidede rettigheter for utbetaling av fødselspenger. Trygdekontorene vil eventuelt kunne gi nærmere informasjon om gjeldende bestemmelser på dette punkt.*

Ved fastsettelse av en slik forskrift er det grunn til å anta at noen av dagens problemstillinger når det gjelder gravide i risikoarbeid kan løses. Den gravide får bedre rettigheter m.h.t. økonomisk kompensasjon i forhold til dagens regelverk som i prinsippet bare innebærer permittering hvis omplassering ikke er mulig, medmindre det foreligger sykdom som gir rett til sykepenger. Arbeidsgiver på sin side vil med dette kunne ha mindre motforestillinger med å ansette kvinner i fertil alder og sånn sett motvirke et «yrkesforbud» for kvinner innen enkelte yrker og bransjer.

*Embetsgruppen er klar over at det i en del tilfeller vil være vanskelig å vurdere de enkelte arbeidsplasser i henhold til denne forsiktighetsregelen. Man vil kunne få problemer med målemetode, gjennomføring av målinger og vurdering av måleresultater. Arbeidstilsynet og Strålevernet bør derfor utarbeide felles retningslinjer for hvordan risiko av arbeidsplasser skal vurderes m.h.t. elektromagnetiske felt og gravide arbeidstakere.*

Embetsgruppen vil understreke at når vi anbefaler omplassering av gravide kvinner som utsettes for særlig sterke elektromagnetiske felt i arbeidssituasjonen, er dette på et svakt teoretisk grunnlag. I tillegg må det presiseres at epidemiologiske studier ikke synes å gi grunn til engstelse for gravide som er eller har blitt utsatt for elektromagnetiske felt.

#### **8.4 TILTAK VEDRØRENDE EL-OVERFØLSOMHET O.L.**

En rekke sykdommer og helseplager er blitt assosiert med eksponering for elektromagnetiske felt. I de fleste tilfeller dreier det seg om usystematiske observasjoner som ikke er blitt undersøkt på en vitenskapelig forsvarlig måte. I de senere år er oppmerksomheten i økende grad blitt rettet mot symptomkomplekset el-overfølsomhet. Denne typen lidelse er viet spesielt stor omtale i den svenske ekspertutredningen, jf "*Helsemessige effekter*" i kapittel 5 i denne utredningen. Vi viser ellers til "*Andre helseskader*" i avsnitt 5.4.3 ovenfor.

På tross av en vesentlig forskningsinnsats det siste ti-året, er årsakene til el-overfølsomhet ikke klarlagt, og effektive metoder for å forebygge eller behandle disse helseproblemene er ikke identifisert. I Norge og Danmark har det ikke vært gjort undersøkelser for å kartlegge omfanget av problemet, mens i Sverige har undersøkelser i større bedrifter vist at så mye som 10 % selv angir at de er el-overfølsomme

Forskningen på dette feltet har nesten utelukkende vært rettet mot miljøfaktorer (fysiske, kjemiske og psykososiale). Når det gjelder risikofaktorer knyttet til person (fysiologiske og psykologiske) er det gjort svært lite. Mistanke har også vært rettet mot immunapparatet samt det autonome nervesystemet, men dette er ikke bekreftet. Embetsgruppen er kjent med at det planlegges en nordisk prospektiv «case-control»-studie for å kartlegge faktorer som har betydning for debut og utviklingen av el-overfølsomhet. Det gjelder både individrelaterte faktorer og miljøfaktorer som påvirker disse. Kunnskap om disse faktorene vil være viktig for å kunne gjøre målrettet forskning. Det vil også kunne gi grunnlag for forebyggende tiltak, diagnose og behandling som er rettet mot både person og/eller miljø.

Det er ut fra det som er omtalt ovenfor i dette kapitlet og tidligere i denne rapporten etter embetsgruppens mening ikke grunnlag foreløpig for å foreslå kollektive tiltak overfor el-overfølsomhet. Usikker diagnose og årsakssammenheng gjør det vanskelig å anbefale kollektive forebyggingstiltak. Det er etter embetsgruppens vurdering behov for en økt utrednings- og forskningsinnsats bl.a. for å avklare hvilke fysiske påvirkningsfaktorer og kjennetegn ved den enkelte person som eventuelt kan forsårsake denne type plager. Den forskningen som er skissert ovenfor, er et eksempel på denne type forskning. Ellers mener embetsgruppen at de helseproblemerne personer som lider av el-overfølsomhet har, best kan løses ved individrettede tiltak i arbeids- og dagligliv, i helsetjenesten og i forhold til trygdemyndighetene. Embetsgruppen vil understreke som den svenske ekspertgruppen gjør – og som Socialstyrelsen har sluttet seg til – at myndighetene må ta de el-overfølsommes problemer på alvor. Embetsgruppen viser til at dette er et nytt problemområde i Norge, og at en her i mindre grad enn i Sverige, har konkrete utredninger og holdpunkter for iverksetting av individuelle tiltak.

*Embetsgruppen foreslår derfor at det nedsettes en bredt sammensatt arbeidsgruppe under ledelse av Statens helsetilsyn. Arbeidsgruppens mandat bør omfatte å utrede sykdomsbegrepet samt forholdet til helsetjenesten og trygdelovgivningen. Arbeidsgruppen bør også foreslå eventuelle konkrete tiltak for å bedre livssituasjonen til personer som mener å være el-overfølsomme, herunder tiltak i trygde- og helsetjenestesammenheng. Embetsgruppen vil understreke at det i dette utredningsarbeidet er viktig å samarbeide med forskningsmiljøer og interesse- og/eller selvhjelpsgrupper på dette området.*

## 8.5 FORSKNING OG UTVIKLINGSARBEID

En omfattende forskningsinnsats i de siste 10-20 år har gitt betydelig kunnskap om mulighetene for at elektromagnetiske felt kan føre til helseskader. Til tross for dette er problemområdet fortsatt preget av usikkerhet og manglende kunnskap. Embetsgruppen vil – i likhet med ekspertutvalget – påpeke at det fremdeles finnes mange uavklarte spørsmål, og at mange basale grunnfakta mangler.

Elektromagnetiske felter utgjør et problem som Norge deler med andre land. Kunnskap fra fortsatt forskning vil derfor sannsynligvis komme, uavhengig av innsatsen i Norge. Det er imidlertid to forhold som gjør at det også er behov for innsats i vårt land:

- Elektrisk kraft er en spesielt viktig energiform i Norge. I tillegg betyr lange overføringsavstander, spesielle geografiske forhold og ulike tekniske løsninger at erfaringer fra andre land ikke uten videre gjelder her.
- Fagfolk kan vanskelig holde seg tilstrekkelig orientert om et helseproblem dersom de ikke har kontakt med aktive forskningsmiljøer. Vurdering av internasjonal forskning forutsetter et høyt kunnskapsnivå.

Elektrisitetsforsyningen representerer en viktig og omfattende samfunnssektor. Selv mindre feilvurderinger i denne sektoren kan medføre svært store kostnader. Selv om det i dag ikke er grunnlag for å tro at elektromagnetiske felter utgjør et stort helseproblem, bruker kommunale og statlige myndigheter betydelige ressurser på å arbeide med problemet. Forvaltningen er avhengig av høy kompetanse for å kunne behandle problemet på en forsvarlig måte.

Det synes i dag mindre sannsynlig at man i nærmeste framtid vil komme vesentlig lengre i avklaring av kreftrisikoen ved hjelp av epidemiologiske metoder alene. Når det gjelder andre mulige helseeffekter – som f.eks. spørsmålet om medfødte misdannelser – kan nye epidemiologiske studier ha verdi. For sykdomstilstander som psykiske lidelser er de tilgjengelige sykdomsregistrene usikre og mangelfulle, og det er lite trolig at epidemiologi på kort sikt vil kunne gi avgjørende svar på de aktuelle problemstillingene.

Videre framskritt innen epidemiologi kan neppe komme før man har en bedre mekanistisk forståelse av problemet, som studiene deretter kan legges opp etter. Blant en rekke uavklarte spørsmål er *dosebegrepet*, f.eks. er det ikke kjent hvorvidt eventuelle helseskader fra et elektromagnetisk felt er knyttet til dets styrke, eller til dets varighet i tid. Det betyr at det er et særlig behov for studier av mulige biologiske virkningsmekanismer.

Områdene som forskningen skal rettes inn mot bør springe ut fra forvaltningens, bransjens og befolkningens behov for kunnskap. Dette bør likevel ikke være til hinder for at aktuelle forskningsmiljøer kan ta opp spørsmål av mer grunnleggende karakter knyttet til elektromagnetiske felter.

*Embetsgruppen konkluderer derfor med at sammenhengen mellom elektromagnetiske felt og helsevirkninger bør være gjenstand for fortsatt forskningsinnsats. Blant problemområder som er særlig aktuelle vil vi nevne:*

- *Karakterisering av den egenskap eller de egenskaper ved elektromagnetiske felt som eventuelt kan ha betydning for helse.*
- *Sammenhengen mellom dose og respons.*
- *Identifisering av andre faktorer som eventuelt kan ha påvirket de epidemiologiske observasjonene.*
- *Er det mulig å finne effekter i forsøksdyr som tilsvarer de epidemiologiske observasjonene? (Dersom man finner fram til en dyremodell, vil forskningen være kommet et langt skritt videre.)*
- *Framskaffe kunnskap om årsaker til eloverfølsomhet for å gi grunnlag for profylakse, diagnose og behandling.*

*For å bidra til videre avklaring av helsevirkninger fra eksponering for elektromagnetiske felt, og for å opprettholde et høyt nasjonalt kompetansenivå, bør det brukes midler til fortsatt forskning. Innsatsen bør være på minimum det nivå som er etablert i de senere år. Embetsgruppen anbefaler at en vurderer finansieringen av forskningen på nytt med sikte på å legge til rette for en mer bransjeuavhengig forskningsaktivitet på dette området. Det er etter embetsgruppens mening viktig at forskningen har legitimitet i befolkningen og ikke oppfattes som for avhengig av ressursinnsats fra bransjen selv.*

## 8.6 INFORMASJON

Gjennom embetsgruppens arbeid er det blitt avdekket et betydelig informasjonsbehov når det gjelder elektromagnetiske felt og helse. Det har vært jevnlig oppslag i media og mange henvendelser til departementer og underliggende faginstanser på

området. Bevissthetsnivået og bekymringen i befolkningen i forhold til elektromagnetiske felt er høyt og kanskje stigende. Cand.scient. Morten Bremer Mærlis rapport om opplevelse av risiko i forbindelse med elektromagnetiske felt underbygger dette samtidig som den forteller at folks kunnskapsnivå er lavt. Det vises til omtale av rapporten i "*Innledning og bakgrunn*" i kapittel 2 og kapittel "*Historikk og nå-situasjonen i Norge*" i 3 foran. Det er derfor viktig at den informasjon som gis fra myndighetene når ut til og blir forstått av befolkningen.

*Embetsgruppen vil på denne bakgrunn foreslå at myndighetene utarbeider og gjennomfører en informasjonsplan om elektromagnetiske felt og helse.*

## 8.7 BEHOV FOR NY GJENNOMGANG

I og med at det forskes intenst, og at vår viten er økende, regner vi med at innsikt og kunnskap om dette vil bli mer fullstendig i framtiden. Enkelte forskningsrapporter av stor forvaltningsmessig betydning kan forventes publisert allerede kort tid etter at embetsgruppens arbeid er avsluttet. På et senere tidspunkt vil det derfor antagelig finnes et sikrere grunnlag for å ta fornuftige avgjørelser når dette problemet skal håndteres.

*Embetsgruppen mener derfor at en tilsvarende gjennomgang som denne bør gjentas på et senere tidspunkt, når vi har et bedre og bredere materiale å vurdere. Sannsynligvis er en realistisk tidsramme for dette i løpet av 5 til 10 år.*

I mellomtiden er det av største betydning at myndighetene holder seg løpende orientert om den vitenskaplige utvikling på området. For sikring av kompetansen er det også viktig at alle de berørte forvaltningsorganer etablerer systemer for å holde seg oppdatert uavhengig av hverandre, slik at forvaltningens kompetanse på området ikke ligger ensidig hos en etat eller et fåtall enkeltpersoner. Det er etter embetsgruppens vurdering samtidig viktig å ikke spre fagkompetanse på dette området for tynt utover da utvikling av gode fagmiljøer også er avhengig av at de omfatter et visst antall fagpersoner.

## KAPITTEL 9

**Administrative og økonomiske konsekvenser****9.1 ADMINISTRATIVE OG ØKONOMISKE KONSEKVENSER FOR TILTAK KNYTTET TIL BOSTED NÆR KRAFTLEDNINGER**

I regneeksemplet som er brukt som en illustrasjon i 7.5.2 er det forutsatt en årlig nybygging for 300 mill. kroner pr. år. Det er videre anslått at en økning av avstanden mellom ledninger og bygninger vil medføre ekstrakostnader på anslagsvis 2 % av anleggssummen. Tiltak mot nyanlegg vil derfor koste anslagsvis 6 mill. kr/år. Det må presiseres at kostnadsanslagene er meget usikre.

Dette beløpet må sies å være akseptabelt ved en avveining av de mulige fordeler en redusert nærhet mellom kraftledninger og den berørte barnebefolkningen kan gi. Med den usikkerhet som rår m.h.t. helsevurderinger av elektromagnetiske felt, ser imidlertid ikke embetsgruppen det som aktuelt at det benyttes midler utover dette, sett i forhold til annet helsefremmende og forebyggende arbeid på andre områder.

Embetsgruppen regner ikke med at tiltakene vil medføre økte eller endrete administrative konsekvenser.

**9.2 ADMINISTRATIVE OG ØKONOMISKE KONSEKVENSER AV TILTAK I INDUSTRI OG ARBEIDSLIV**

*Omfanget av arbeidstakere som er utsatt for særlig høy eksponering*

Omfanget av hvor mange som er utsatt for særlig høy eksponering i arbeidslivet vil avhenge av hvordan man definerer høye felt. Embetsgruppen vil i denne sammenheng omtale noen arbeidssituasjoner der det er kjent at det forekommer særlig høye felt:

I aluminiumsindustrien regner man med, ut fra yrkestittel, at ca. 1000 – 1500 arbeidstakere arbeider i prosesser med høye felt, hovedsakelig ved elektrolyseceller og i kraftforsyningen. Kvinneandelen er maksimalt 10%, dvs. at det kan være snakk om mellom 100 og 150 personer. Bransjen har siden 1983 hatt retningslinjer for omplassering av gravide arbeidstakere basert på en totalvurdering av risiko i arbeidsmiljøet.

I smelteverksindustrien (hovedsaklig ferrolegeringer o.l.) regner man med at ca. 2000 arbeidstakere er høyt eksponert, dvs. at de arbeider i tilknytning til smelteovnene eller kraftforsyningen. Kvinneandelen er lav, i alt mellom 10 til 50 kvinner i alt.

I Norge hadde man i desember 1993 i alt 9 MRI-tomografer i tilknytning til sykehusene. Det totale behovet er ifølge «Sosialdepartementets plan for utbygging av MR-teknologi ved landets sykehus» på 30-32 maskiner (utskifting av gamle maskiner ikke medregnet). Utbyggingen er planlagt gjennomført i løpet av en periode på 10 år.

Vanligvis regner man med at en MR-maskin blir betjent av to radiografer og en lege. Disse vil som regel befinne seg i et annet rom (5-6 meter unna) mens maskinene er i drift. Bare unntaksvis vil de måtte befinne seg nær maskinen, f.eks. hvis pasienten er urolig. Hvis pasienten som undersøkes er svært dårlig, vil det i enkelte tilfeller være nødvendig med anestesipersonell nær pasienten ved undersøkelsen.

Antall kvinnelige sveisere registrert hos Teknologibedriftenes landsforening var i 3. kvartal 1994 i underkant av 200 personer. Kvinneandelen på eventuelle

andre arbeidsplasser som kan være omfattet av svært høye felt, er vanskelig å tallfeste. Det er ikke grunn til å anta at det dreier seg om svært høye tall.

#### *Omfang av antall gravide som kan bli eksponert for svært høye felt*

Som det fremgår av oversikten, er det på landsbasis grunn til å regne med et relativt lite antall gravide som i sitt arbeid regelmessig kan bli utsatt for svært høye felt, da kvinneandelen i disse bransjene og yrkene tradisjonelt er lav. Unntaket er helsevesenet, men antall MR-maskiner er lite. Det skulle være forholdsvis enkelt å unngå at gravide oppholder seg nær maskinen når den er i drift ved å innføre enkle rutiner.

Når arbeidsplassene skal vurderes med henblikk på graviditet, må det alltid foretas en totalvurdering av alle arbeidsmiljøfaktorer. Ofte vil det også være andre faktorer tilstede som ikke er gunstig for gravide, f.eks. forurenset arbeidsatmosfære, høy temperatur, tungt fysisk arbeid m.m.

Embetsgruppen forutsetter her at eventuelle retningslinjer også vil gjelde for eksponering for svært høye felt. Ofte kan det være kombinerte årsaker til at arbeidsplassen er uegnet for gravide, ikke bare elektromagnetiske felt. I mange tilfeller vil det være mulig å omplassere arbeidstakerne innen bedriften.

Ut fra en foreløpig vurdering vil embetsgruppen med dette tro at antall gravide som vil få utvidet rett til fødselspenger på grunn av eksponering for elektromagnetiske felt, er relativt beskjedent. De samfunnsøkonomiske konsekvensene burde være små ved å innføre denne praksisen.

Embetsgruppen antar ut fra det beskjedne omfanget det her er snakk om at tiltaket ikke vil medføre økte eller endrete administrative konsekvenser.

### **9.3 ADMINISTRATIVE OG ØKONOMISKE KONSEKVENSER VEDR. UTREDNING OM EL-OVERFØLSOMHET**

Forslaget om å nedsette en arbeidsgruppe til å utrede spørsmål knyttet til symptomkomplekset el-overfølsomhet vil i første omgang ikke medføre økte økonomiske konsekvenser utover kostnader i form av vanlig møte- og reisegodtgjørelse m.v. for arbeidsgruppens medlemmer.

Når det gjelder administrative konsekvenser, antar embetsgruppen at arbeidsgruppen – dersom forslaget får tilslutning – vil bli fulgt opp administrativt på vanlig måte i Sosial- og helsedepartementet og i Helsetilsynet.

### **9.4 ADMINISTRATIVE OG ØKONOMISKE KONSEKVENSER AV TILTAK VEDR. FORSKNING OG UTVIKLINGSARBEID**

Embetsgruppen mener at sammenhengen mellom elektromagnetiske felt og helsevirkninger bør være gjenstand for fortsatt forskningsinnsats – også her i Norge. Embetsgruppen har i "*Informasjon*" i avsnitt 8.6 nevnt noen aktuelle problemområder. Det kan også være andre. Det er vanskelig å anslå kostnader ved fortsatt forskning på dette området bortsett fra at den økonomiske innsatsen bør være på minst det nivået som det har vært de senere år eller at forskningsinnsatsen eventuelt oppgraderes. Embetsgruppen er midlertid av den oppfatning at finansieringen av framtidig forskning må være en viktig sak for forvaltningen, slik at fortsatt forskning er mindre sårbar og avhengig av direkte deltakelse fra en betalingsdyktig bransje. En delvis øremerkning av forskningsmidler kan etter embetsgruppens mening, være en løsning. Embetsgruppen vil foreslå at dette blir vurdert i en større forskningspolitisk sammenheng.

### **9.5 ADMINISTRATIVE OG ØKONOMISKE KONSEKVENSER AV EN INFORMASJONSPLAN**

Embetsgruppen vurderer utgifter til informasjon på dette området som et ledd i berørte departementers generelle informasjonspolitik.

## Vedlegg 1

# Oversikt over begreper, faguttrykk, organisasjoner, institusjoner m.v.

### A. Begreper og faguttrykk

	påvirkningsfaktor
<b>agens</b>	
<b>biologiske effekter/helseeffekter</b>	forskjellen på disse to begrepene ligger i hvorvidt effekten bare er et biologisk svar på påvirkningen, eller om den også påvirker helsen. Et eksempel er om man blir brun i solen er man utsatt for en biologisk effekt; solforbrenning og eventuell hudkreft er en helseeffekt.
<b>confounding (factors)</b>	samvarierende forvirringsfaktorer. Faktorer som samvarierer med den egentlige årsaken, men som ikke har noe med årsaksforholdet å gjøre.
<b>DNA</b>	arvestoffet i cellene.
<b>eksperimentell</b>	studiesituasjon som ser på effekter av vilkårlige påvirkninger, som f.eks. effekt av et påtrykket elektrisk felt; i motsetning til klinisk eller epidemiologisk forskning.
<b>ekstremt lavfrekvent felt (ELF)</b>	et ikke helt presist begrep som mer eller mindre omfatter elektriske og magnetiske felt med lavere frekvens enn radiobølger.
<b>elektrisk felt</b>	det kraftfelt som omgir alle elektrisk ladede gjenstander. Enhet for elektrisk felt er volt pr. meter (V/m). Ved store feltstyrker benyttes enheten kilovolt pr. meter (kV/m) som er lik 1000 V/m.
<b>elektromagnetiske felt</b>	det er vanlig å bruke betegnelsen «elektromagnetiske felt» som en kortform for det mer omfattende uttrykket «elektriske og magnetiske felt», if også uttrykkene «lavfrekvente felt» og «elektriske felt» og «magnetiske felt».
<b>EMF</b>	internasjonal forkortelse for elektromagnetiske felt.
<b>epidemiologi</b>	vitenskapen om hvordan en tilstand (sykdom) brer seg (er fordelt) i en befolkning. Statistisk analyse av sammenhengen mellom en gitt tilstand i befolkningen (forekomsten av en bestemt sykdom) og en gitt miljøpåvirkning (smittekilde, stråling, forurensing).
<b>fysiologi</b>	vitenskapen om levende organismers normale livsfunksjoner.
<b>hertz, Hz</b>	måleenhet for frekvens.
<b>ikke-ioniserende stråling</b>	stråling som har for lav energi til å slå løs elektroner fra atomer og molekyler og derved skape frie ioner; i praksis all elektromagnetisk stråling med samme bølgelengde som ultraviolett lys eller lengre, som synlig lys, infrarødt lys, mikrobølger, radiobølger og lavfrekvente felt.
<b>in vitro-studier</b>	studier «i glass»; studier på isolerte vevskulturer.



*A. Begreper og faguttrykk*

---

<b>inkonsistente data</b>	selvmotsigende resultater eller resultater som ikke samsvarer med dem fra andre ellers sammenlignbare undersøkelser.
<b>insidens</b>	forekomst av nye tilfeller.
<b>induksjon</b>	framkalling av spenning og strøm ved hjelp av tidsvariable felt eller bevegelse i statiske felt. Se også magnetisk flukstetthet.
<b>ioniserende stråling</b>	stråling som består av partikler eller meget hurtige elektromagnetiske svingninger som har så høy energi at de kan slå løs elektroner fra atomer eller molekyler og derved skape frie ioner.
<b>klinisk forskning</b>	forskning i forhold til syke individer.
<b>kohorte</b>	«årskull». I epidemiologisk sammenheng benyttes betegnelsen kohorte også som en avgrenset del av befolkningen som har visse egenskaper til felles, f.eks. bosted eller yrke.
<b>lavfrekvente felt</b>	elektriske og magnetiske felt som svinger langsommere enn radiobølger. Lavfrekvente felt har så stor bølgelengde at det ikke er noen entydig sammenheng mellom den elektriske og den magnetiske feltkomponenten. De to felttypene betraktes hver for seg som uavhengige fenomener.
<b>magnetiske felt</b>	det kraftfeltet som dannes rundt elektriske ladninger i bevegelse. Styrken på kraftfeltet måles som magnetisk feltstyrke eller magnetisk flukstetthet, jf nedenfor.
<b>magnetisk flukstetthet</b>	den magnetiske flukstettheten (B) er lik den magnetiske feltstyrken (H) multiplisert med den magnetiske permeabiliteten ( $\mu$ ) for det materiale man måler i. Magnetiske flukstetthet måles i tesla (T) som er en meget stor enhet. Mest praktisk enhet for de fleste magnetiske flukstettheter man støter på er millitesla (mT) eller mikrottesla ( $\mu$ T).
<b>mikrobølger</b>	elektromagnetiske bølger med bølgelengde mellom 1 m (frekvens: 300 MHz) og 1 mm (frekvens: 300 GHz). De mest brukte mikrobølgene som bla. benyttes i mikrobølgeovner har en bølgelengde på ca. 12 cm (frekvens: 2,45 GHz).
<b>prevalens</b>	totalforekomst. F.eks. hvor mange som til enhver tid lider av en sykdom.
<b>statisk felt</b>	et felt som ikke forandrer seg over tid.
<b>stråling</b>	transport av energi gjennom rom i form av partikler eller energisvingninger.
<b>terskelverdi</b>	det minstenivået en stimulering må ha for å kunne gi noen effekt.
<b>tidsvariable felt</b>	felt hvis styrke eller retning varierer over tid.

*B. Organisasjoner m.v.*

*B. Organisasjoner m.v.***Foreningen for el-overfølsomme****TBL**

Teknologibedriftenes Landsforening&gt;

*C. Norske faginstitusjoner m.v.***Arbeidstilsynet**

Direktoratet for arbeidstilsynet

**Folkehelse**

Statens institutt for folkehelse

**Helsetilsynet**

Statens helsetilsyn

**Kreftregisteret****LAMYK**

Laboratorium for miljø- og yrkesbetinget kreft ved Radiumhospitalet

**NVE**

Norges vassdrags- og energiverk

**Produkt- og elektrisitetstilsynet**

Tidl. Elektrisitetstilsynet

**STAMI**

Statens arbeidsmiljøinstitutt

**Statnett****Strålevernet**

Statens strålevern

**D. Internasjonale fagorganer m.v.**

Academie Nationale de Medicine, Frankrike

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), USA

Comite Europeen de Normalisation Electrotechnique (CENELEC)

Environmental Protection Agency (EPA), USA

EU-kommisjonen

International Agency for Research on Cancer (IARC)

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)

International Non-Ionizing Radiation Committee (INIRC)

International Radiation Protection Association (IRPA)

Magnetfältgruppen vid Finska Elverksföreningen, Finland

National Radiological Protection Board (NRPB), Storbritannia

Oak Ridge Associated Universities (ORAU), USA

Sundhedsministeriets Expertgruppe vedr. Ikke-Ioniserende Stråling (SEIIS), Danmark

World Health Organization (WHO)

## Vedlegg 2

# **Eksponeringskriterier benyttet i studier av kreft hos barn nær kraftledninger – utarbeidet av Statens strålevern for embetsgruppen**

Ekspertutvalgets rapport og Folkehelsas, LAMYKs og STAMIs vurderinger leder til den konklusjon at det i h.h.t. IARC's kriterier er «begrensede holdepunkter» for at «bosted nær kraftledninger» er en leukemifremkallende bosituasjon for barn. Folkehelsa har redegjort for hva som ligger i begrepet «begrensede holdepunkter». Det er ikke funnet tilsvarende holdepunkter for at den økte leukemirisikoen skyldes eksponering for noen bestemt fysisk eller kjemisk faktor. Forklarende virkningsmekanismer og dose-begrep er foreløpig rent hypotetiske. Konklusjonen bygger på summen av epidemiologiske studier alene.

Undersøkelsene av kreft hos barn i boliger nær kraftledninger har i stor utstrekning fokusert på magnetfeltene fra kraftledningene, og til dels også benyttet størrelsen av disse som epidemiologiske klassifikasjonskriterier i tillegg til ulike avstandsmål. På denne bakgrunn har Embetsgruppen bedt Statens strålevern om å gå gjennom den epidemiologiske litteraturen for å klargjøre hvorvidt det finnes noen klar parameter eller noe direkte eller indirekte kriterium som kan benyttes som indikator eller grenseverdi for økt leukemirisiko hos barn.

*Undersøkelser som har benyttet Wertheimer og Leepers (W&Ls) «wire configuration code», evt. med modifikasjoner*

**Wertheimer og Leeper** (1979) (Denver, Col., USA) innførte en klassifisering av kraftledninger («wire code») som surrogat for langtids-eksponering for feltene fra disse. De benyttet opprinnelig 2 klasser: LCC (low current configuration) og HCC (high current configuration). Denne koden har dannet grunnlaget for klassifiseringen i flere senere undersøkelser (W&L 1982, Savitz et al. 1988, London et al. 1991).

Wertheimer og Leeper (1979) plasserte boliger i gruppen HCC dersom de lå:

1. nærmere enn 40 m fra en grov 13 kV-ledning eller 6 eller fler tynne 13 kV-ledninger.
2. nærmere enn 20 m fra 3-5 tynne 13 kV ledninger eller hovednettet (50-230 kV).
3. nærmere enn 15 m fra en 240 V lavspentledning etter nedtransformering, men før første avgreining (unntatt ledninger som forsyner mindre enn 2 husstander).

Alle andre tilhører LCC. Alle distanser er målt fra ytterfase til nærmeste punkt på huset.

De fant signifikant høyere dødelighet enn forventet av både leukemi og enkelte andre kreftformer på HCC-adresser. Undersøkelsen er blitt kritisert fordi boligene ikke ble klassifisert blindt, d.v.s. at forskerne var kjent med hvilke hus som var bebodd av pasienter da boligene ble klassifisert.

Senere innførte **Wertheimer og Leeper** (1982) en finere oppdeling beskrevet slik:

VHCC (very high current configuration) omfatter boliger som ligger nærmere enn 15 m fra HCC av type 1 og 2 eller mindre enn 7,5 m fra tynne 13 kV-ledninger

OHCC (ordinary high current configuration) omfatter resten av HCC

OLCC (ordinary low current configuration) omfatter de øvrige unntatt: Endepoles som omfatter boliger som ligger ved kraftforsyningens endepunkt (og altså ikke passerer av strømførende ledninger).

**Fulton og medarbeidere** (1980) (Rhode Island, USA) hevder å bygge på W&L (1979), men deler materialet etter kvartil-verdiene av en formel som bygger på kraftledningstype, antall liner og avstand til hus. De fant ingen overhyppighet av leukemi hos barn i noen av klassene. Det er ikke mulig utfra de publiserte dataene å anslå faktiske avstander eller felt-verdier.

**Savitz og medarbeidere** (1988) (Denver, Col., USA) benyttet, foruten øyeblikksmålinger av magnetfelt, en 5-delt variant av W&Ls (1982) findelte kode:

VHCC som tilsvarer W&Ls VHCC

OHCC som tilsvarer W&Ls OHCC

OLCC som tilsvarer W&Ls OLCC

VLCC som omfatter boliger i større avstand enn 40 m til noen av de nevnte ledningskategoriene (iflg. Kaune 1993).

«Buried» som ikke er klart definert, men som antyder at boligen er tilkoblet via nedgravde kabler.

HCC omfatter VHCC + OHCC. LCC omfatter de øvrige.

De fant signifikant overhyppighet av hjernesvulst men ikke av leukemi i boliger med HCC, og ingen signifikante resultater for VHCC, men dette kan skyldes for små tall. De fant ikke-signifikant tendens til økte kreftrisiki over 0,2  $\mu$ T. De fant ingen korrelasjon mellom kreftforekomst og elektriske felt, men undersøkelsen av dette er begrenset til feltstyrker opptil 14 V/m og dekker bare en mindre del av materialet.

**London og medarbeidere** 1991 (Los Angeles, Cal., USA) benyttet W&Ls findelte kode, men innførte ytterligere en kategori:

*Mixed*, som ikke er definert i publikasjonen, men som utfra magnetfeltmålingene stort sett ligger mellom OHCC og OLCC.

De fant signifikant overhyppighet av leukemi bare i kategorien VHCC (tilsvarende en maksimalavstand på 15 m), og ingen signifikant korrelasjon med 24-timers gjennomsnitt av målte magnetfelt. De fant heller ingen signifikant forskjell i målte elektriske felt hos pasientene sammenlignet med kontrollene.

#### *Undersøkelser som har benyttet andre eksposisjonsmål*

**Tomenius** (1986) (Sverige) har benyttet to mål for eksposisjon: avstander inntil 50, 100 og 150 m fra en 200 kV kraftledning og inntil 50 og 100 m fra 6-200 kV-ledninger og andre kilder, samt magnetfelt over 0,3  $\mu$ T (målt foran ytterdøren i ettertid). Undersøkelsen viser inkonsistente resultater. Signifikant økte relative risiki ble bare funnet ved magnetfelt *under* 0,3  $\mu$ T nærmere enn 150 m fra 200-kV-ledningen eller ved magnetfelt over 0,3  $\mu$ T andre steder. Overhyppigheten kan hovedsaklig tilskrives hjernesvulster. Undersøkelsen viste ingen økt risiko for leukemi, snarere en motsatt tendens. Tomenius' undersøkelsesområde (sydlige Stockholm) inngår også i Feychting og Ahlboms (se nedenfor). I likhet med Wertheimer og Leepers (1979) undersøkelse er heller ikke denne utført «dobbel-blindt». D.v.s. at Tomenius hadde kjennskap til hvilke boliger som var bebodd av kreftpasienter da eksponerings-klasfiseringen ble foretatt (**Socialstyrelsen** 1995).

**Coleman og medarbeidere** (1989) (England) sammenlignet forekomsten av barnekraft i avstander opptil 100 m (0-24 m, 25-49 m, 50-99 m vs. 100 m eller mer) fra koblings- og transformator-stasjoner eller kraftledninger (132 kV og høyere). De fant ingen signifikante overhyppigheter og heller ingen tendens til økt forekomst med minsket avstand.

**Lin og Lu** (1989) (Taiwan) fant ingen signifikant overhyppighet av noen kreftform hos barn med bolig i avstand opptil 50 m fra høyspentledninger (22 kV og derover). Undersøkelsen er hittil bare referert i form av kongress-abstracts. Fra en videreføring av denne undersøkelsen har imidlertid **Lin og Lee** (1994) rapportert en signifikant overhyppighet av leukemi i ulike aldersgrupper av barn i 3 av 5 områder hvor en kraftledning (69-345 kV) passerer over tomten til minst en grunnskole i distriktet. Ingen andre avstandsmål eller eksponeringsparametre er angitt.

**Myers og medarbeidere** (1990) (England) sammenlignet forekomsten av barnekraft i avstander opptil 100 m (intervaller à 10 m) fra kraftledninger (alle spenninger fra 400 kV til 240 V) med forekomsten i mer enn 100 m avstand, samt med beregnede magnetfelt fra kraftledninger. De fant ingen signifikante overhyppigheter og heller ingen tendens til økt forekomst med minsket avstand eller økt magnetfelt. Materialet viser forøvrig bare en pasient (mot forventet minst to av totalt 374) eksponert over  $0,1 \mu\text{T}$ , og er derfor avskåret fra å vise noe signifikant resultat.

**Lowenthal og medarbeidere** (1991) (Tasmania, Australia) fant bare ett tilfelle av leukemi, mot forventet 0,5, i avstand mindre enn 50 m fra høyspentledninger (spenning ikke spesifisert), og derfor ingen signifikant overhyppighet.

**Feychting og Ahlbom** (1992) (Sverige) har analysert forekomsten av kreft hos barn (og voksne) i forhold til flere ulike mål for eksponering fra høyspentledninger (220 og 400 kV). Det eksponeringsmålet de hovedsaklig har benyttet er et *årgjennomsnitt av historisk beregnet magnetfelt forut for diagnosen*, men de har også foretatt analyser i forhold til målte magnetfelt og avstand til ledningen. Som kriteriegrensener har de i sin opprinnelige rapport benyttet h.h.v. 0,1, 0,15, 0,2, 0,25 og  $0,3 \mu\text{T}$  og 50 m og 100 m. De fant praktisk talt samme korrelasjon til økt forekomst av barneleukemi ved bruk av et beregnet magnetfelt på  $0,2 \mu\text{T}$  og en avstand på 50 m. Både for beregnede magnetfelt og for avstand er overhyppigheten knyttet til eneboliger, ikke til blokkleiligheter. De fant ingen signifikant sammenheng når de sammenlignet kreftforekomst med *målte* magnetfelt, men derimot stort sett en ikke-signifikant lavere risiko for leukemi og for kreft sammenlagt hos barn eksponert over  $0,2 \mu\text{T}$ .

Det finnes imidlertid fortsatt data fra denne undersøkelsen som ennå ikke er publisert, og som kan være av betydning for en samlet vurdering av resultatene (**Feychting** 1994). Utslagsgivende for overhyppigheten av leukemi er 5 pasienter eksponert over  $0,5 \mu\text{T}$  (beregnet felt fra kraftledningen). På den annen side er det også opplyst i ettertid (**Hedström** 1994) at undersøkelsen ikke inkluderer noen pasient med eksponering over  $1 \mu\text{T}$  (fra kraftledningen).

En nyere undersøkelse utført for **Socialstyrelsen** (1994) bekrefter at ca. 5% av svenske boliger som ikke ligger i nærheten av noen kraftledning har et magnetfelt over  $0,2 \mu\text{T}$ . Dette kan komme av bl.a. at magnetfeltene i svenske boliger varierer meget med forekomsten av vagabonderende strømmer i vannledningsnettet, noe som skyldes det svenske koblingssystemet for lavspenningsnettet. (Dette koblingssystemet benyttes i liten grad i Norge.) Hvordan den høye forekomsten av magnetfelt

over 0,2  $\mu\text{T}$  uavhengig av kraftledninger ville slå ut i en eventuell justert beregning av leukemi-risikoen er vanskelig å kvantifisere, særlig p.g.a. de lave pasienttallene.

**Olsen og medarbeidere (1993)** (Danmark) benyttet også beregnede magnetfelt men begrenset sine beregninger til boliger som lå nærmere kraftforsyningsanlegg enn visse avstander. De fant signifikant overhyppighet av alle tre dominerende kreftformer sammenlagt (leukemi, hjernetumor, lymfom) hos barn eksponert for beregnede magnetfelt over 0,4  $\mu\text{T}$ . Dette resultatet beror særlig på at to pasienter med hjernetumor og to med leukemi, men ingen kontroll-personer, var eksponert over 1  $\mu\text{T}$ . Dessuten fantes to pasienter (en med leukemi og en med lymfom) eksponert for h.h.v. 0,5 og 0,75  $\mu\text{T}$ . Avstandene som sådan ble ikke relatert til kreftforekomst.

**Verkasalo og medarbeidere (1993)** (Finland) benyttet heller ikke avstandsmål, men dels beregnede historiske gjennomsnittsverdier av magnetfelt, dels beregnet kumulativ eksponering (magnetfelt x tid). De fant ingen signifikant overhyppighet av noen kreftform ved noen av beregningsmåtene.

**Petridou og medarbeidere (1993)** (Hellas) har relatert leukemiforekomst hos barn til avstander fra kraftledninger på mindre enn 5 m og mindre enn 50 m, men uten å finne noen signifikant korrelasjon.

**Fajardo-Gutiérrez og medarbeidere (1993)** (Mexico) har relatert leukemiforekomst hos barn til forekomst av elektrisitetsforsyningsanlegg i nærheten og til følgende avstander:

- mindre enn 20 m fra transformator
- mindre enn 20 m fra fordelingsledning
- mindre enn 200 m fra koblingsstasjon
- mindre enn 200 m fra overføringsledning (-master)

Økt forekomst av leukemi var signifikant korrelert med forekomst av høyspentkabel og overføringsledning i nærmiljøet, men *ikke med de angitte avstandene* til disse.

#### *Undersøkelser over barnekreft i forhold til andre kilder til magnetfelt*

En undersøkelse utført av **Savitz og medarbeidere (1990)** (Denver, Colorado, USA) viste økt forekomst, marginalt signifikant, av hjernekreft hos barn særlig i alderen 0-4 år født av mødre som hadde benyttet elektrisk varmeteppe under svangerskapet, særlig under første trimester. Samme undersøkelse fant forøvrig økt forekomst av hjernekreft assosiert med LCC (herunder jordkabler), men ikke med HCC.

**London og medarbeidere (1991)** fant signifikant korrelasjon mellom forekomst av leukemi og bruk av h.h.v. sort-hvit TV og elektrisk hårtørrer.

Målinger av felt fra disse gjenstandene er ikke gjengitt. Det er uklart om disse observasjonen forteller noe om forskjell i reell eksponering for magnetiske eller elektriske felt.

**Wertheimer og medarbeidere (1995)** har publisert en undersøkelse over forekomst av kreft hos barn i forhold til indikasjoner på vagabonderende strømmer i vannledninger, som kan gi forhøyede magnetfeltverdier i huset, som f.eks. i svenske boliger. De fant en signifikant økt forekomst av kreft (uspesifisert) knyttet til hjem

med elektrisk ledende vannledninger. Resultatene gir støtte til at magnetfelt kan være en mulig risikofaktor, men utelukker ikke andre forklaringer som f.eks. at vagabonderende strømmer kan føre til økt innhold av kreftfremkallende tungmetaller i drikkevannet, som også tidligere har vært foreslått av **Kavet** (1991).

### *Diskusjon*

Det sterkeste vitenskapelige grunnlaget for å anta en økt risiko for leukemi hos barn som bor nær kraftledninger er den overveiende positive tendensen til statistisk sammenheng (i ca. 12 av 14 undersøkelser hittil; ca. 12 fordi en rekke del-resultater kan føre til tolkning i begge retninger). Ingen av de enkelte undersøkelsene gir alene tilstrekkelig støtte for å hevde en slik sammenheng. Den dominerende forklaringsmodellen er at overhyppigheten skyldes en eller annen foreløpig uavklart faktor som er spesifikt knyttet til nærvær av en kraftledning, som f.eks. et aspekt av elektriske eller magnetiske felt.

De siterte undersøkelsene har inkludert ulike antatte eksponeringskilder i klassifiseringen. Noen har inkludert lavspentnettet, noen har inkludert jordkabler, og noen har tatt med avstander til transformatorer. Noen har holdt seg til høyspente luftledninger alene, men med ulike spenninger og ledningskonfigurasjoner. I den grad jordkabler er klassifisert, inngår de i klassene for «lav eksponering» (LCC). Lavspentledninger inngår som kilde til «høy» eksponering (HCC) i Wertheimer og Leepers opprinnelige kode, men ikke i Kaune og Savitz' modifiserte kode. Kort avstand til transformatorer er klassifisert som «høy eksponering». Det finnes ingen undersøkelse på kreft hos barn som har undersøkt spesifikt hvorvidt nærhet til lavspentledninger, jordkabler eller transformatorer er assosiert med noen unormal risiko.

### *Sammenligning mellom avstand og magnetfelt*

Ingen av de publiserte undersøkelsene som har benyttet flere ulike mål for nærhet til kraftledninger viser noen klart høyere korrelasjon med barneleukemi når magnetfelt er benyttet som eksposisjonsmål enn når ulike avstandsmål er benyttet. Undersøkelsene viser dårligere korrelasjon mellom sykdom og korttidsmålinger (inntil ett døgn) av magnetfelt enn mellom sykdom og «current configuration» eller avstand.

En klar sammenheng mellom magnetfelt og avstand vil imidlertid bare kunne forventes dersom man betrakter en ensartet type ledninger med forholdsvis lik gjennomsnittsbetlastning. Sammenhengen er svakere når ulike ledninger sammenlignes.

Feychting og Ahlboms originalrapport inneholder, som den eneste av de nevnte undersøkelsene, bl.a. grafer over beregnede historiske magnetfelt mot avstander. Disse viser en viss overensstemmelse for h.h.v. avstander over 50 m (som tilsvarer magnetfelt under 0,7  $\mu\text{T}$ ) eller beregnede magnetfelt over 1  $\mu\text{T}$  (som tilsvarer avstander under ca. 30 m). Grafen over målte magnetfelt mot avstander viser derimot vesentlig dårligere sammenheng, bl.a. med magnetfelt opptil 0,8  $\mu\text{T}$  i avstander på 150-200 m, hvilket høyst sannsynlig har lite med kraftledningene å gjøre. Ingen av grafene viser noen entydig sammenheng mellom magnetfelt og avstand dersom man begrenser sammenligningen til de boliger som danner grunnlaget for de signifikante resultatene, nemlig de med magnetfelt under 1  $\mu\text{T}$  og avstander under 50 m.

De har imidlertid senere vist at om man analyserer forekomsten av leukemi i deres materiale m.h.p. avstand justert for magnetfelt og omvendt, er leukemiforekomsten noe bedre korrelert til magnetfeltene enn avstanden, men de begrensningene i materialet som denne beregningen innebærer gjør at korrelasjonene ikke er statistisk signifikante (**Feychting og Ahlbom** 1995).

*Sammenligning mellom «wire code» og magnetfelt*

**Kaune og medarbeidere** (1987) har sammenlignet W&Ls findelte kode med 24-timers gjennomsnitt av 60-Hz-magnetfeltet i boliger. Det viser at i alle kategorier fantes boliger med ca. 0,1  $\mu\text{T}$ . Bare i gruppen VLCC fantes det ingen hus over 0,3  $\mu\text{T}$ . Høyeste verdi ble funnet i et OLCC-hus med ca. 0,5-0,6  $\mu\text{T}$ . Gjennomsnittet av alle hus i hver kategori (vist grafisk, ikke tallfestet) viser en signifikant tendens til større magnetfelt med høyere «wire code»-klassifisering.

**Barnes og medarbeidere** (1989) har gitt den hittil mest fullstendige og nøyaktige beskrivelsen av Wertheimer & Leepers «wire code»:

Klasse 1:	tykke eller 6 eller flere tynne 3-fase høyspentledninger (13,2 kV) samt overføringsledninger (115 og 230 kV)
Klasse 2:	tynne 3-fase høyspentledninger (13,2 kV)
Klasse 3:	lange lavspentledninger (alle typer 240 og 120 V) før første avgrening
Klasse 4:	lavspentledninger etter første avgrening
Klasse 5:	korte lavspentledninger før første avgrening
Klasse 6:	endestolpe-situasjoner
Klasse 7:	jordkabler
Klasse 8:	multiple klasser, som omfatter to eller flere av de ovennevnte situasjonene.
VHCC er:	nærmere enn 15 m fra klasse 1 eller 7,5 m fra klasse 2
OHCC er:	mellom 15 og 40 m fra klasse 1, mellom 7,5 og 20 m fra klasse 2, eller mindre enn 15 m fra klasse 3
OLCC er:	mellom 40 og 46 m fra klasse 1, mellom 20 og 46 m fra klasse 2, mellom 15,5 og 46 m fra klasse 3, eller mindre enn 46 m fra klasse 4 eller klasse 5.
Endpole:	alle hus som ikke passerer av en ledning i klasse 3, 4 eller 5
Underground:	alle ledninger nærmere enn 46 m er gravet ned.

I **Wertheimer og Leepers** opprinnelige klassifisering tilsvare:

HCC:	VHCC og OHCC
LCC:	OLCC og VLCC samt «endpole» og «underground».

Målinger av magnetfelt foretatt under lavt strømforbruk i boligene viste følgende gjennomsnittsverdier og standardavvik:

VHCC:	0,21 $\pm$ 0,12 $\mu\text{T}$
OHCC:	0,12 $\pm$ 0,08 $\mu\text{T}$
OLCC:	0,07 $\pm$ 0,07 $\mu\text{T}$
VLCC:	0,05 $\pm$ 0,05 $\mu\text{T}$
Buried:	0,05 $\pm$ 0,05 $\mu\text{T}$

Høyt strømforbruk i boligen hever verdiene med ca. 20 %.

**Kaune og Savitz** (1994) har senere laget en modifisert kode, som passer noe bedre overens med middelverdiene av magnetfelt målt i soverom (nærmere enn 46 m). Standardavviket er likevel av størrelsesorden 0,1  $\mu\text{T}$ . **Savitz og Kaune** (1993)



har re-analysert dataene fra Savitz og medarbeidere (1988) m.h.p. den reviderte koden. De fant da signifikante overhyppigheter av leukemi og hjernesvulst samt kreft sammenlagt hos barn i boliger betegnet som HWC (high wire code), som innebærer at boligen ligger nærmere enn 20 m fra ytterfase av ledninger av klasse 1 og 2 (se ovenfor), men ikke ved avstand 20-46 m (MWC, medium wire code), sammenlignet med LWC (low wire code).

**London og medarbeidere** (1991) har også sammenlignet sin bruk av «wire code» med målte magnetfelt. Ved 24-timers gjennomsnittsmålinger fant de mindre forskjell i magnetfelt mellom de ulike kategoriene enn Barnes og medarbeidere (1989). Under målinger ved lavt strømforbruk i de samme kategorier fant de magnetfeltverdier på omkring 1/3 av dem som Barnes og medarbeidere fant. Spredningen (standardavviket) i målingene er imidlertid ikke publisert. Det lar seg derfor ikke avgjøre om forskjellene er statistisk signifikante.

#### *Sammenligning mellom ulike undersøkelser*

To av undersøkelsene utført av **Savitz og medarbeidere** (1988 og 1990) i Denver (Colorado) står på ett punkt i direkte motstrid til hverandre. I 1988-arbeidet fant de økt forekomst av hjernekreft ved HCC sammenlignet med LCC. I 1990-arbeidet fant de det motsatte. De to svenske undersøkelsene (**Tomenius** 1986 og **Feychting & Ahlbom** 1992) er også motstridende. Tomenius fant økt forekomst av hjernekreft, men ikke av leukemi. Feychting og Ahlbom fant det motsatte, spesielt når man begrenser sammenligningen til samme område (Stockholm).

**Aldrich og medarbeidere** (1992) har foretatt en meta-analyse av publiserte epidemiologiske undersøkelser inntil 1992 bl.a. på kreft i boliger nær kraftledninger. Analysen viser en tendens til nedgang i relativ risiko med tiden. Stort sett finner de en lavere relativ risiko utfra en utregning av et veiet gjennomsnitt (hvor tallmessig store undersøkelser teller mer enn små) enn når de bare beregner en geometrisk middelværdi av alle relative risiki (som om de var likeverdige). Dette kunne tyde på at jo større, og derfor antagelig påliteligere, materiale man har analysert, jo svakere sammenheng finner man mellom den definerte eksponeringssituasjonen og kreft. Dette mønsteret ble imidlertid brutt i 1992 ved publiseringen av Feychting og Ahlboms resultater.

Som også Ekspertutvalget antyder (vedlegg 4, s. 138) kan det imidlertid være ulike metodologiske grunner til å se bort fra flere av de tidligere undersøkelsene. Det gjelder spesielt **Wertheimer & Leeper** 1979, **Fulton et al.** 1980, **Tomenius** 1986, **Myers et al.** 1990, **Lin & Lu** 1989 samt **Lowenthal et al.** 1991. Også **Petridou et al.** 1993 og **Fajardo-Gutiérrez et al.** 1993 og **Lin og Lee** 1994 har utilstrekkelige opplysninger m.h.p. den problemstillingen vi har tatt opp her.

Dersom man ser bort fra disse, og dersom man lar **Savitz og Kaunes** re-analyse (1993), representere Savitz og medarbeideres undersøkelse fra 1988, står **Feychting og Ahlboms** undersøkelse (1992) alene igjen med signifikant overhyppighet av barneleukemi i avstander på 20-50 m mellom ytterfase og nærmeste punkt på bolighus. De øvrige undersøkelsene viser i høyden ikke-signifikante tendenser i samme retning. Feychting og Ahlbom er også de eneste som har funnet signifikant positiv korrelasjon mellom barneleukemi og noen konkret avstand til 200-400 kV overføringsledninger.

Det er ikke angitt hvorvidt avstanden i Feychting og Ahlboms undersøkelse er regnet fra midtfase eller ytterfase til nærmeste punkt på boligen eller midt i. Til-

sammen kan differansen utgjøre opptil ca. 20 m. Undersøkelsen dekker bare boliger i forhold til overføringsledninger i Barnes' klasse 1. Dersom avstandsangivelsen tolkes som avstand fra midtfase til nærmeste punkt på boligen, samsvarer derfor Feychting og Ahlboms avstand inntil 50 m med Wertheimer og Leepers HCC (VHCC+OHCC) eller Savitz og Kaunes HWC+MWC. Dette utelukker ikke at det også kan finnes boliger som kan klassifiseres som HCC (VHCC eller OHCC) utenfor 50-meter-sonen utfra beliggenhet i forhold til fordelingsledninger.

**Ahlbom og medarbeidere** (1993) har foretatt en samlet analyse av dataene fra de tre siste nordiske undersøkelsene (Feychting & Ahlbom, Olsen et al. og Verkasalo et al.). Denne analysen, som også er siteret i Ekspertutvalgets rapport viser en lavere relativ risiko for barneleukemi enn Feychting og Ahlboms resultater alene, men fortsatt en signifikant overhyppighet. Den viser ingen signifikant overhyppighet for andre kreftformer.

Sammenlignes de utslagsgivende resultatene i **Feychting og Ahlboms** og **Olsen og medarbeideres** undersøkelser i forhold til beregnede magnetfelt med de avstandskriteriene som ga signifikant positive resultater i **Savitz og medarbeideres** (1988) og **London og medarbeideres** undersøkelser, kan det se ut som at overhyppighet av leukemi først og fremst er knyttet til avstander mindre enn ca. 30 m fra sentrum eller ca. 20 m fra ytterfase av større overføringsledninger, men dette er å trekke fragmenter av resultatene svært langt.

Hvorvidt slike analyser kan tillegges vekt er diskutabelt, bl.a. fordi tallene er basert på både ulike klassifikasjons-kriterier for eksponering og ulike kriterier for utvalg av pasienter og kontrollpersoner i de benyttede undersøkelsene.

#### *Samvarierende faktorer (forvekslingsfaktorer, «confounding factors»)*

Enkelte faktorer kan tenkes både å være kreftfremkallende og samvariere med naboskap til kraftledninger. Dette gjelder både forekomst av ulike typer forurensning som røyking og bruk av ugressmidler og plantevernmidler, og demografiske forhold som alderssammensetning, sosio-økonomiske forhold, kosthold, etnisk opprinnelse, flytting o.s.v. I noen få undersøkelser er det vist signifikant korrelasjon mellom barneleukemi og enkelte slike faktorer. En rekke mulige forvekslingsfaktorer er påpekt og drøftet i en omfattende artikkel av **Jauchem** (1993).

Alder, kjønn, etnisk opprinnelse, bostedsdistrikt og sosio-økonomiske forhold er i de største undersøkelsene forsøkt tatt hånd om gjennom utvalget av friske kontrollpersoner, d.v.s. ved bruk av mer eller mindre «matched» kontroller. I noen grad er det også foretatt analyser hvor det i ettertid er korrigert for slike variable. Metoden har imidlertid sine begrensninger, idet utstrakt «matching» vil føre til et mindre tallmateriale, og dermed en statistisk sett svekket undersøkelse. Fullstendig «matching» m.h.p. alle demografiske faktorer har derfor ikke latt seg gjennomføre.

Ingen av undersøkelsene hittil har kunnet tilskrive eventuelt økt forekomst av barnekraft nær kraftledninger til demografiske forhold. Eksempelvis viser Feychting og Ahlboms materiale ingen signifikant overhyppighet av noen kreftform hverken hos barn som hadde flyttet forut for diagnosen eller hos barn i eneboliger dersom alle eksponeringsnivåer (d.v.s. hele tallmaterialet) analyseres under ett.

**Savitz og Feingold** (1989) viste at barneleukemi var vel så godt korrelert med trafikk tetthet og dermed indirekte med bilforurensning som med nærhet til kraftledninger. I den grad de epidemiologiske undersøkelsene har korrigert for trafikkforurensning, har denne faktoren imidlertid ikke gitt noen forklaring på overhyppighe-

ten av barneleukemi knyttet til kraftledninger (**Wertheimer & Leeper 1979, Savitz et al. 1988, Feychting & Ahlbom 1992**).

**London og medarbeidere** (1991) fant en signifikant sammenheng mellom barneleukemi og innendørs bruk av insektbekjempningsmidler. De foretok også en analyse hvor det ble korrigert for flere slike faktorer samtidig. Analysen svekket korrelasjonen med «wire code», så den ikke lenger var signifikant, men økte svakt den ikke-signifikante tendensen til en sammenheng med magnetfelt-verdiene. Disse analysene gir likevel ikke grunnlag for å peke ut magnetfelt spesielt fremfor andre mulige kreftfremkallende agens som også kan tenkes å finnes konsentrert nær kraftledninger.

Røyking er i en rekke undersøkelser blitt assosiert med økt risiko for leukemi hos voksne (ref. av **Siegel 1993**). **John og medarbeidere** (1991) fant signifikant økt risiko for leukemi hos barn av mødre som hadde røkt under svangerskapet. Det kan i utgangspunktet virke tvilsomt om mødre som bor nær kraftledninger røyker mer enn andre, men **McDowall** (1986) fant en signifikant overdødelighet av lungekreft hos kvinner som bodde nær kraftoverførings-installasjoner, hvilket kan være en pekepinn. Både **Peters og medarbeidere** (1994) og **Sarasua og Savitz** (1994) fant sammenheng mellom høyt inntak av matsorter som hamburgere og «hot-dogs» og økt risiko for leukemi hos barn. **Kavet** (1991) har på teoretisk grunnlag foreslått at magnetfelt fra kraftledninger kan indusere vagabonderende strømmer i vannledningsnettet, som igjen kan føre til økt innhold av tungmetaller i drikkevannet, særlig kobber, og at dette i tilfelle kan forårsake økt risiko for kreft. Slike faktorer er ikke blitt kontrollert for i undersøkelsene av barnekreft nær kraftledninger.

#### *Elektriske felt som risiko-indikator*

Av de refererte undersøkelsene har bare to sett på elektriske feltstyrker. Ingen av disse fant korrelasjon mellom eksponering for elektriske felt og kreft. Elektriske felt synes forøvrig, i den grad de overhodet er vurdert, å ha blitt utelukket utfra teoretiske overveielser. Det er derfor ikke vitenskapelig grunnlag for å benytte elektriske felt fra kraftledninger som indikator for kreftrisiko hos barn.

#### *Magnetfelt som risiko-indikator*

Det finnes en rekke kilder til 50 Hz magnetfelt i de fleste boliger, men ikke noe biomedisinsk meningsfylt dosebegrep å relatere magnetfeltene til. Det er heller ikke funnet noen konsistent signifikant sammenheng mellom *målte magnetfelt* og kreft-risiko nær kraftledninger i en eneste av de 14 publiserte undersøkelsene over kreft hos barn. Tomenius (1986) fant riktignok signifikant overhyppighet av hjernetumor ved målt magnetfeltverdier over 0,3  $\mu\text{T}$ , men bare i boliger fjernt fra kraftledninger. Samme undersøkelse viser tendens til negativ sammenheng for leukemi.

Beregnete års-gjennomsnittlige magnetfelt fra ledningene har vært benyttet som klassifikasjonskriterier i tre undersøkelser hittil. To av dem viser signifikante sammenhenger. Laveste beregnede magnetfelt-verdi som er blitt signifikant positivt korrelert med økt forekomst av leukemi hos barn er 0,2  $\mu\text{T}$  (Feychting & Ahlbom 1992), men dette resultatet beror på fem pasienter som hadde vært eksponert mellom 0,5 og 1  $\mu\text{T}$  (beregnete årsgjennomsnitt). Olsen og medarbeidere (1993) fant signifikant sammenheng mellom samlet kreft og beregnet gjennomsnittlig magnetfelteksponering over 0,4  $\mu\text{T}$ , men i realiteten basert på seks pasienter eksponert over 0,5  $\mu\text{T}$ .

Litteraturen viser ellers ingen signifikant økning av kreft hos barn som er eksponert for magnetfelt fra kraftledninger. Det er heller intet vitenskapelig grunnlag for å betrakte de beregnede magnetfeltene fra kraftledninger som unike i forhold til reelle 50 Hz magnetfelt fra andre kilder, utover at de kan gi et mål for et rent hypotetisk dosebegrep.

#### *Avstand som risiko-indikator*

Ulike avstandsmål har vært benyttet som klassifikasjonskriterier i 12 av de 14 undersøkelsene, dels direkte avstand, dels varierende avstand avhengig av ledningstype i form av eksposisjonsklasser som surrogat for langtidseksponering for magnetfelt. De største avstandene som er blitt signifikant positivt korrelert med økt forekomst av barneleukemi er:

- inntil 50 m fra overføringsledninger (115-400 kV),
- inntil 20 m fra fordelingsledninger (13,2 kV) eller
- inntil 15 m fra lavspenningledninger.

I de fleste undersøkelsene er disse kriteriene slått sammen i større klasser. Det er ikke mulig i ettetid å utlede hvorvidt økningen i leukemiforekomst er relatert til alle eller bare til noen av disse ledningstypene. Avstandskriteriene i de ulike undersøkelsene er i realiteten dels så forskjellige, dels så sammenblandet, at ingen bestemt avstand peker seg entydig ut.

#### *Konklusjon*

Årsakene til leukemi hos barn er stort sett ukjente. De eneste nogenlunde sikre risikofaktorer er arvelige kromosomforandringer og eksponering for *ioniserende* stråling. En mengde andre faktorer mistenkes imidlertid for å kunne øke risikoen. Få av disse er blitt særlig grundig undersøkt.

Den litteraturen som er referert her dekker samtlige hittil publiserte epidemiologiske undersøkelser over kreft hos barn bosatt nær kraftledninger. Samlet sett viser litteraturen en økt forekomst av leukemi hos barn bosatt nær kraftledninger. Det er ikke identifisert noen bestemt faktor som forklarer denne tendensen. Hensikten med denne gjennomgangen har vært å se på hvorvidt det finnes vitenskapelig grunnlag for likevel å benytte en bestemt faktor som indikator eller grenseverdi for økt leukemi-risiko hos barn nær kraftledninger. I realiteten står valget eventuelt mellom elektromagnetiske felt og avstand til kraftledningen.

Litteraturen gir samlet sett intet grunnlag for å angi noe bestemt nivå av hverken elektriske eller magnetiske felt som indikator for økt risiko. 0,2-0,3  $\mu\text{T}$ , som i flere undersøkelser er benyttet som epidemiologiske klassifikasjonskriterier, er stort sett vilkårlig valgt for å ligge over det man finner som bakgrunnsnivå i de fleste boliger. Målte magnetfelt viser ingen konsistent korrelasjon til kreftrisiko. Det er derfor ikke vitenskapelig grunnlag for å benytte noe bestemt magnetfelt-nivå som noe helsere-latert kriterium for regulering av avstanden mellom bebyggelse og kraftledninger.

Dersom man likevel skulle benytte beregnede magnetfelt fra kraftledninger som rent administrative reguleringskriterier er det erfaringsvis stor fare for at kriteriene blir mistolket som hygieniske grenseverdier.

Utover det faktum at det ikke i noen undersøkelser er påvist økt risiko utenfor en vilkårlig valgt avstand på 50 m, er det ingen bestemt avstand som peker seg entydig ut som risiko-indikator for leukemi eller noen annen kreftform hos barn. Likevel er begrepet «nærhet til kraftledninger» et avstandsbegrep, om enn diffust. Dette taler for å vurdere et administrativt risiko-kriterium basert på avstand, evt. tilpasset kar-

akteristika for ulike ledningstyper. «Kraftledninger» i denne sammenheng dekker f.eks. ikke jordkabler. Jordkabler er ikke bedømt som kilde til høy eksponering i noen av de foreliggende undersøkelsene.

Inntil nærmere kunnskap om årsaksforholdene foreligger, fører uklare forskningsresultater og upresise eksponeringsdata til at det ikke er mulig å fastlegge vitenskapelig baserte reguleringskriterier. Forvaltningsmessig håndterbarhet taler for at dersom man overhodet skal innføre restriksjoner basert på antagelsen om en økt risiko for leukemi eller evt. andre kreftformer hos barn bosatt nær kraftledninger, bør restriksjonene baseres på et avstandsbegrep.

### Referanser

- Ahlbom, A., Feychting, M., Koskenvuo, M., Olsen, J.H., Pukkala, E., Schulgen, G. & Verkasalo, P. 1993. Electromagnetic fields and childhood cancer. *Lancet* 342:1295-1296.
- Aldrich, T.E., Laborde, D., Griffith, J. & Easterly, C. 1992. A meta-analysis of the epidemiological evidence regarding human health risks associated with exposure to electromagnetic fields. *Electr. Magnetobiol.* 11(2):127-143.
- Barnes, F. et al. 1989. Use of wiring configuration and wiring codes for estimating externally generated electric and magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 10:13-21.
- Coleman, M.P., Bell, C.M.J., Taylor, H.-L., Primic-Zakelj, M. 1988. Leukemia and residence near electricity transmission equipment: A case-control study. *Br. J. Cancer* (1989) 60:793-798.
- Fajardo-Gutiérrez, A. et al. 1993. Residencia cercana a fuentes eléctricas de alta tensión y su asociación con leukemia en niños. *Bol. Med. Hosp. Infant. Mex.* 50(1):32-38.
- Feychting, M. 1994. Swedish study and result of a combined analysis. Foredrag på BEMS Symposium on Nordic Epidemiologic Studies. København 16. juni 1994.
- Feychting, M. & Ahlbom, A. 1992. Magnetic fields and cancer in people residing near Swedish high voltage power lines. IMM-report 6/92. Karolinska Institutet, Stockholm. Kortversjon publisert i *Am. J. Epidemiol.* 138(7):467-481 (1993).
- Feychting, M. & Ahlbom, A. 1995. Estimating exposure in studies of residential magnetic fields and cancer – importance of short-term variability, time interval between diagnosis and measurement, and distance to power line. Upublisert, inkludert i: Feychting 1995. Magnetic fields and cancer. Epidemiological studies and a synthesis of evidence. Doktorgradavhandling.
- Fulton, J.P., Cobb, S., Preble, L., Leone, L. & Forman, E. 1980. Electric wiring configuration and childhood leukemia in Rhode Island. *Am. J. Epidemiol.* 111:292-296.
- Hedström, P. 1994. Kraftledningar och cancerrisker: En kritisk granskning av epidemiologiska forskningsresultat. Manuskript, Stockholms Universitet.
- Jauchem, J.A. 1993. Potential confounders in epidemiological studies of electric and magnetic fields and childhood cancer. *Environ. Carcino & Ecotox. Revs.* 11(2):163-183
- John, E.M, Savitz, D.A. & Sandler, D.P. 1991. Prenatal exposure to parents' smoking and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.* 133(2):123-132.
- Kaune, W.T et al. 1987. Residential magnetic and electric fields. *Bioelectromagnetics* 8:315-335. Kaune, W.T & Savitz, D.A. 1994. Simplification of the Wertheimer-Leeper wire code. *Bioelectromagnetics* 15(4):275-282.
- Kavet, R. 1991. An alternative hypothesis for the association between electrical

- wiring configuration and cancer. *Epidemiology* 2(3): 224-229.
- Lin, R.S. & Lu, P.Y. 1989. An epidemiologic study of childhood cancer in relation to residential exposure to electromagnetic fields (Abstract). DOE-EPRI Contractors Review Meeting, Portland Oregon (USA), november 1989.
- Lin, R.S. & Lee, W.C. 1994. Risk of childhood leukemia in areas passed by high power lines. *Rev. Environment. Health* 10 (2): 97-103.
- London, S.J., Thomas, D.C., Bowman, J.D., Sobel, E., Cheng, T.-C. & Peters, J.M. 1991. Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia. *Am. J. Epidemiol.* 134:923-937.
- Lowenthal, R.M., Panton, J.B., Baikie, M.J. & Lickiss, J.N. 1991. Exposure to high tension power lines and childhood leukemia: a pilot study. *Med. J. Australia* 155:347.
- McDowall. M.E. 1986. Mortality of persons resident in the vicinity of electricity transmission facilities. *Br. J. Cancer* 53:271-279.
- Myers, A., Clayden, A.D., Cartwright, R.A., Cartwright, S.C. 1990. Childhood cancer and overhead powerlines: A case-control study. *Br. J. Cancer* 62:1008-1014.
- Olsen, J., Nielsen, A. & Schulgen, G. 1993. Residence near high voltage facilities and risk of cancer in children. *Br. Med. J.* 307:891-895.
- Peters, J., Preston-Martin, S., London, S.J., Bowman, J.D., Buckley, J.D. & Thomas, D.C. 1994. Processed meats and risk of childhood leukemia (California, USA). *Cancer Causes Contr.* 5:195-202.
- Petridou, E. et al. 1993. Age of exposure to infections and risk of childhood leukemia. *Br. Med. J.* 307:774.
- Sarasua, S. & Savitz, D.A. 1994. Cured and broiled meat consumption in relation to childhood cancer: Denver, Colorado (United States). *Cancer Causes Contr.* 5:141-148.
- Savitz, D.A., Wachtel, H., Barnes, F.A., John, E.M. & Tvrdik, J.G. 1988. Case-control study of childhood cancer and exposure to 60-Hz magnetic fields. *Am. J. Epidemiol.* 128:21-38.
- Savitz, D.A. & Feingold, L. 1989. Association of childhood cancer with residential traffic density. *Scan. J. Work Environ. Health* 15:360-363.
- Savitz, D.A., John, E.M. & Kleckner, R.C. 1990. Magnetic field exposure from electric appliances and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.* 131(5):763-773.
- Savitz D.A. & Kaune, W.T 1993. Childhood cancer in relation to a modified residential wire code. *Environ. Health Perspect.* 101(1):76-80.
- Siegel. M. 1993. Smoking and leukemia: evaluation of a causal hypothesis. *Am. J. Epidemiol.* 138(1):1-8.
- Socialstyrelsen 1994. Magnetfältsmätningar i bostäder och på daghem. Rapport fra den svenske Socialstyrelsen i samarbaid med Statens Strålskyddsinstitut.
- Socialstyrelsen 1995. Elektriska och magnetiska fält och hälsoeffekter. Rapport fra den svenske Socialstyrelsens arbetsgrupe.
- Tomenius L. 1986. 50-Hz electromagnetic environment and the incidence of childhood tumours in Stockholm County. *Bioelectromagnetics* 7:191-207.
- Verkasalo, P.K., Pukkala, E., Hongisto, M.Y., Valjus, J.E., Järvinen, P.J., Heikkilä, K.V. & Koskenvuo, M. 1993. Risk of cancer in Finnish children living close to power lines. *Br. Med. J.* 307:895-899.
- Wertheimer, N. & Leeper, E. 1979. Electrical wiring configuration and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.* 109:273-284.
- Wertheimer, N. & Leeper, E. 1982. Adult cancer related to electrical wires near the home. *Int. J. Epidemiol.* 11:345-355.
- Wertheimer, N., Savitz, D.A. & Leeper, E. 1995. Childhood cancer in relation to

indicators of magnetic fields from ground current sources. *Bioelectromagnetics* 16: 86-96.

### Vedlegg 3

## Litteratur og referanser

Litteratur- og referanseoversikten gir bakgrunnsstoff for embetsgruppens arbeid. Flere av henvisningene har referanse til flere kapitler og er også nevnt i kapittelteksten.

Det vises ellers til den omfattende litteraturgjennomgangen som er foretatt i vedlegg 2 og i vedlegg 4.

- Académie Nationale de Médecine. 1993. Rapport sur les Champs Electromagnétique des Très Basses Fréquence et la Santé. Frankrike.
- Boverket, Elsikkerhetsverket, Sosialstyrelsen & Statens strålskyddsinstitut. 1994. Magnetfält och eventuella hälsorisker utifrån vad vi vet i maj 1994. Brosjyre. Stockholm.
- Bremer Mærli, Morten. Opplevelse av risiko i forbindelse med elektromagnetiske felt. IMK-rapport nr. 15. Oslo, 1995.
- Brev fra Finska strålsikkerhetscentralen av 7.4.1993 til Magnetfältgruppen vid Finska Elverksföreningen. Hälsoskador i anslutning till magnetfälten och hur dessa kan undvikas. Helsingfors.
- Brev fra Helsedirektoratet til Oslo kommune av 3.10.1990 om flytting av en 420 kV-ledning i Oslo.
- Brev fra Lokalforeningen for el- og bildskærmskadede i Örebro län av 17.2.1995 til Sosialstyrelsen, Stockholm.
- Brev fra Sosial- og helsedepartementet av 1.9.93 om oppnevning av medlemmer til ekspertutvalget til å vurdere mulig helsefare knyttet til lavfrekvente elektriske og magnetiske felt.
- Brev fra Sosial- og helsedepartementet av 7.3.1994 til Fylkesmannen i Hordaland vedrørende klagesak om 300 kV kraftledning Fana-Kollsnes.
- Brev fra Sosial- og helsedepartementet av 9.1. 1995 til Ås kommune vedrørende regulerings sak.
- Cridland. 1993. Electromagnetical Fields and Cancer. A review of relevant cellular studies. NRPB-R256. Storbritannia.
- Dokument nr. 8:2 (1993-94), Forslag frå stortingsrepresentant Kjellbjørg Lunde om å be Regjeringa vedta å flytte, grave ned eller leggje kabel på deler av den planlagde 300 kV kraftlina mellom Fana og Kollsnes, og å skjerpe «varsomhetsstrategien» når det gjeld kraftliner nær bustader og andre lokale der barn oppheld seg.(19.oktober 1993)
- Dokument nr. 8:6 (1993-94), Forslag fra stortingsrepresentantene Gunnar Flatland, Eva R. Finstad og Oddvard Nilsen om mer miljøvennlige retningslinjer for fremføring av høyspentforbindelser gjennom/ved tettbebyggelse og i estetisk sårbart landskap med betydelig allmenn ferdsel. (22.oktober 1993)
- Elforsyningens Informasjonstjeneste & Statkraft. Med kraftledningen som nabo. Brosjyre.
- Energiforsyningens informasjonstjeneste. 1993. Kraft og helse – om kraftledningers virkning på nærmiljøet. Brosjyre.
- Environmental Protection Agency. 1990. Evaluation of the Potential Carcinogenicity



- of Electromagnetic Fields. USA.
- EU-direktiv 89/336/EØF – krav til elektromagnetisk kompatibilitet
- Forskrift for elektriske forsyningsanlegg av 18. august 1994
- Forskrift om arbeid ved dataskjerm av desember 1994
- Forskrift om forplantningsskader og arbeidsmiljø
- Gezondheidsraad. 1992. Extreem laagfrequente elektromagnetische velden en gezondheid. Nederland.
- Hansson Mild, K., Lie, S.O., Tynes, T. & Thommesen, G. 1991. Uttalelse til skjønn avhjemlet 24.mai 1991 av Eidsivating lagmannsrett.
- Høringsuttalelse fra Statens strålevern av mars 1993 til utkast til nye byggeforskrifter.
- Innst. S. nr. 96 (1993-94) til Dokument nr. 8:2.(Energi- og miljøkomiteen 25.februar 1994)
- Innst. S. nr. 97 (1993-94) til Dokument nr. 8:6.(Energi- og miljøkomiteen 25.februar 1994)
- Lov av 11. juni 1976 nr. 79 om kontroll med produkter og forbrukertjenester
- Lov av 11. juni 1982 nr. 66 om helsetjenesten i kommunene
- Lov av 24. mai 1929 nr. 4 om tilsyn med elektriske anlegg
- Lov av 4. februar 1977 nr. 4 om arbeidervern og arbeidsmiljø
- Lov om bruk av røntgenstråler og radium mv av 18.juni 1938
- Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning og fordeling av energi mm av 29. juni 1990
- National Radiological Protection Board. 1992. Electromagnetical Fields and the Risk of Cancer. Documents of the NRPB: Vol.3 No 1 1992. (Doll-rapporten). Storbritannia.
- Norges vassdrags- og energiverk. 1993. Jordkabel som alternativ til luftledning. NVE-publikasjon 16/93.
- Norges vassdrags- og energiverk. 1994. Kan jordkabler erstatte luftledninger? Brosjyre.
- Office of Technology Assessment. 1989. Biological Effects of Power Frequency Electric and Magnetic Fields. USA.
- Plan- og bygningsloven av 14. juni 1985 nr. 77
- Pressemelding fra Sundhedsstyrelsen 27.8.1993 med en fornyet helsefaglig vurdering av eksponering for elektromagnetiske felt blant barn som bor/oppholder seg nær kraftledninger. København.
- Rapport fra ekspertutvalget til å vurdere mulig helsefare knyttet til lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. Oslo 1994. Har lavfrekvente elektriske og magnetiske felt noen helsemessig betydning?. Sosialdepartementet.
- Rapport fra en svensk ekspertgruppe nedsatt av Socialstyrelsen, Stockholm. 1995. Elektriska och magnetiska fält och hälsoeffekter. Sos-rapport 1995:1. Socialstyrelsen.
- Rapport fra en dansk arbeidsgruppe under Miljø- og energiministeriet. 1995. Principper for etablering og sanering af højspændingsanlæg. København.
- Rådsforordning (EØF) nr. 793/93 av 23. mars 1993.
- Statens Strålskyddsinstitut. 1993. SSI-information 93-01. Stockholm
- Statens Strålskyddsinstitut. 1993. Strålskyddsnytt 1/93. Stockholm.
- Statnett SF. 1995. Er kraftledningene helsefarlige? Brosjyre.
- Sundhedsministeriets Ekspertgruppe vedr. Ikke-Ioniserende Stråling (SEIIS).1993. Rapport om risiko for kræft hos børn med bopæl eksponeret for 50 Hz magnetfelter fra højspændingsanlæg. SEIIS Rapport No. 1, København.
- Sundhedsministeriets Ekspertgruppe vedr. Ikke-Ioniserende Stråling (SEIIS). 1993. Risiko for kræft ved udsettelse for ekstreme lavfrekvente magnetfelter i arbej-

- det. SEIIS Rapport No. 2, København.
- Thommesen, G. & Bjølseth, P.S. 1992. Statistiske og lavfrekvente magnetfelt i norske smelte- og elektrolyseverk. SIS-rapport 1992:1, Statens strålevern.
- Thommesen, G. & Tynes, T. 1994. Statistiske og lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. Biologiske effekter og yrkeshygienisk betydning. StrålevernRapport 1994:1, Statens strålevern.
- Thommesen, G. 1988. Lavfrekvente elektriske og magnetiske felt – spørsmålet om kreft. SIS-rapport 1988:2, Statens strålevern.
- Thommesen, G. 1989. Lavfrekvente elektriske og magnetiske felt – virkning på fruktbarhet og fosterutvikling. SIS-rapport 1989:6, Statens strålevern.
- Vedtak fra Nærings- og energidepartementet av 28.1.1994 vedrørende klagesak om 300 kV kraftledning Fana-Kollsnes.
- Waskaas 1981. Biologiske virkninger av elektriske og magnetiske felt fra kraftledninger – med vurdering av mulig helsefare. SIS-rapport 1982:6, Statens strålevern.
- Waskaas 1982. Biologiske virkninger av magnetfelt. SIS-rapport 1982:7, Statens strålevern.
- Wertheimer, N. & Leeper, E. 1979. Electrical wiring configuration and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.* 109:273-284.
- WHO. 1984. Environmental Health Criteria 35: Extremely Low Frequency (ELF) Fields.
- WHO. 1987. Environmental Health Criteria 69.

## Vedlegg 4

# Har lavfrekvente elektriske og magnetiske felt noen helsemessig betydning?

## 1 SAMMENDRAG, KONKLUSJONER

Det kongelige sosial- og helsedepartement oppnevnte i september 1993 et faglig utvalg til å vurdere mulig helsefare knyttet til lavfrekvente elektriske og magnetiske felt.

I rapporten blir det innledningsvis redegjort for oppnevning av utvalget, mandat, hvordan utvalget valgte å arbeide ut fra mandatet, og for disposisjonen av rapporten.

Utvalget har innhentet opplysninger om forvaltningsmessig praksis i Norge og andre land og tidligere tilsvarende rapporter. Disse rapportene vedrører mest felt med frekvensene 50 eller 60 Hz som svarer til nettfrekvensen i Europa og USA/Canada. Det skilles skarpt mellom akutte effekter og effekter av langvarig eksponering for svakere felt. Akutte effekter med påvirkning av nerveaktivitet og risiko for ufrivillige muskelkontraksjoner skyldes sterke felt som bare forekommer i noen få yrker. Det har vært meget vanskeligere å klarlegge om, og i hvilken grad, langvarig eksponering for svake felt påvirker vår helse.

Internasjonalt blir det arbeidet med forslag om å innføre grenseverdier som alle tar utgangspunkt i å unngå akutte effekter. Utvalget mener at relativt få personer i Norge blir utsatt for felt over de foreslåtte grenseverdiene, og dette er en type eksponering som ved omtanke ofte kan unngås på de få arbeidsplassene dette gjelder. Det er ikke innført grenseverdier for langvarig eksponering for svake felt i noe land, men i Norge har både Helsedirektoratet og Statens strålevern formulert en varsomhetsstrategi når det gjelder slike felt.

Utvalget har gitt en oversikt over fysiske definisjoner og en forklaring av statistiske og tidsvariable elektriske og magnetiske felt. Utvalget har ut fra mandatet vurdert statistiske og lavfrekvente elektriske og magnetiske felt med frekvenser under 300.000 Hz og feltstyrker over det som ethvert menneske i et moderne samfunn utsettes for. Utvalget beskriver eksponeringen i Norge for slike felt og viser hvorfor det er vanskelig å etablere gode mål for eksponering og forstå de biologiske virkningene.

For lesere med liten erfaring i forskning har utvalget beskrevet metoder for å vurdere helsefare i vid forstand. Epidemiologisk forskning omfatter innsamling og bearbeiding av informasjon fra store grupper av befolkningen om sykdom og forhold som kan bidra til utvikling av sykdom. Gode epidemiologiske undersøkelser er avgjørende for å vurdere risikoen for helsefare ved å bli utsatt for forskjellige former for lavfrekvente elektromagnetiske felt. Dyreforsøk er også nødvendige i en rekke sammenhenger, bl.a. i reproduksjonsforskning, og er avgjørende for å klarlegge svar på eksponering av forskjellig art og styrke. Endelig er studier av celler i kultur av særlig betydning for å studere og klarlegge mekanismene bak biologisk effekt av eksponering for forskjellige typer av elektromagnetiske felt.

Utvalget har gått gjennom en stor mengde vitenskapelige artikler vedrørende biologisk og helsemessig betydning av elektromagnetiske felt. Spesielt kan nevnes at det foreligger en rekke epidemiologiske studier av forekomst av kreft blant befolkningsgrupper som er eksponert for uvanlige elektromagnetiske felt. Kreftfor-

mene som spesielt trekkes frem er leukemi og kreft i sentralnervesystemet, men også brystkreft. Befolkningsgruppene har vært barn og voksne som bor nær kraftledninger, og voksne i såkalte «elektriske yrker». Det er også gjennomført studier rettet mot såkalt «el-allergi», og mot spørsmål om abort og fosterskader. Det foreligger også noen undersøkelser om hvorvidt magnetfelt kan øke risikoen for depresjon og selvmord.

I en lang rekke eksperimentelle studier på mennesker, dyr og cellekulturer er biologisk effekt av elektriske eller magnetiske felt studert. Mange av disse har utvalget også gått gjennom.

Utvalget har redegjort for hypoteser om hvordan elektromagnetiske felt kan tenkes å gi en biologisk effekt.

### Vurderinger

Utvalgets vurdering av helsefaren ut fra litteraturstudiene og konklusjoner som kan trekkes på grunn av dette, er omtalt i "*Forslag til tiltak*" i kapittel 8 og "*Administrative og økonomiske konsekvenser*" i 9. Utvalget har her særlig vurdert risikoen for utvikling av forskjellige former for kreft siden dette har vært så fremtredende i den offentlige debatt.

Epidemiologiske undersøkelser taler for at leukemi forekommer oftere blant barn som vokser opp nær kraftledninger enn hos andre barn. Tilsvarende undersøkelser tyder ikke på at bosted nær kraftledninger har noe å si for krefthyppighet hos voksne. Det er ikke entydige resultat fra epidemiologiske undersøkelser av folk som eksponeres for elektromagnetiske felt i yrket. Det finnes indikasjoner på at feltene er assosiert med en noe hyppigere forekomst av hjernekreft, leukemi og brystkreft, men her er usikkerheten svært stor.

Eksperimentelle studier har ikke gitt grunnlag for direkte konklusjoner om helseeffekter hos mennesker, men det er f.eks. vist at magnetfelt av den typen folk utsettes for i boliger og arbeidsliv, kan gi en biologisk effekt. Dette er i seg selv oppsiktsvekkende siden vi foreløpig ikke forstår fullt ut hvordan effektene oppstår. I noen av studiene kan vi ikke se bort fra at effekter på celler og dyr muligens kan forklares på annen måte enn ved elektriske eller magnetiske felt, men vi må også godta at flere eksperimentelle studier tyder på at magnetfelt kan ha en biologisk virkning som vi foreløpig ikke kan forklare i detalj.

Det har ikke vært mulig ut fra epidemiologiske studier å bestemme årsaken til økt forekomst av leukemi hos barn som vokser opp nær kraftledninger. Mange faktorer kan spille inn. Likevel mener utvalget at studiene synes å peke mest i retning av magnetfelt. De epidemiologiske studiene tyder samlet på en relativ risiko på i underkant av 2,0. Det vil si at disse barna synes å ha en dobling i risiko for å få leukemi sammenliknet med andre barn. Siden leukemi er en sjelden sykdom, er imidlertid en dobling av risiko fortsatt en liten risiko. Utvalget har derfor drøftet inngående hva som menes med en slik risiko og finner at den må vurderes på to ulike måter samtidig:

Vi har omlag 30-40 nye tilfeller av leukemi pr. år i Norge blant barn i aldersgruppen 0-14 år. Ut fra de epidemiologiske undersøkelsene som er offentliggjort, har utvalget beregnet at vi kan vente 0,3-0,4 ekstra nye leukemifall i Norge pr. år pga. bolig nær kraftledninger. Utvalget finner at en slik beregning av *kollektiv risiko* viser at dette ikke representerer noe omfattende helseproblem sett i et samfunnsmessig perspektiv.

Beregning av kollektiv risiko kan likevel skjule forhold av mer etisk og individuell betydning. Dette skjer i tilfeller der svært få personer i landet blir utsatt for en økt risiko. I slike tilfelle vil samletall for hele landet ikke gi uttrykk for den *indivi-*

*duelle risiko* for hvert enkelt barn. Når de samme epidemiologiske undersøkelsene tyder på at barn som vokser opp nær kraftledninger synes å ha en dobling i risiko for å få leukemi, innebærer det at de har en tilleggsrisiko for å få leukemi på omtrent samme nivå som risikoen for å dø eller bli svært alvorlig skadet i trafikken. Denne måten å forstå risikoen på må vi også forholde oss til.

Etter en samlet vurdering tyder omfattende epidemiologiske studier av spontanabort og medfødte misdannelser ikke på at eksponering for elektromagnetiske felt øker risikoen for dette.

Det er ingen tvil om at sterke elektriske såvel som magnetiske felt fremkaller reaksjoner i kroppen som gjør det mulig å føle at feltene er til stede. Muligheten for at noen individer er overfølsomme overfor elektromagnetiske felt har vært mye diskutert. Kontrollerte forsøk har med få unntak ikke gitt støtte til at dette er et omfattende problem, men det er behov for videre arbeid basert på studier i situasjoner med presis eksponering og registrering av svar på denne uten at personene selv kan vite om de er eksponert eller ikke.

En mulig sammenheng mellom depresjon og selvmord og eksponering for elektromagnetiske felt har vært forsøkt belyst i epidemiologiske undersøkelser, særlig i England. Hver enkelt av de omtalte undersøkelsene har åpenbare svakheter, men flere studier peker i retning av en sammenheng. Derfor ser utvalget et behov for videre arbeid for å klarlegge om det er en slik sammenheng og hvor stor risikoen eventuelt er.

Selv om mange spørsmål fortsatt er uavklart, mener utvalget at indikasjonene likevel er tilstrekkelig sterke når det gjelder helseeffekt av lavfrekvente elektromagnetiske felt, til at vi med ulike tilnæringsmåter bør forsøke å redusere unødvendig eksponering. Utvalget trekker denne konklusjonen selv om vi ikke er sikre på at hverken elektriske eller magnetiske felt virkelig er årsak til den observerte økning i forekomst av leukemi eller andre kreftsykdommer. Usikkerheten og det relativt begrensede omfanget av problemet tilsier at det ikke er forsvarlig å sette i gang svært kostnadskrevenne tiltak.

Utvalget mener at en varsomhetsstrategi som følges opp med konkrete tiltak kan føre til at eksponeringsnivået i løpet av noen få tiår kan reduseres betraktelig for utsatte grupper med relativt enkle midler og uten store kostnader. Her trengs oppfinnsomhet og omtanke fra kraftselskapene, arkitekter, installatører, industriledere og produsenter av elektrisk utstyr sammen med innspill fra myndighetene for å få utviklingen i gang. Det er interessant å se at relativt enkle lokale regler som f.eks. MPR II kravet for lavstråle dataskjerm som er innført i Sverige, kan redusere langtidseksponeringen for elektromagnetiske felt i betydelig grad selv uten kostnadskrevenne tiltak.

Oslo, 4. mai 1994

- Morten Harboe
- Frøydis Langmark
- Rolv Terje Lie
- Odd Lingjærde
- Bente Moen
- Randi Nygaard
- Georg Thommesen
- Tore Tynes
- Arnt Inge Vistnes

## 2 INNLEDNING

### 2.1 Oppnevning av utvalg, og utvalgets mandat

Det kongelige sosial- og helsedepartement oppnevnte i september 1993 en arbeidsgruppe til å vurdere helsefare knyttet til lavfrekvente elektromagnetiske felt. Utvalget fikk følgende sammensetning:

- Professor, dr.med. Morten Harboe, Institutt for generell og revmatologisk immunologi, Universitetet i Oslo, leder.
- Instituttoverlege Frøydis Langmark, Kreftregisteret.
- Forsker, dr.philos. Rolv Terje Lie, Medisinsk fødselsregister, Universitetet i Bergen.
- Professor, dr.med. Odd Lingjærde, Gaustad sykehus, Oslo.
- Forskningsleder, dr.med. Bente Moen, Institutt for arbeidsmedisin, Universitetet i Bergen.
- Overlege, dr.med. Randi Nygaard, Den Norske Kreftforening v/ Barneklubben, Regionsykehuset i Trondheim.
- Forsker, dr.philos. Georg Thommesen, Statens strålevern.
- Førsteamanuensis, dr.philos. Arnt Inge Vistnes, Avd.for biofysikk, Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Etter 1.mars 1994:

- Stipendiat, cand.med. Tore Tynes, Kreftregisteret.
- Utvalgets sekretær var Arnt Inge Vistnes.

Arbeidsgruppen fikk følgende mandat:

«Det oppnevnes et faglig utvalg som skal vurdere mulig helsefare knyttet til lavfrekvente elektriske og magnetiske felt.

Utvalget skal gi en oversikt over dagens kunnskap vedrørende den helsemessige betydning av eksponering for lavfrekvente, hovedsaklig nettfrekvente elektriske og magnetiske felt, yrkesmessig såvel som i boligmiljø, herunder evaluere relevante forskningsarbeider.

Dersom foreliggende forskningsresultater gir grunnlag for å trekke konklusjoner med rimelig grad av sikkerhet, bør arbeidet kunne ut i et svar på følgende spørsmål:

Er det sannsynlig at elektriske og/eller magnetiske felt i det aktuelle frekvensområdet og de feltstyrker som man kan bli utsatt for i dagligliv og yrkesliv, har vesentlige helseskadelige effekter?

Gruppens arbeid forutsettes å være avsluttet innen 1. mars 1994.»

Fristen ble siden utsatt til 1. mai 1994.

### 2.2 Hvordan utvalget valgte å arbeide

Arbeidsgruppen nedsatt av Sosial- og helsedepartementet valgte å betegne seg selv som et «utvalg». I hele denne rapporten vil derfor betegnelsen «utvalget» være synonymt med arbeidsgruppen gitt ovenfor.

Utvalgets arbeid startet med et forberedende møte mellom Harboe og Thommesen 21. september 1993. Første møte for hele utvalget var 12. oktober 1993. Siden dette har utvalget i alt hatt ni møter.

Departementet utpekte Arnt Inge Vistnes som sekretær for den faglige del av utvalgets virksomhet. Formannen har tatt seg av møteinnkallinger og videreformidling av reiseregninger, timekort m.m. Denne praktiske sekretærfunksjonen med hensyn på økonomiske og andre forhold ønsket utvalget å ha mest mulig uavhengig av Statens strålevern, for å markere utvalgets uavhengighet av denne institusjonen.

Det ble tidlig holdt møte med Statens strålevern for å klargjøre Thommesens stilling i utvalget. Det ble da gjort helt klart at i utvalgets arbeid er Thommesen ikke å betrakte som en representant for Strålevernet, men som en person som gjennom sitt arbeid ved Strålevernet har opparbeidet kunnskap om fagfeltet. Alle personene i utvalget har gjort sine faglige vurderinger uavhengig av de institusjonene de arbeider ved.

Utvalget satte seg inn i forvaltningsmessig praksis i Norge og andre land når det gjelder lavfrekvente elektromagnetiske felt.

Utvalgets faglige arbeid startet med å gjøre seg kjent med eksponering for lavfrekvente elektriske og magnetiske felt som forekommer i hjem og yrke i landet vårt. Det var også nødvendig å berøre fysikken bak lavfrekvente elektromagnetiske felt for å få en forståelse av kompleksiteten i fagfeltet, fordi dette har direkte følger for vurdering av tidligere forskningsresultater. Ut fra mandatet har utvalget valgt å vurdere helsevirkninger som følge av eksponering for elektriske og magnetiske felt i frekvensintervallet 0 (statisk) til 300 kHz.

Arbeidet med å gå gjennom forskningsrapporter og -artikler som omhandler biologisk respons (i vid forstand) på statiske eller lavfrekvente elektriske eller magnetiske felt, ble fordelt mellom utvalgets medlemmer. Enkelte deler av litteraturen er dekket av én person, andre av to eller flere. Samlet har utvalget vurdert et stort antall artikler. Det er publisert mange tusen arbeider innen dette forskningsfeltet. I tillegg til å gjennomgå mange enkeltarbeider, har derfor utvalget delvis måttet støtte seg til faglige oversiktsartikler.

Utvalget valgte å holde sitt arbeid med rapporten fortrolig for andre enn departementet. Utvalgetsmedlemmene har likevel hele tiden hatt frihet til å uttale seg om sitt eget syn på helseeffekter i relasjon til elektromagnetiske felt. Uttalelser på utvalgets vegne gjøres bare av lederen. Utvalgets rapport sendes Sosial- og helsedepartementet, og det er departementet som bestemmer hvorvidt den skal offentliggjøres eller ikke.

### 2.3 Leserveiledning

Utvalget har valgt å gi en relativt omfattende rapport fordi vi mener at emnet som behandles er mangfoldig og komplisert. For at lesere lettest mulig skal kunne finne fram til de emnene de er mest interessert i, gir vi her en kort veiledning.

*"Sammendrag"* i Kapittel 1 gir et meget forkortet sammendrag med konklusjoner som kan leses for seg, men det anbefales sterkt at også *"Forslag til tiltak"* i kapittel 8 og *"Administrative og økonomiske konsekvenser"* i 9 leses for å få en bedre forståelse av formuleringene som er valgt i *"Sammendrag"* i kapittel 1.

Sammensetning av utvalget og hvordan dette valgte å arbeide er gitt i *"Innledning og bakgrunn"* i kapittel 2.

Forvaltningsmessig praksis, spørsmål om grenseverdier og diverse tiltak for å redusere eksponering for elektromagnetiske felt er gitt i *"Historikk og nå-situasjonen i Norge"* i kapittel 3.

*"Praksis og strategier i andre land"* i Kapittel 4 er ment å forklare på enkelt vis hva vi mener med elektriske og magnetiske felt,<sup>1</sup> og forsøker å rydde av veien de mest vanlige misforståelsene på området. I samme kapittel er det også vist hvilke

1. I denne rapporten brukes uttrykkene «elektrisk og magnetisk felt» synonymt med «elektromagnetiske felt». Vi skiller mellom elektromagnetiske felt og elektromagnetiske bølger/stråling, fordi bølger/stråler ikke faller inn under utvalgets mandat. Se nærmere presiseringer i *"Praksis og strategier i andre land"* i kapittel 4.

felt vi utsettes for i bomiljø og arbeid, og det påpekes hvor lett vi kan bli lurt av slike enkle oversikter.

Generell innføring i epidemiologiske og eksperimentelle metoder på celle og dyrenivå er gitt i "*Helsemessige effekter*" i kapittel 5.

En gjennomgang av resultater fra helserelevante og biologiske studier er gitt i "*Gjeldende lovverk – ansvarlige myndigheter*" i kapittel 6, mens utvalgets vurderinger av disse studiene er gitt i "*Forslag til tiltak*" i kapittel 8.

Kapittel 7 gjengir hypoteser for hvordan felt kan tenkes å gi en biologisk effekt.

I "*Administrative og økonomiske konsekvenser*" i kapittel 9 trekkes enkelte konklusjoner ut fra materialet gitt i "*Innledning og bakgrunn*" i kapitlene 2- "*Forslag til tiltak*" i 8. En kortversjon av disse igjen er det som er gitt i "*Sammendrag*" i kapittel 1.

Rapporten har to vedlegg. I det første gjengis ett sett grenseverdier for lavfrekvente og statiske elektromagnetiske felt, nemlig de som er foreslått av International Radiation Protection Association. I vedlegg 2 er det gitt diverse tabeller med resultater fra epidemiologiske arbeider som omhandler kreft og elektromagnetiske felt.

Sist er det gitt to litteraturlister. Den første er en kort liste med oversiktsartikler for generell innføring i emner vi behandler. Til slutt kommer en liste som omfatter alle arbeidene vi har referert til i rapporten.

### 3 HISTORIKK OG FORVALTNING

#### 3.1 Generell historisk utvikling

Allerede de gamle grekere.... heter det, og slik begynner vår historie også. Før Homers tid utvant grekerne  $Fe_3 O_4$  i Magnesia i Lilleasia. Stenene ble kalt magnetitt etter stedet de ble funnet, og magnetitt ble tillagt medisinske egenskaper. Siden den tid har magneter blitt tillagt en viss helseeffekt. Legen William Gilbert foreskrev magnetfelt terapi for dronning Elizabeth I på 1600 tallet, og toppidrettsutøvere forsøkte magnetfelt terapi her i landet i 1980 årene.

Anton Mesmer, en lege fra Østerrike, reiste til Paris på 1770 tallet og gjorde seg berømt på å gni kroppen til pasienter med magneter for å kurere forskjellige plager. Dette pågikk helt til det franske vitenskapsakademi nedsatte en kommisjon (med blant andre Benjamin Franklin) for å granske Mesmer. Kommisjonen fant at Mesmer drev med fusk og fanteri, og magnetterapi har siden da hatt en litt negativ klang i enkelte vitenskapelige kretser.

Galvani og Volta oppdaget imidlertid at muskler i avkuttede froskelår trakk seg sammen når nerver som førte til muskelen ble utsatt for en elektrisk påvirkning. Dette er et fenomen som siden er blitt vel etablert, slik at det ikke er noe tvil om at elektriske spenninger og elektriske strømmer har en innvirkning på kroppen.

Noen mener i dag at bare elektriske felt (og strømmer) kan ha en biologisk effekt mens magnetfelt i seg selv ikke kan ha noen virkning. Et *tidsvariabelt* magnetfelt kan likevel ha en effekt idet et slikt felt fører til at det blir induisert (dannet) elektrisk spenning og strøm i kroppen. Disse sekundære elektriske fenomenene kan så ha effekt. Andre mener at også magnetfelt *i seg selv* kan ha en biologisk effekt. Meningene er delte.

I løpet av de siste tiår er det to vidt forskjellige tradisjoner som har levet side om side og som begge hevder å kunne si noe om helseeffekt fra statiske eller lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. Den ene tradisjonen hevder at feltene kan ha en positiv virkning på kroppen, mens den andre hevder at feltene virker ødeleggende og kan føre til sykdommer som f.eks. kreft, og noen mener begge deler.



Tanken om at feltene kan ha en positiv virkning stammer bl.a. fra en oppdagelse om at sår som gror gjerne har spesielle elektriske egenskaper. Ved å manipulere omgivelsene til vekstsonen elektrisk, kunne en bedre sårtilhelingen. Dersom en sendte en svak elektrisk strøm gjennom bruddsonen på et benbrudd som hadde vanskelig for å gro (såkalte «non-unions» på engelsk), kunne en få benbruddet til å gro raskere enn ellers. Samme effekt ble oppnådd dersom benbruddet ble utsatt for et tidsvariabelt relativt kraftig magnetfelt, som kunne indusere svake elektriske strømmer over benbruddet uten at det var nødvendig å implantere noe elektrode inn i benet. Dette er en moderne variant av magnetfelt-terapi.

Det er gjennomført kontrollerte forsøk for å studere effektiviteten av magnetfelt-terapien, og selv om meningene fortsatt er delte, er magnetfelt-terapi i forbindelse med heling av beinbrudd relativt godt dokumentert. Samtidig har magnetfelt-terapi eksistert som «alternativ medisin» og hevdes i den sammenheng å kunne virke gunstig på mange forskjellige tilstander, uten at dette er ordentlig dokumentert. Denne siste form for bruk av magnetfelt-terapi gjør at koblingen mellom magnetfelt og helse fortsatt er i vanry i store deler av det vitenskapelige samfunn.

Tradisjonen med å knytte helsefare til lavfrekvente elektromagnetiske felt er langt nyere enn tradisjonen med å se på gunstige virkninger av feltene. Tanken om at feltene kunne virke skadelig på kroppen har først og fremst sitt opphav i en observasjon Wertheimer og Leper gjorde i 1979, nemlig at barn som vokste opp nær små kraftledninger i Denver i Colorado, syntes å ha en større frekvens av kreft enn andre barn. Siden er det gjennomført en rekke studier for å kartlegge hvorvidt elektromagnetiske felt representerer en helsefare, og "*Gjeldende lovverk – ansvarlige myndigheter*" i kapittel 6 i rapporten beskriver disse arbeidene.

I forskningen er det først og fremst kreftfare som er blitt studert. I tillegg har det vært tale om skader på foster eller forstyrrelser i fosterutvikling, inkludert fare for abort. Videre er det rapportert endringer i døgnrytme som følge av eksponering for elektriske eller magnetiske felt. Og endelig dreier det seg om mer diffuse plager, så som svekket hukommelse, hodepine, øyensvie, prikkinger i huden, uopplagthet m.m., men også om depresjon og selvmord.

I tillegg til de epidemiologiske studiene er det utført en rekke eksperimentelle studier, på celler, planter, fugl, fisk og dyr, for å undersøke om statiske eller lavfrekvente elektriske felt kan gi noen biologisk effekt. Disse blir omtalt i "*Drøfting av strategier og tiltak*" i kapittel 7.

For å kartlegge hvilken type eksponering folk blir utsatt for i hjem og yrke, er det foretatt en mengde målinger av felt. Folk har båret med seg instrumenter f.eks. i 24 timer, eller det er foretatt målinger på bestemte steder for å se hvilke felt f.eks. dataskjermer omgir seg med. Den elektriske og magnetiske «hverdag» er således etter hvert blitt ganske godt kjent. En kort oppsummering for norske forhold er gitt i "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4.

Siden forskningen ikke har gitt entydige resultat, har det vært vanskelig å innføre regulering og påbud for å begrense eksponering for lavfrekvente felt. Steile konflikter mellom f.eks. beboere og utbyggere av kraftlinjer har funnet sted både i inn og utland. La oss se hvordan myndighetene takler denne typen problemer.

### 3.2 Forvaltningsmessig praksis i Norge

Statens strålevern har i mange år interessert seg for spørsmålet om helsefare i forbindelse med lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. Utgangspunktet var en generell formulering i Røntgenlovens paragraf 6 som er tolket til også å omfatte lavfrekvente elektromagnetiske felt. Strålevernets oppgaver ifølge Røntgenloven er å

gi pålegg om å begrense helsefarlig stråling, men også å fremskaffe kunnskap om stråling og effekter.

Siden 1979 har flere personer ved Statens strålevern (tidl. Statens institutt for strålehygiene) primært arbeidet med problemstillinger rundt lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. Magne Waskaas var ansatt i perioden 1979-82, og i 1986 tok Georg Thommesen over. En ingeniør var knyttet til virksomheten i 1989-92. Inntil 1994 var deres stillinger betalt av midler fra kraftforsyningen, og det ble reist spørsmål om deres uavhengighet. Dette forhold er rettet opp fra og med 1994 idet lønnsmidlene nå forutsettes dekket direkte over statsbudsjettet.

Strålevernet har siden 1979 gjort en betydelig innsats ved å følge med i litteraturen og utarbeide rapporter (nå kalt StrålevernRapport) for å informere om pågående forskning i inn og utland. Strålevernet har også løpende vurdert hvorvidt lavfrekvente felt representerer noen helsefare. Hittil har deres syn vært at selv om det kan påvises biologiske effekter av slike felt, er det ikke tilstrekkelig bevist at feltene kan føre til helsefare. Strålevernet har derfor hittil ikke funnet det riktig å gå ut med noen grenseverdier eller andre former for pålegg vedrørende eksponering for statiske eller lavfrekvente elektriske eller magnetiske felt.

Strålevernet har holdt seg orientert med hensyn til grenseverdier i andre land, og mener at det ikke synes å være aktuelt for Norge å innføre grenseverdier før f.eks. forslag til grenseverdier blir vedtatt av International Radiation Protection Association (IRPA). IRPA's forslag til grenseverdier er forøvrig basert på å unngå akutte effekter av sterke elektriske og magnetiske felt, og ikke på eventuelle andre effekter (f.eks. kreft) som følge av langvarig eksponering for svake elektromagnetiske felt. Detaljer om disse grenseverdiene er gitt i undervedlegg 1.

I mangel på restriktive retningslinjer/anbefalinger/pålegg fra Strålevernet, har andre instanser innført sine egne. I forbindelse med flytting av en bestemt 420 kV ledning nær et boligfelt i Oslo formulerte Helsedirektoratet sin varsomhets-strategi i et brev til Oslo kommune, datert 3. oktober 1990. Denne varsomhets-strategien lyder:

«Da det er tvil om det kan oppstå helseskade som følge av magnetiske felt som oppstår i nærheten av kraftlinjer, og da det foreligger indisier på at slike helseskader har oppstått, bør nye kraftlinjer inntil sikrere viten om disse forholdene foreligger, ikke legges i nærheten av boligområder, dvs. at uttalelser i plansammenheng har latt tvilen tilgodese helsesiden. Vi har imidlertid ikke ansett at faren er så dokumentert at det har gitt grunnlag for å fjerne eksisterende kraftlinjer.»

Senere har Statens strålevern uttrykt samme prinsipp på en litt annen måte og har uttalt bl.a.:

«I påvente av klarere vitenskapelige data vil Statens strålevern anbefale at man utviser varsomhet og tar hensyn til både den vitenskapelige usikkerhet og den engstelse som har bredt seg blant publikum på grunn av de vitenskapelige funnene. En slik varsomhet innebærer at man ved anlegging av nye boligfelt, barnehager og kraftledninger m.v. søker å unngå at det opptrer unødig høye verdier av elektriske og magnetiske felt på steder hvor barn stadig oppholder seg. Dette kan f.eks. gjøres ved inntil videre å benytte en bredere byggeforbuds-sone ved planlegging av nye boliger, barnehager og lekeplasser i nærheten av kraftledninger enn det forskriftene for elektriske forsyningsanlegg krever. Det er imidlertid fortsatt grunn til å avvende kommende forsknings-resultater og en samlet vurdering av disse i forhold til tidligere forskning før man eventuelt iverksetter større kostnadskrevenende tiltak i forhold til eksisterende anlegg og bygninger.»

I Norge eksisterer det en byggeforbuds-sone ved kraftledninger, regulert i Forskrifter for elektriske forsyningsanlegg (NVE 1988). Forskriftene krever at vannrett avstand fra ytterste faseleder til bolighus m.m. skal være minst 6-7 meter avhengig av spenningen på linjen. For store kraftledninger tilsvarer dette en 16-20 meters sone på hver side fra senterleder (avhengig av ulike detaljer). Denne sonen har imidlertid ikke noe med helsefare å gjøre. Sonen ble innført ut fra krav til teknisk sikkerhet og brannfare samt tilgjengelighet ved reparasjon og vedlikehold.

Senere har f.eks. Bærum kommune innført en foreløpig byggeforbuds-sone på 60 m fra senterleder i forbindelse med utbygging av et boligfelt inn mot en 300 kV ledning, og begrunnet dette i mulig helsefare.

Hittil har helseaspektet bare unntaksvis blitt berørt ved konsesjonssøknader i forbindelse med utbygging av kraftledninger. Så langt utvalget har forstått er dette nå under endring, idet NVE i fremtiden vil kreve at det foreligger beregninger av elektriske og magnetiske felt for boligområder nær nye kraftledninger, og at utbyggeren skal ha vurdert hvordan feltene kan reduseres.

Statens strålevern har ikke utformet noen restriksjoner for arbeid med data-skjerm. Heller ikke Arbeidstilsynet (1990) mener det er grunn til å fraråde gravide å arbeide foran skjermen. Likevel sier de: «På tross av dette er en del kvinner redde for å arbeide foran skjerm i svangerskapet. I slike tilfeller bør arbeidsgiver legge forholdene til rette for å redusere usikkerhet og frykt; ved å tilby informasjon, eventuelt å tilby den gravide en omplassering til annet arbeid under svangerskapet.» Begrunnelsen for dette utsagnet er ikke knyttet til helsefare (arbeidsmiljølovens §8), men til fysisk og psykisk tilrettelegging av arbeidet (§12).

Det foreligger i Norge ikke noen offisiell anbefaling (f.eks. for statsansatte) om å bruke såkalte lavstråle dataskjerm, eller om at nybygg skal planlegges slik at elektriske og magnetiske felt fra faste installasjoner skal være under en viss grense. Det foreligger såvidt vi vet heller ingen anbefaling for elektromontører e.l. om å redusere elektriske og magnetiske felt der dette lett lar seg gjennomføre. Det finnes ingen etablerte norske retningslinjer for hvordan elektriske eller magnetiske felt nær elektriske apparater, dataterminaler, varmekabler m.m. skal måles for å forsøke å påvirke industrien i retning av å produsere varer med reduserte felt.

Det kan nevnes at det i lengre tid har versert en del misforståelser med hensyn på hva som er grenseverdier basert på helsefare, og hvilke byggeforbuds-soner som er tilstrekkelig for å unngå helsefare. Dette er spørsmål som blir tatt opp i detalj senere i rapporten.

### 3.3 Forvaltningsmessig praksis i andre land

#### 4.3.3.1 *Rapporter om helsefare*

I flere vestlige industrialiserte land har spesielt nedsatte komiteer vurdert helsefare ved statiske og lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. I tillegg har spesielle institusjoner, gjerne med en status liknende Statens strålevern i Norge, utarbeidet rapporter om helsefare enten på eget initiativ eller bestilt fra sentrale myndigheter. I tillegg finnes det en del rapporter som er utarbeidet av internasjonale organer. Nedenfor er det listet opp noen av de mest relevante rapportene utvalget kjenner til:

**Danmark:** Sundhedsministeriets Expertgruppe vedr. Ikke-Ioniserende Stråling (SEIIS) avga to rapporter i mai/juni 1993. Titlene var hhv: «Rapport om risiko for kreft hos barn med bopæl eksponert for 50 Hz magnetfelder fra høyspændingsanlæg» og «Risiko for kreft ved udsettelse for ekstreme lavfrekvente magnetfelder i arbejdet».

**Sverige:** Det er besluttet å nedsette en faggruppe under Socialstyrelsen som skal vurdere helserisiko forbundet med eksponering for lavfrekvente felt. Videre er

det nedsatt en kriteriegruppe under Arbetarskyddsstyrelsen for vurdering av helsefare ved yrkeseksponering for lavfrekvente felt. Disse har foreløpig ikke kommet med noen rapport. Elsikkerhetsverket, som har det forvaltningsmessige ansvaret for tiltak mot eksponering for feltene fra kraftledninger, har utgitt flere rapporter. Statens Strålskyddsinstitut (SSI) har generelt forvaltningsansvar for ikke-ioniserende stråling, og har blant annet utgitt SSI-informasjon 93-01 som omhandler lavfrekvente felt.

**Finland:** Finska strålsikkerhetssentralen har sitert et utkast til anbefaling med tittel «Hälsoskador i anslutning till magnetfälten och hur dessa kan undvikas», utgitt april 1993.

**Storbritannia:** En styringsgruppe med formann sir Richard Doll utarbeidet i 1992 en rapport utgitt av National Radiological Protection Board (NRPB) med tittel «Electromagnetic Fields and the Risk of Cancer». Rapporten bygger på flere interne NRPB utredninger.

**Irland:** Department of Energy (DoE) har fått utarbeidet en rapport i 1992 som gir en bred oversikt over forskning, publikums holdninger og autoriteters respons på dette.

**Nederland:** En komite under det nederlandske helsedirektorat utarbeidet rapport Gezondheidsraad 1992/7 med tittel: «Extrem laagfrequente elektromagnetische velden en gezondheid».

**Frankrike:** Académie Nationale de Médecine utarbeidet i 1993 på oppdrag fra ministeriet for industri og handel en rapport med tittel: «Rapport sur les Champs Electromagnétiques de Très Basses Fréquence et la Santé».

**USA:** Office of Technology Assessment (OTA) under Congress of the United States utarbeidet i 1989 rapporten «Biological Effects of Power Frequency Electric and Magnetic Fields». Environmental Protection Agency (EPA) kom i 1990 med to utkast til en rapport med tittel «Evaluation of the Potential Carcinogenicity of Electromagnetic Fields». Rapporten ble gjenstand for en offentlig høring i januar 1991, og en revidert rapport ventes i 1994.

Oak Ridge Associated Universities (ORAU) har i 1993 utgitt rapporten «Health Effects of Low-Frequency Electric and Magnetic Fields». American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) utgir årlig tabeller over anbefalte yrkshygieniske grenseverdier for diverse former for eksponering. De har blant annet gitt anbefalte grenseverdier for statiske og lavfrekvente elektriske og magnetiske felt.

U.S. Department of Transportation har utarbeidet i alt åtte rapporter som på forskjellig vis behandler helseaspekter ved elektriske tog (bl.a. Maglev). Deres samlerapporrt «An overview of Biological Effects and Mechanisms Relevant to EMF Exposures from Mass Transit and Electric Rail Systems» kom i august 1993.

#### *Internasjonalt:*

World Health Organization (WHO) har laget to rapporter «Environmental Health Criteria 35: Extremely Low Frequency (ELF) Fields» (1984), og «Environmental Health Criteria 69: Magnetic Fields» (1987). En ny rapport fra WHO: «Environmental Health Criteria 137: Electromagnetic fields (300Hz to 300 GHz)» (1993) behandler bare en del av det vi mener med lavfrekvente felt.

#### *Vurdering:*

Det vil gå for langt å gjengi konklusjonene i alle disse rapportene, men det finnes visse felles trekk.

De fleste rapportene er mest interessert i felt med frekvensene 50 eller 60 Hz, som svarer til nettfrekvensen i henholdsvis Europa og USA/Canada. Det skilles skarpt mellom såkalte akutte effekter og effekter fra langvarig eksponering for svakere felt. De akutte effektene skyldes først og fremst at feltene fører til induerte strømmer i kroppen. For riktig kraftige elektriske og magnetiske felt vil induerte strømmer overskride naturlige strømtettheter i kroppen, og det kan oppstå ikke-fysiologiske signaler i nerver, eller muskler kan kontraheres slik at kramper i verste fall kan oppstå. Så sterke felt forekommer bare i et fåtall yrker. Folk flest utsettes for langt svakere felt, og de nevnte akutte effektene vil bare unntaksvis forekomme i vanlige bomiljø.

I de nevnte rapportene blir de akutte effektene stort sett akseptert som reelle og udiskutable, og praktisk talt alle forslag til anbefalte grenseverdier tar utgangspunkt i å unngå akutte effekter.

Usikkerheten er langt større når det gjelder langvarig eksponering for svake felt. De fleste rapportene sier at de forskningsresultatene som foreligger ikke har påvist noen sikker sammenheng mellom lavfrekvente elektromagnetiske felt og helseeffekt (f.eks. kreft), men at en slik effekt ikke kan utelukkes. Konklusjonen av denne erkjennelsen varierer litt fra rapport til rapport.

Enkelte mener at det ikke er grunn til å innføre grenseverdier eller tiltak for å redusere langvarig eksponering for svake felt. Et eksempel på en slik konklusjon finner vi i Oak Ridge rapporten nevnt ovenfor, som sier:

«This review indicates that there is no convincing evidence in the published literature to support the contention that exposures to extremely low-frequency electric and magnetic fields (ELF-EMF) generated by sources such as household appliances, video display terminals, and local power lines are demonstrable health hazards. .... Given this lack of conclusive evidence, any assessment of health risk associated with fields emitted by these sources would be speculative and seemingly unjustified.»

Andre mener at det ikke er tilstrekkelig kunnskap til å innføre grenseverdier basert på f.eks. fare for kreft, men at forskningen likevel gir grunnlag for at det bør innføres forsiktige, ikke kostbare tiltak for å redusere eksponering. Et eksempel på en slik uttalelse finner vi i Statens strålskyddsinstitut's informasjon i93-01 der det heter:

«SSI anser att det finns forskningsresultat som stöder hypotesen om samband mellan vissa cancerformer och exponering för sådana lågfrekventa magnetfält som finns intill kraft-ledningar, elektrisk utrustning och liknande. Fortfarande talar många faktorer mot sådana samband. Kunskapen börjar ändå närma sig det stadium där det kan vara rimligt att tillämpa den och omsätta den i skyddsåtgärder. .... Åtgärder som till rimlig kostnad minskar exponeringen för människor som stadigvarande vistas i förhöjda elektromagnetiska fält är befogade. Det kan t.ex. innebära att man

- vid dragning av nya kraftledningar och nyinstallationer av utrustningar som kan medföra höga exponeringar för elektromagnetiska fält bör söka lösningar som ger låga exponeringar om dessa inte innebär stora olägenheter eller kostnader
- minskar exponeringar som mer än tiotals gånger överstiger normalvärdet för elektromagnetiska fält när detta kan ske till rimliga kostnader
- avvaktar med kostsamma ombyggnader av befintliga installationer om exponeringarna högst uppgår till några tiotals gånger vad som är normalvärdet.»

Disse ønskene om å føre en forsiktighetsstrategi har fått praktiske følger. Stockholm energi har besluttet å bygge om alle sine innebygde transformatorer i løpet av omtrent en tiårs periode. Deres mål er å komme ned i mindre enn  $0,5 \mu\text{T}$  (50Hz) i rom nær eksisterende transformatorer dersom rommet brukes som bolig eller fast arbeidsplass. Ved nyanlegg av transformatorer søkes en frittliggende løsning, og målet er da at magnetfeltet i «lokaler där människor stadigvarande vistas» nær transformatoren ikke skal overskride  $0,2 \mu\text{T}$  (Internt policy notat av 1993-10-11). Det presiseres at  $0,2$  og  $0,5 \mu\text{T}$  ikke skal betraktes som helsemessige grenseverdier.

I Danmark får forsiktighetsstrategien kanskje en annen uttrykksform. Der har elektrisitetsverkene sentralt nylig foreslått en ordning med oppkjøp eller utbetaling av erstatning for boliger som kommer nær nye kraftledningstraseer. Ifølge deres forslag vil eiere av boliger mindre enn 50 meter fra fremtidige kraftledninger få tilbud om å selge boligen for full takst. For boliger mellom 50 og 200 meter fra kraftledningen, vil elektrisitetsverkene betale en erstatning som varierer lineært fra full takst ved 50 meter til ingen erstatning ved 200 meter. Det er interessant at elektrisitetsverkene mener at disse oppkjøpene og erstatningene ikke vil representere mer enn 2-4% i meromkostninger ved de nye kraftledningene i Danmark. Det er ennå for tidlig å si om forslaget blir vedtatt eller ikke (Jørgen Knudsen, NVE, Danmark, personlig meddelelse mars 1994).

#### 4.3.3.2 Grenseverdier

Som nevnt kan svært kraftige elektriske eller magnetiske felt medføre akutte effekter, så som generering av nervesignaler eller muskelkontraksjoner. Det er ikke opplagt at slike effekter alltid er helseskadelige, og ved magnetfelt-terapi benyttes faktisk iblant felt som fører til akutte effekter. Likevel er det stor enighet om at folk i bomiljø og arbeidsliv bør skjermes fra så høye felt. Det er derfor utarbeidet flere forslag til grenseverdier for å unngå akutte effekter. Her vil vi nevne følgende:

International Radiation Protection Association (IRPA) utga i 1989/90 midlertidige retningslinjer for eksponeringsgrenser for 50/60 Hz elektriske og magnetiske felt. IRPA arbeider også med forslag til grenser for statiske magnetfelt. En ny kommisjon, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) er opprettet med nær tilknytning til IRPA, og har inntil videre gått god for IRPA's forslag til retningslinjer. IRPA's forslag til grenseverdier er gitt i undervedlegg 1.

Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (CENELEC) har kommet med foreløpige forslag til grenseverdier.

EU-kommisjonen har utarbeidet et forslag til direktiv på minimums-krav til helse og sikkerhet blant annet for elektromagnetiske felt.

Det er relativt liten variasjon i grenseverdier selv om de er foreslått av ulike organisasjoner. For elektriske felt i 50 Hz området er forslagene gjerne ca.  $10 \text{ kV/m}$ , og dette er en verdi vi i Norge stort sett bare finner like under  $420 \text{ kV}$  linjer og noen få steder i industrien. De foreslåtte grenseverdiene for magnetiske felt i 50 Hz området er gjerne ca.  $500 \mu\text{T}$ , og det er om lag hundre ganger større enn de feltene vi finner like utenfor byggeforbuds-sonen til store kraftledninger (detaljer gitt i undervedlegg 1.)

Selv om det er *foreslått* grenseverdier har hittil ingen land *vedtatt* grenseverdier for eksponering for elektriske og magnetiske felt.

Flere steder har man imidlertid innført *lokale* grenseverdier. Staten New York og Florida har f.eks. fastsatt grenseverdier ved bygging av nye kraftledninger. I Florida er grensene for elektrisk felt  $2 \text{ kV/m}$  og for magnetisk flukstetthet  $15\text{-}20 \mu\text{T}$  ved byggegrensen. I City of Irvine i California har de vedtatt en grense på  $0,4 \mu\text{T}$  i byg-

gegrensens ved nye boligfelt og barnehager (Iflg. Statens energiverk, Stockholm, rapport 1986-04-07 og Grandolfo og Vecchia 1989).

Det er grunn til å tro at sentrale ansvarlige myndigheter er svært forsiktige med å foreslå grenseverdier som kan få store økonomiske følger. Det er likevel å håpe at økonomien ikke influerer for mye på vurderinger om hvorvidt det er tale om helsefare eller ikke. Derimot er økonomien selvfølgelig en svært viktig faktor når det skal foretas *prioriteringer* av ulike helsefremmende oppgaver i samfunnet.

#### 4.3.3.3 *Alternativ til grenseverdier basert på helsefare*

I Sverige er det foreløpig ikke innført grenseverdier basert på helsefare, men det er innført en helt annen type grenseverdier som har hatt en enorm betydning i verdensmålestokk. Vi tenker da på innføringen av MPR II kravet for lavstråle dataskjerm. Det er interessant å merke seg tankegangen som ligger bak innføringen av MPR II kravene. Ut fra en konstatering fra målinger at enkelte skjermer omgav seg med langt mindre felt enn andre, trakk svenskene (Swedac) konklusjonen at *dersom det er teknisk mulig for enkelte fabrikanter å lage skjermer med relativt svake felt, så må det være mulig for andre*. Det ble så utarbeidet et sett med grenseverdier som tilsvarte feltene fra skjermene med lavest felt, og det ble laget detaljerte forskrifter for hvordan målinger av felt skulle foregå. Dersom en skjerm holdt seg innenfor grenseverdiene, kunne produsenten reklamere med at den tilfredstilte MPR II kravene for lavstråleskjermer. Ved hjelp av dette tilsynelatende positive pressmidlet, oppnådde svenskene i løpet av få år at praktisk talt alle skjermer på verdensbasis var av lavstråletypen. Omleggingen kostet svært lite. De valgte grenseverdiene var ikke fremkommet ut fra studier om helsefare, men mulig helsefare ved dataskjermer var generelt sett drivkraften for at mange ønsket å arbeide ved en lavstråleskjerm framfor en med høyere felt.

På liknende måte har man i Sverige langt på vei oppnådd å fjerne innebygde transformatorer i nybygg. Igjen har dette skjedd ved enkle midler idet det er bestemt at elektriske og magnetiske felt fra faste installasjoner i nye statsbygg skal holde seg under bestemte grenseverdier. Grenseverdiene er offisielt ikke basert på helsefare, men på ønske om å unngå forskjellig type elektromagnetisk støy. Det er velkjent at dersom f.eks. magnetfelt er over ca. 1  $\mu\text{T}$ , vil bildet på en dataskjerm bli så forvrengt eller forstyrret at det er vanskelig å bruke skjermen for langvarig arbeid. For å unngå denne form for problemer, og for å unngå krav fra eventuelle leietakere i statens bygg, ble grenseverdiene utarbeidet. Effekten er klar: at også andre byggherrer enn staten velger å bruke samme praksis, og en velkjent kilde til magnetfelteksponering vil langsomt men sikkert forsvinne fra svenske bygg.

## 4 ELEKTRISKE OG MAGNETISKE FELT

Utvalgets mandat var å vurdere helseeffekter av elektriske og magnetiske felt, og det er derfor nødvendig å definere hva vi mener med disse uttrykkene. Vi har konstatert at selv sentrale personer som uttaler seg innen utvalgets interessefelt, ikke alltid har forstått fysikken bak uttrykkene «elektriske og magnetiske felt» og begrensningene som ligger i dem. Vi vil derfor gå litt inn i fysikken for å legge et grunnlag for faglige vurderinger. Vi vil også gi en kort oversikt over de mest aktuelle eksponeringssituasjonene i Norge idag, og ut fra dette begrunne hvilke typer eksponering utvalget har konsentrert seg om.

## 4.1 Fysiske definisjoner og forklaring av «felt»

### 4.4.1.1 Elektriske felt

All materie er bygd opp av forskjellige partikler, hvorav elektroner og protoner har elektrisk ladning. Mellom elektroner og protoner virker elektriske krefter, og disse kreftene er klart de kraftigste naturkreftene vi kjenner som kan virke på avstander større enn et atom. Dersom vi har en gjenstand som av en eller annen grunn har færre elektroner enn protoner, vil gjenstanden være positivt ladd. Kommer vi selv i nærheten av denne gjenstanden, vil det bli merkbare elektriske krefter mellom de positive ladningene i gjenstanden og ladete partikler i vår egen kropp. Dette fører til at enkelte positive ioner i kroppen vil bli forsøkt skjøvet vekk fra gjenstanden, mens negative ioner vil bli trukket mot.

Dersom vi kjenner til hvordan ladningen fordeler seg romlig i ulike gjenstander, kan vi beregne krefter og finne ut hvordan f.eks. ioner i kroppen vil bevege seg. Det er likevel sjelden at vi virkelig kjenner ladningsfordelingen i en gjenstand, f.eks. i en dataskjerm. Vi innfører derfor en størrelse kalt «*elektrisk felt*» som vi tenker oss finnes overalt i rommet i og også *utenfor* gjenstanden. Hensikten med denne størrelsen er å kunne fortelle hva slags krefter som vil virke på en ladet partikkel dersom den kommer inn i feltet, uten at vi behøver kjenne ladningsfordelingen som skaper feltet. Vi gjør altså følgende forenkling:

*I stedet for beskrivelsen:*

Kraft på en ladet partikkel på et bestemt sted (på grunn av ladningsfordeling i f.eks. en dataskjerm like ved) = summen av krefter mellom denne ladde partikkelen og samtlige ladninger (ikke balanserte) *i dataskjermen*.

*.... bruker vi beskrivelsen:*

Kraft = Elektrisk felt (som skyldes dataskjermen) målt *på den ladde partikkelens plass* multiplisert med partikkelens ladning.

Dersom vi da kjenner det elektriske feltet  $E$  i et punkt f.eks. foran en dataskjerm, og vi plasserer en partikkel (ion, liten gjenstand e.l.) med ladning  $q$  i dette punktet, vil partikkelen bli utsatt for en kraft  $F$  lik:

$$\vec{F} = E \vec{q}$$

Vi har her brukt vektortegn (pilene) for å minne om at krefter både er karakterisert ved en størrelse og en retning. Dersom ladningen  $q$  er positiv, vil kraften ha samme retning som det elektriske feltet, og dersom  $q$  er negativ, vil kraft og felt ha motsatt retning. Elektrisk felt oppgis i enheten volt pr. meter (V/m).

Innføring av begrepet elektrisk felt representerer en svært nyttig forenkling, og vi kan bruke den siste beskrivelsen til å *måle* elektrisk felt. Dersom vi på en eller annet måte kan måle kraften som virker på en ladning i et punkt, og kjenner ladningens størrelse, kan vi bruke formelen ovenfor til å finne det elektriske feltet i dette punktet.

Begrepet elektrisk felt er meget nyttig, men det har sine svake sider som kan føre til en del feilaktige slutninger. Dette har ofte sammenheng med at oppmerksomheten blir skjøvet fra *den egentlige årsaken* (ladningsfordelingen i en eller flere gjenstander) til en mer eller mindre kunstig matematisk størrelse som er knyttet til rommet ofte *utenfor* gjenstandene selv. Dette fører ofte til at mange oppfatter



måleresultater for elektriske felt som en mye mer konstant og veldefinert størrelse enn det egentlig er grunnlag for.

Målinger av elektrisk felt nær en gjenstand har generelt sett begrenset verdi for å beregne hva som skjer når kroppen kommer nær gjenstanden. Dette kommer for det første av at det ikke bare er ladningene i f.eks. en kabel som påvirker ladninger i kroppen vår når vi kommer nær kabelen, men ladningene i kroppen vil i sin tur også modifisere ladningene i kabelen. Resultatet avhenger også av hvor godt ladninger kan utveksles med omgivelsene, det vil si hvor godt vi er koblet til elektrisk jord. Totalt sett kan vi da si at ladningsfordelingen (og dermed også det elektriske feltet) f.eks. i og rundt en kabel som brukes til induksjons-lodding, i høy grad vil bli påvirket av kroppen når den kommer nær kabelen. Det trengs avansert beregning på store datamaskiner for å følge dette samspillet i detalj. En enkel måling nær kabelen vil ofte gi et skinn av nøyaktighet ved beskrivelsen av situasjonen som overhodet ikke har dekning i virkelighetens verden.

Når det gjelder måling av elektriske felt, finnes det i prinsippet to kategorier måleinstrumenter. Den ene typen kan ikke utveksle ladninger med omgivelsene, og den andre typen gjør dette i høy grad, idet måleinstrumentet er jordet. Resultatet av målinger med disse to kategorier av instrumenter kan bli svært forskjellig. Måler vi f.eks. det 50 Hz elektriske feltet 2 cm over en vannseng, kan vi avlese om lag 2000 V/m dersom vi bruker en jordet probe (Guy probe), og måleresultatet avhenger *svært* av avstanden mellom vannsengen og proben. Målinger med en totalt isolert probe («ikke perturbende probe») viser om lag 60 V/m, og her er måle-resultatet svært *lite* avhengig av avstanden. Ikke alle som forsker på lavfrekvente elektriske og magnetiske felt vet at måleresultatene kan være så kraftig avhengig av type måleinstrument. Dette gjør at det iblant er vanskelig å vite hva slags målinger som ligger bak publiserte verdier. Forøvrig er det også iblant uklart hvilken av de to typer målinger som er mest biologisk relevant.

Mange som måler elektriske felt forteller ikke hvilken kategori måleinstrument som er brukt, eller de bruker instrumentet på en kritikkverdig måte. Det er nemlig mange detaljer en må passe på for å gjøre en god måling av elektriske felt.

Vi vil her konkludere med at tabeller over elektrisk felt ofte er av begrenset verdi. Dette skyldes ofte at det er uklarheter i hvordan målingene er foretatt. I rapporten (4.3) har vi forsøkt å gi flere detaljer enn vanlig i et forsøk på å rette på dette, men også denne oversikten har mange svake punkt med hensyn til de gitte elektriske felt. Tabellene har også begrenset verdi fordi de heller ikke forteller hvor kraftig «kobling» det er mellom kilden til feltene og til kroppen vår.

Et unntak fra denne generelle skepsisen til tabeller over elektriske felt er standardiserte måleserier som f.eks. bare går på felt foran dataterminaler (MPR II normen o.l.), eller andre standardiserte målinger av felt under en kraftledning. I slike standardiserte opplegg kan ulike skjermesammenliknes, eller ulike typer oppheng o.l. for en kraftledning sammenliknes, men målte felt foran dataterminaler kan da *ikke* direkte sammenliknes med målte felt fra kraftledningen.

#### 4.4.1.2 Magnetiske felt

Elektrisk felt er en størrelse som brukes som et substitutt for opplysning om ladningsforde-linger i rommet. Er det ikke noe netto ladning noe sted (ut over den atomære målestokk), er det heller ikke noe elektrisk felt i samme målestokk. På samme måte er magnetisk felt en størrelse som brukes som et substitutt for opplysninger om hvordan elektriske ladninger *beveger seg* i rommet. Er det ingen bevegelse av elektriske ladninger, er det heller ikke noe magnetfelt.

Magnetfelt kan vi få på to ulike måter: 1) Elektrisk ladning kan bevege seg som f.eks. elektroner gjennom en ledning (dvs. at det går elektrisk strøm gjennom ledningen). Det er dette som er vanlig f.eks. i kraftledninger, eller: 2) Elektrisk ladning kan være i bevegelse i form av elektroner som spinner rundt sin egen akse, eller går i «baner» i atomet eller molekylet. Denne form for bevegelse ligger oftest bak magnetfelt fra permanente magneter. Magnetfeltene er da statiske.

Dersom det inn i et magnetfelt  $B$

kommer en partikkel med elektrisk ladning  $q$  og med hastighet  $v$ , vil partikkelen bli påvirket av en kraft  $F$  lik:

$$\vec{F} = q v \times \vec{B}$$

Det vil si at en ladet partikkel bare blir påvirket av magnetiske krefter dersom den er i bevegelse. En ladning i ro vil ikke bli påvirket av et statisk magnetisk felt.

Dersom magnetfeltet forandrer seg i tid, vil vi likevel få krefter på ladninger, selv om de ligger i ro. Vi snakker da om at vi får *indusert elektriske spenninger* (som i sin tur kan gi opphav til elektriske strømmer).

Magnetiske felt blir mye mindre forstyrret av en menneskekropp enn elektriske felt (gjelder statiske og lavfrekvente felt). Det betyr at dersom magnetfelt måles et sted, vil feltet meget nær ha samme verdi på dette stedet uavhengig av om vi plasserer kroppen her eller ikke.

Magnetisk *feltstyrke* måles i enheten ampere pr. meter (A/m). Magnetisk *flukstetthet* måles i tesla (T), eller i praksis oftest i milliontedelen av denne; mikrottesla ( $\mu\text{T}$ ). Vi skal ikke gå inn på forskjellen mellom feltstyrke og flukstetthet, men nøye oss med å konstatere at for ikke-magnetiske eller ikke-magnetiserbare materialer er det et fast konstant forhold mellom magnetisk feltstyrke og magnetisk flukstetthet (0,8 A/m tilsvarer 1  $\mu\text{T}$ ). Enkelte forskere foretrekker å oppgi magnetfelt i A/m, men flere gir feltet i  $\mu\text{T}$  (eller milligauss, mG, som er lik 0,1  $\mu\text{T}$ ). Ofte sier vi at «styrken på et magnetisk felt» er så og så mange  $\mu\text{T}$ , mens vi egentlig mener «magnetisk flukstetthet». I denne rapporten mener vi flukstetthet så sant vi bruker enheten  $\mu\text{T}$ .<sup>2</sup>

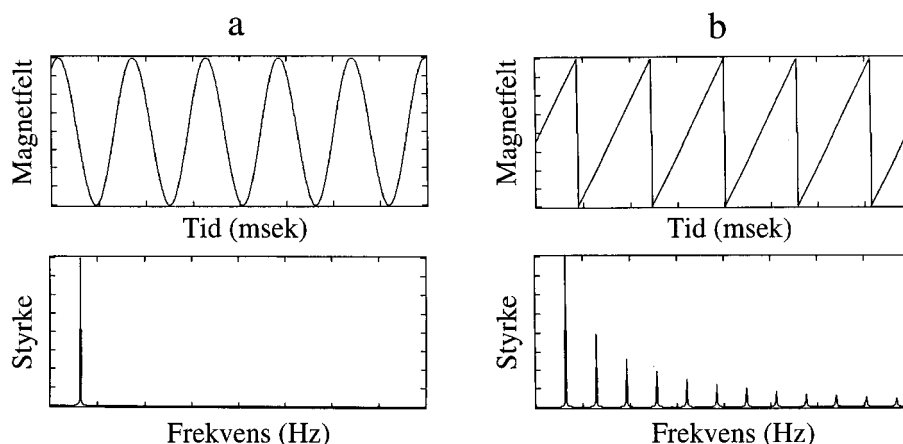
#### 4.4.1.3 Statiske og tidsvariable felt

Vi skiller sterkt mellom statiske og tidsvariable felt, fordi disse har to vidt forskjellige mulige måter de kan virke i kroppen. Tidsvariable felt kan føre til induserte strømmer, mens statiske felt ikke gjør dette (med mindre personen forflytter seg eller roterer raskt i det statiske feltet). Av denne grunn bør en være svært tilbakeholden med å sammenlikne feltstyrker eller flukstettheter for statiske felt med de tilsvarende verdier for tidsvariable felt!

Ved tidsvariable felt vil feltet som navnet sier, variere med tiden (se figur 4.1). Ofte er denne variasjonen harmonisk (sinus-formet), og den kan da entydig bestemmes med en styrke (oftest gitt som effektivverdi), retning og en frekvens. Er frekvensen 50 hertz (Hz) vil det si at feltet svinger 50 ganger pr. sekund, dvs at feltet gjennomløper en hel syklus av endringer i løpet av periodetiden 1/50 sekund.

2. Merk at vi ofte angir magnetisk flukstetthet i  $\mu\text{T}$  for lavfrekvente magnetfelt, og mT for statiske magnetfelt, men det er ikke alltid slik!

1 mT = 1000  $\mu\text{T}$  (1 millitesla = 1000 mikrottesla).



Figur 4.1 Tidsvariable felt er karakterisert med en frekvens (eller periodetid) og form. Dersom formen er harmonisk (sinusformet) som feltet fra en kraftledning (a), har signalet kun en komponent når det analyseres på frekvensinnhold. Ved andre former, så som sagtannformen for et felt fra en dataskjerm (b), har signalet mange frekvenskomponenter.

Iblant er feltvariasjonen periodisk, men ikke harmonisk (se figur 4.1). I så fall må såvel styrke som «form» for tidsvariasjonen oppgis (trekant, sagtann, firkant o.l.). Alternativt kan styrken på feltet oppgis for både grunn-frekvens og tilstrekkelig mange harmoniske (heltall multiplisert med grunnfrekvensen). Felt nær en stor kraftledning er ofte temmelig rent harmonisk, mens f.eks. felt fra en data-maskin gjerne er sagtannformet og inneholder mange frekvenskomponenter (såkalte harmoniske) i tillegg til grunnfrekvensen.

Det er godt tenkelig at to såvidt forskjellige tidsforløp for felt som de vi ser i figur 4.1, vil ha temmelig ulik biologisk virkning. Dette kan altså gjelde selv om de i en tabell ser likedan ut med hensyn til frekvens (grunnfrekvens) og flukstetthet. Dette har blant annet sammenheng med at induisert strøm i kroppen (innen visse grenser) er proporsjonal med hvor raskt magnetfeltet varierer i tid, noe vi kan kalle induksjonsraten (dB/dt). Et linjefrekvent (VLF, se nedenfor) felt fra en dataskjerm har en induksjonsrate på i størrelsesorden 1000 ganger induksjonsraten for et rent 50 Hz felt fra en kraftledning av samme flukstetthet. Det betyr at effekten av et 0,01  $\mu\text{T}$  VLF magnetfelt fra en dataskjerm kan sammenliknes med et 10  $\mu\text{T}$  felt fra en kraftledning. Denne sammenlikningen kan imidlertid være svært misvisende dersom en eventuell biologisk effekt skyldes *noe annet enn* induserte strømmer i kroppen.

Når vi skal beskrive lavfrekvente elektriske eller magnetiske felt, er det altså nødvendig både å angi størrelse og frekvens og tidsvariasjonens «form». Vi klassifiserer da gjerne feltene etter deres frekvens. Statisk felt tilsvarer frekvens lik null. Forøvrig har utvalget valgt (i mangel på entydig internasjonal praksis) å klassifisere frekvenser som «*Extremely Low Frequency*» (ELF) dersom frekvensen ligger i området 1-3000 Hz, eller «*Very Low Frequency*» (VLF) dersom frekvensen ligger i området 3-300 kHz. Frekvenser over VLF området er klart utenfor mandatets uttrykk «lavfrekvente» felt.

Som det går fram av oversikten som følger, vil eksponering i praksis relativt lett kunne karakteriseres som «statisk felt», «ELF felt» eller «VLF felt», men enkelte kilder har komponenter i flere av disse «båndene».

#### 4.4.1.4 Typiske misforståelser; «felt» og «stråling»

Det er vanlig å bruke betegnelsen «elektromagnetiske felt» som en kortform for det mer omfattende uttrykket «elektriske og magnetiske felt». Mange får da assosiasjoner til elektromagnetiske *bølger* og karakteristiske egenskaper ved disse. En slik sammenblanding er feil, av flere grunner. For elektromagnetiske bølger gjelder det at et elektrisk felt står vinkelrett på det magnetiske felt, og begge står vinkelrett på den retningen som bølgen beveger seg i. Videre er det et fast forholdstall mellom størrelsen på det elektriske feltet og det magnetiske. Kjenner vi derfor det elektriske feltet i en elektromagnetisk bølge, kan vi lett beregne det magnetiske (i alle fall for bølger i det tomme rom). Disse forhold gjelder *ikke* for lavfrekvente felt.

En elektromagnetisk bølge er videre karakterisert ved at det foregår en utsendelse av energi fra en kilde, og at energien generelt ikke vender tilbake til kilden: det «utstråles» energi. Når vi snakker om elektromagnetiske bølger i det synlige lys området, eller UV, eller røntgen m.m. er det hensiktsmessig å si at utstrålingen skjer som kvanter med energi  $h\nu$ , der  $h$  er Plancks konstant og  $\nu$  er frekvensen på bølgene. Vi skiller da mellom ioniserende stråling og ikke-ioniserende stråling, alt etter hvorvidt hvert enkelt kvant har nok energi til å ionisere atomer eller molekyler (ionisering: å rive løs et elektron fra et atom eller molekyl. Ioniseringer kan føre til skade på molekyler, f.eks. arvestoffet DNA). Skillet går da i UV-området. Synlig lys er ikke-ioniserende, mens den mest energirike UV strålingen, røntgenstråler osv. er ioniserende.

For lavfrekvente elektromagnetiske felt skjer det praktisk talt ikke noe utstråling av kvanter i det hele tatt. Graden av utstråling fra en «antenne» er nemlig i vår sammenheng proporsjonal med  $(l/\lambda)^2$ , der  $l$  er antennens lengde og  $\lambda$  en beregnet bølgelengde. Ved f.eks. 50 Hz er  $\lambda$  lik 6 000 000 m. De aller fleste strukturer som produserer lavfrekvente felt er svært små i forhold til denne beregnede bølgelengden. For alle praktiske formål kan vi derfor si at det ikke skjer *utstråling* av lavfrekvente kvanter eller energi fra kraftledninger, barbermaskiner o.l. En varmekabel «stråler» varme, men *ikke* lavfrekvente elektriske eller magnetiske felt.

Selv om det ikke skjer utstråling av kvanter og energi, er de lavfrekvente elektriske og magnetiske felt nær en kraftledning eller varmekabel der det går elektrisk strøm virkelige nok. Ved en kraftledning eller varmekabel er det imidlertid slik at feltene bygger seg opp i omgivelsene i én del av 50 Hz syklusen, men så trekker kraftledningen eller kablene tilbake de samme feltene i andre deler av syklusen. Energi bygges opp og trekkes siden tilbake fra omgivelsene, men *det skjer praktisk talt ingen stråling av energi som forlater kraftledningen for så aldri å komme tilbake mer.*

Elektromagnetiske *bølger* som har løsrevet seg fra kilden, kommer først og fremst til sin rett når de betraktes mer enn en bølgelengde fra kilden. Vi snakker da om såkalte «fjernfelt». Elektromagnetiske *felt* som ikke klarer å løsrive seg fra kilden, er mest relevante når vi betrakter dem i en avstand mindre enn en beregnet bølgelengde fra kilden. Vi omtaler disse som såkalte «nærfelt». Fjernfelt og nærfelt følger tilsynelatende hver sine lover. Lavfrekvente elektromagnetiske felt er alle av typen nærfelt.

Hva slags konsekvenser får dette for vårt bilde av feltene nær en kraftledning, barbermaskin o.l.? Jo, vi må gi opp alle tanker knyttet til bølger og kvanter. Argumentasjon om at kvantene har liten energi blir meningsløs. Videre må vi godta at elektrisk felt og magnetisk felt er temmelig uavhengige størrelser. Vi kan oppleve situasjoner der det elektriske feltet er stort, mens det magnetiske feltet er meget svakt. Dette gjelder f.eks. nær bakken ved en spenningsatt høyspentledning der det ikke går noe strøm. På den andre siden kan vi oppleve magnetfelt selv om det elek-

triske feltet er praktisk talt borte. Dette finner vi f.eks. rett over en jordkabel der det går strøm.

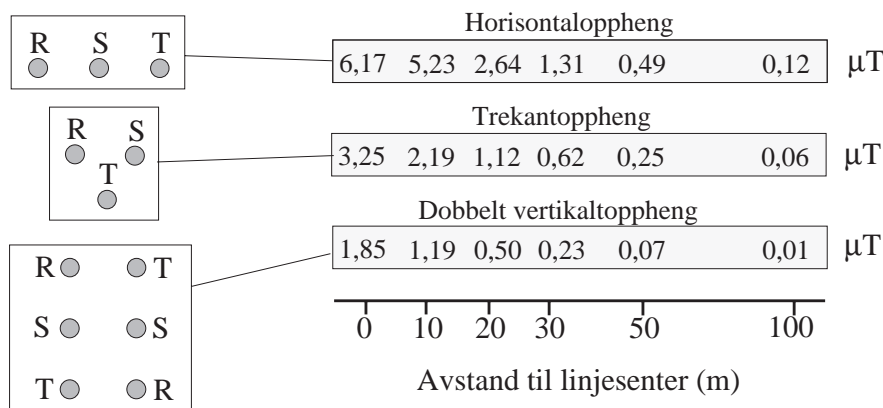
Hvilke følger får denne fysikken for oss? For det første betyr det at i enhver eksponerings-situasjon må vi faktisk kjenne *både* elektrisk felt og magnetisk felt. Det er ikke nok bare å kjenne den ene typen. I mange undersøkelser over eksponering i ulike yrker og i epidemio-logiske undersøkelser er interessen konsentrert om f.eks. magnetfelt, mens det i yrket også kan finnes betydelige eksponeringer av elektriske felt. Siden det ikke er noen enkel sammenheng mellom elektrisk og magnetisk felt, og siden vi ikke vet sikkert hvorvidt det er elektriske eller magnetiske felt som har biologisk virkning (evt. ingen av dem), kan dette f.eks. tenkes å føre til feilklassifiseringer av relevant «dose», og dermed feiltolking av resultater.

Vi har sett at det ikke skjer utstråling av energirike kvanter fra f.eks. en kraftledning, og at vi derfor ikke direkte kan få skader på linje med de vi kjenner fra radioaktivitet og røntgenstråling. Noen trekker da den slutning at skader ikke *kan* oppstå. Det er ikke bare lekfolk som havner i denne misforståelsen. Som det vil gå fram siden i rapporten kan lavfrekvente felt føre til elektriske strømmer i kroppen som er direkte skadelige dersom feltene er sterke nok. Spørsmålet er derfor ikke *om* felt kan gi skader, men heller om hvilke styrker som må til.

#### 4.2 Felt fra kraftledninger, linjekonfigurasjoner

Felt fra kraftledninger er såvidt sentrale når det gjelder mulig helsefare av lavfrekvente felt, at vi vil vie disse ekstra oppmerksomhet. Kraftledninger kan gå i luftspenn eller som jord- eller sjøkabel. Ved luftspenn kan de tre strømførende ledningene henges i samme høyde over bakken (horisontaloppheng), eller over hverandre (vertikaloppheng) eller i en trekantform (trekantoppheng). Mest vanlig i Norge er horisontaloppheng. Denne typen oppheng gir sterkere felt enn f.eks. trekantoppheng. Det eksperimenteres i dag med nye typer oppheng som gir svakere felt enn disse tre. To vertikale sett med tre ledninger (faser) i hver, kan gi vesentlig svakere felt enn ett vertikalt sett, forutsatt at det brukes såkalt motsatt fasrekkefølge i de to settene og at belastningen i begge settene er like stor. Figur 4.2 viser i korte trekk magnetfelt i ulik avstand fra senterleder for noen få valgte oppheng.

Kraftledninger er karakterisert ved spenning og belastning (strømstyrke). Spenninger kan f.eks. være 6 kV, 22 kV, 132 kV, 300 kV eller 420 kV. Jo høyere spenning, desto større avstand (såkalt faseavstand) må det være mellom de tre ledningene.



Figur 4.2 Magnetfelt fra en kraftledning ved vanlig horisontalopp heng, trekantopp heng og dobbelt vertikaltopp heng (faseavstand 9 meter (tilsvarende f.eks. en 300 kV ledning), strøm 400A, nederst: strømmen fordelt likt på begge fase sett). De ulike fasene er betegnet R, S og T. Ikke alle opp heng er like godt egnet for store spenninger. Magnetfeltet er oppgitt som effektivverdi i den retningen som har maksimalt felt.

Strømmen i ledningene varierer svært med belastningen, fra godt under 100 A til over 1000 A. Generelt sett går det mest strøm i de store overføringslinjene, det vil si de med størst spenning (det finnes unntak!).

De elektriske feltene nær bakken ved en kraftledning er proporsjonale med spenningen på ledningene. Både elektriske og magnetiske felt nær kraftledningen er proporsjonale med faseavstanden. Magnetfeltet er i tillegg proporsjonalt med strømmen i ledningen. Samlet sett fører dette til at felt fra store kraftledninger vanligvis er sterkere enn fra de mindre (ved en gitt avstand fra senter for kraftledningen).

I Norge tenker vi ofte på de store overføringslinjene (hovednettet) når det er snakk om helsefare og kraftledninger, og i de nordiske epidemiologiske undersøkelsene har en tatt utgangspunkt i nettopp de store overføringslinjene.

I de opprinnelige studiene fra USA (Wertheimer og Leeper, 1979) var imidlertid utgangspunktet i like stor grad mindre fordelingslinjer langs enkelte gater inne i byene. De betraktet tykkelse og antall ledninger, og skilte mellom hovednett, fordelingsnett og lavspent fordeling. Ut fra et sett regler karakteriserte de enhver bolig som eksponert for High Current Configuration (HCC) eller for Low Current Configuration (LCC).

En bolig ble plassert i HCC gruppen dersom noen del av den var

- nærmere enn 40 m fra én tykk 13 kV ledning eller seks eller flere tynne 13 kV ledninger,
- nærmere enn 20 m fra tre til fem tynne 13 kV ledninger eller hovednettet (50-230 kV), eller
- nærmere enn 15 meter fra en 240 V lavspentledning (med visse tilleggskrav) (Karijord, internt notat nov.1992)

Siden ble også kategorien Very High Current Configuration (VHCC) innført for boliger som var nærmere enn 15 m fra en tykk 13 kV ledning eller seks eller flere tynne 13 kV ledninger.

Det er enighet om at personer i VHCC og HCC gruppen i gjennomsnitt blir eksponert for høyere magnetfelt enn personer i LCC gruppen. Gjennomsnittlig felt for boliger i VHCC er siden vist å være ca. 0,3 µT, og for HCC ca. 0,2 µT, og enda

lavere for LCC. Likevel er klassifiseringen meget grov og etter manges mening ikke god nok for å kunne trekke sikre konklusjoner om eksponering.

### 4.3 Eksponering i hjem og arbeid

#### 4.4.3.1 Alminnelig eksponering i bomiljø

Den viktigste eksponeringen for elektriske og magnetiske felt samtidig i bomiljø kommer fra kraftforsyningsinstallasjoner og fra luftledninger (også fra jernbanen). Eksponering for bare magnetiske felt skyldes ofte jordkabler og transformatoranlegg (ikke minst fra transformatorer som er montert i kjellere på større bygg), varmekabler og elektrisk drevne gjenstander og husholdningsapparater. Eksponeringsnivået i bomiljø er lavere enn for en del eksponering i arbeid, men til gjengjeld er eksponeringen i bomiljø fordelt på alle mennesker, uansett kjønn, alder, helsestatus, yrke og livsstil. Spesielt kan vi si at alle barn kommer inn i denne eksponeringskategorien. Eksponeringen i bomiljø er til dels permanent over tid, og skjer gjerne til andre tider av døgnet enn ved eksponering i arbeid. For eksempel er eksponering mens vi sover mest bestemt av eksponering i bomiljøet.

Eksponeringen kan beskrives med følgende frekvenser og feltstyrker:

#### *Statistiske felt:*

- Jordmagnetfeltet (ca. 50  $\mu\text{T}$ , men kan lett variere mellom 20 og 100  $\mu\text{T}$  på grunn av lokale forstyrrelser).
- Det luftelektriske feltet (ca. 100 V/m, stiger til over 1000 V/m bl.a. i tordenvær). Dette feltet varierer sakte med tiden (minutter, timer) og kalles derfor «kvasistatisk».
- Elektriske felt på grunn av tilfeldig og ukontrollerbar statisk elektrisk oppladning på grunn av gnidningselektrisitet. Kan føre til at kroppen lades opp til spenninger på flere tusen volt (vi får ofte støt når vi tar på ting dersom oppladningen er over ca. 3000 V). Også denne type felt er «kvasistatisk».

#### *Tidsvariable elektriske felt:*

- Felt fra kraftledninger utendørs og i en viss grad innendørs i hus tett inntil kraftledninger.
- Felt fra varmetepper, vannsenger m.m. Felt fra elektriske ledninger og ujordete gjenstander.
  - Frekvensområder: 50 Hz (16 2/3 Hz i nærheten av jernbanen).
    - Feltstyrker: inntil 10 kV/m (=10000 V/m) utendørs nær kraftledninger. Normalt mindre enn 100 V/m i vanlige boliger.

#### *Tidsvariable magnetfelt:*

- Felt fra kraftledninger, varmekabler, motorer og diverse andre elektrisk drevne gjenstander. Felt fra jernbane.
  - Frekvensområder: 16 2/3 og 33 1/3 Hz (jernbane), 50 Hz (og i begrenset grad overharmoniske av 50 Hz inntil ca. 1 kHz).
    - Flukstettheter: 0,01 – 20  $\mu\text{T}$ , normalverdi i norske hjem langt fra kraftledninger og uten varmekabler er ca. 0,01-0,05  $\mu\text{T}$ .

#### 4.4.3.2 Eksponering i arbeid

Eksponering i arbeidslivet er mangeartet, men kan i hovedsak deles i seks hovedkategorier etter arbeidsplassens art:

- felt i kraftleverende virksomhet og smelteverk
- felt i elektrolyseverk
- felt i forbindelse med sveising og induksjonsloddning, bruk av induksjonsovner
- felt fra jernbane
- felt fra dataskjermer og kontormaskiner
- felt brukt i medisinsk diagnostikk og behandling

Forøvrig finnes diverse arbeidssituasjoner som kan sammenlignes med de ovenstående hva eksponeringens art og styrke angår.

*Kraftleverende virksomhet (kraftproduksjon og distribusjon) og smelteverk (hovedsaklig legeringsverk):*

Her produseres eller benyttes det vekselstrøm med store strømstyrker og til dels høye spenninger. Arbeidstakere i disse virksomhetene kan bli utsatt for elektriske og magnetiske felt som ligger opp mot nivåer som kan gi påvis-bare akutte biologiske effekter ved at nerve-signaler genereres. Elektrisitetsarbeidere generelt har likevel en mer beskjeden eksponering enn hva folk flest forventer, og eksponeringene i løpet av arbeidsdagen er ofte ikke høyere enn den folk får som bor nær store kraftledninger (Mäkinen et al. 1991). Eksponeringen i smelteverk er nok noe høyere (Thommesen og Bjølseth, 1992).

*Statiske felt:*

- Som i boligmiljø.

*Tidsvariable elektriske felt:*

- Felt fra kraftledninger.
  - Frekvensområder: 50 Hz.
    - Feltstyrker: opptil 100 kV/m(?) ved arbeid tett inntil spenningsatte anlegg.

*Tidsvariable magnetfelt:*

- Felt fra kraftforsyningsanlegg, ledninger, transformatorer, motorer og smelteovner.
  - Frekvensområder: 50 Hz og overharmoniske av 50 Hz inntil ca. 1 kHz.
    - Flukstettheter: inntil ca. 20.000  $\mu$ T, men middelvei flere tierpotenser lavere.

#### **Elektrolyseverk:**

Disse benytter likestrøm med høye strømstyrker for fremstilling av rene grunnstoffer, f.eks. aluminium, sink, magnesium, klor, hydrogen og oksygen. Arbeidstakere i elektrolyseverk er først og fremst eksponert for sterke statiske magnetfelt, av størrelsesorden 100 ganger jordmagnet-feltet, men er også i noen grad eksponert for lavfrekvente felt. De lavfrekvente feltene skyldes at likestrømmen er laget ved liker-



etting av vekselstrøm, og at ikke alle restene etter vekselstrømmen fjernes (det finnes en «rippel» av vekselstrøm på toppen av likestrømmen).

*Statiske elektriske felt:*

- Som i boligmiljø.

*Statiske magnetfelt:*

- Flukstettheter inntil 60.000  $\mu\text{T}$ . Middelvei over en arbeidsdag mer typisk 1000-10.000  $\mu\text{T}$ .

*Tidsvariable elektriske felt:*

- Felt fra kraftforsyningsledninger.
  - Frekvens: 50 Hz.
    - Feltstyrke mellom likeretterne (men dette er ingen normal arbeidsplass) som for kraftforsyningsarbeidere. Ellers lave verdier.

*Tidsvariable magnetfelt:*

- Felt fra kraftforsyningsenhetene, d.v.s. høyspente og lavspente ledninger, transformatorer og likerettere, samt rippel på likestrømmen.
  - Frekvensområder: 50 Hz og overharmoniske opptil ca. 1 kHz.
    - Flukstettheter: inntil ca. 30  $\mu\text{T}$ , middelvei anslås til ca. noen få  $\mu\text{T}$ .

**Elektrosveising:**

Elektrosveising har store likhetstrekk med de to ovenstående arbeidssituasjonene. Sveising med sveiselikeretter (mest vanlig) kan nærmest sammenlignes med en kombinasjon av smelteverksarbeid og elektrolysearbeid. Spenningen er lav, slik at det ikke forekommer noe elektrisk felt av betydning, derimot finnes ganske sterke magnetfelt, både statiske og tidsvariable. I noe mindre utstrekning, og hovedsaklig på mindre sporadiske arbeider, benyttes vekselstrøms-sveising.

*Statiske magnetfelt:*

- Flukstetthet: som regel under 10.000  $\mu\text{T}$ , men kun deler av kroppen blir utsatt for så store felt.

*Tidsvariable magnetfelt:*

- Frekvensområder: 50 Hz og overharmoniske inntil ca. 1 kHz.
  - Flukstettheter: Likestrøms-sveising (pga. «rippel»): inntil 500  $\mu\text{T}$ . Vi kjenner ikke til måling av magnetfelt ved vekselstrøms-sveising, men de antas å være av samme størrelsesorden som statiske magnetfelt ved likestrøms-sveising. I begge tilfeller er bare deler av kroppen utsatt for så store felt. Det bør forøvrig nevnes her at de åpenbart største akutte strålehygieniske problemene i forbindelse med sveising skyldes UV fra lysbuen.

**Induksjonsoppvarming m.m.:**

Denne teknikken brukes i høyst ulike situasjoner, bl.a. ved produksjon av transformatorer, motorer og generatorer. Relativt få personer (på landsbasis) er eksponert. Her nevnes:

- Induksjonsovner i smelte- og elektrolyseverk.
  - Frekvens: 50 – 3000 Hz.
    - Magnetisk flukstetthet: inntil 30.000  $\mu\text{T}$ , middelvei for eksponering av arbeidere er betydelig lavere.
- Induksjonsloddning. Flere forskjellige typer anlegg brukes. Data gjelder et norsk produkt (ELFA). Arbeidstakerne har gjerne matekabelen inn mot kroppen under bruk.
  - Frekvens: 15 kHz (10-20 kHz).
    - Magnetisk flukstetthet: inntil 100  $\mu\text{T}$  (lokalt), omkring 5  $\mu\text{T}$  gjennomsnittlig over hele kroppen.
    - Elektrisk felt: 600 V/m 10 cm fra kabel målt med jordet probe (Guy), 200 V/m 30 cm fra.
- Motstandslodding. Stor 50 Hz strøm sendes gjennom gjenstander for oppvarming ved loddning. Arbeidstakerne har gjerne matekabelen inn mot kroppen under bruk.
  - Frekvens: 50 Hz.
    - Magnetisk flukstetthet: 1000-10.000  $\mu\text{T}$  (lokalt), omkring 20-50  $\mu\text{T}$  gjennomsnittlig over hele kroppen.
- Induksjonskomfyrer til husholdningsbruk er nettopp kommet på markedet. Deres egenskaper er ennå ikke kartlagt, og NEMKO's godkjenning forutsetter at også Statens strålevern gir sin godkjenning.

**Jernbane:**

Arbeidstakere i Norges Statsbaner (NSB) blir på de elektrifiserte delene av jernbanenettet eksponert for elektriske og magnetiske felt fra kjøreledning og skinner, samt elektriske motorer og installasjoner. NSB bruker hovedsaklig en frekvens på 16 2/3 Hz, slik at feltene oftest har denne frekvensen. Inne i lokaltogsettene er imidlertid magnetisk flukstetthet ved 16 2/3 og 33 1/3 Hz omtrent likestore. Eksponeringen varierer en god del med type arbeid, og det er naturlig å skille mellom lokførere, vognpersonell og linjearbeidere. For linjearbeidere er eksponering for magnetfelt sterkt avhengig av hvorvidt all strøm går gjennom skinnene (og kjøreledning) eller om såkalt «separat returleder» er benyttet.

*Statistiske elektriske og magnetiske felt:*

- Som i boligmiljø.

*Tidsvariable elektriske felt:*

- Frekvensområder: Vesentlig 16 2/3 Hz.
  - Feltstyrke: Typisk omkring 1 kV/m. Gjelder bare i friluft, dvs. vesentlig linjearbeidere.

*Tidsvariable magnetfelt:*

- Frekvensområder: Vesentlig 16 2/3 Hz og 33 1/3 Hz (magnetfelt).
- Flukstettheter: Svært varierende i tid. I gjennomsnitt om lag 0,5-1  $\mu\text{T}$  i vogn (lokaltog, spor med separat returleder). For linjearbeiderne om lag 2  $\mu\text{T}$  ved separat returleder og 5-40  $\mu\text{T}$  uten separat returleder (målt 1 m over skinnene). Linjearbeidere utsettes for toppverdier på flere hundre  $\mu\text{T}$  lokalt.

**Dataskjermer:**

En dataskjerm gir i prinsippet fra seg røntgen- og UV stråling, men *strålingen* er idag så bagatellmessig at den knapt lar seg måle. Arbeid ved dataskjermer innebærer imidlertid eksponering for flere typer av lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. Det er de elektriske og magnetiske feltene som på folkemunne feilaktig går under betegnelsen «stråling fra dataskjermer». De elektriske feltene kan reduseres betraktelig bl.a. ved hjelp av skjermfiltre. Felt som er oppgitt var typiske felt målt ved 20 arbeidsplasser i Trondheim våren 1993 (Ofte dal et al. 1993). Feltene er fra vanlige arbeidsomgivelser, og altså ikke fra et skjermet laboratorium. Feltene ventes å bli ytterligere redusert med tiden på grunn av Sveriges vellykkede aktive politikk med å oppfordre industrien til å produsere «lavstråleskjermer» (bl.a. gjennom den såkalte MPR II klassifiseringen).

*Merk:* alle målinger er for en avstand lik normal kropp-skjerm avstand for vedkommende arbeidstaker (50-70 cm). Feltene nær skjermen er vesentlig høyere.

*Statistiske elektriske felt:*

- Skyldes oppladning av skjermen p.g.a. feltet inni røret og oppladning av operatøren.
- Feltstyrke: Dataskjermens bidrag: ca. 1-10 kV/m for ikke-lavstråleskjerm. Langt lavere for lavstråleskjerm.

*Statistiske magnetfelt:*

- Som i boligmiljø.

*Tidsvariable felt:*

- Det finnes både elektriske og magnetiske felt som begge forekommer i to frekvensområder, et bildefrekvent (innenfor ELF området) og et linjefrekvent (innenfor VLF området), begge med overharmoniske svingninger.
- Frekvensområder: 50 – 800 Hz (bildefrekvent) og 15 – 400 kHz (linjefrekvent).
  - Elektriske vekselfelt:  
Feltstyrker: Bildefrekvent: inntil 10 V/m, typisk 4 V/m. Dette er ca. 50 % høyere enn vanlig bakgrunnsnivå. (Målinger med jordet probe ga om lag fire ganger så store verdier, men mindre forskjell mellom felt foran skjerm og vanlig bakgrunn.) Linjefrekvent: inntil 10 V/m, typisk 1-2 V/m (målt med jordet probe). Disse verdiene er det mangedobbelte av normalt bakgrunnsnivå.
  - Magnetiske vekselfelt:  
Flukstettheter: Bildefrekvent: inntil ca. 0,4  $\mu\text{T}$ , typisk 0,1  $\mu\text{T}$ , hvilket er omtrent det dobbelte av bakgrunnsnivå uten skjermen på.  
Linjefrekvent: inntil ca. 0,05  $\mu\text{T}$ , typisk 0,01  $\mu\text{T}$ , hvilket er det mange-

dobbelte av normalt bakgrunnsnivå.

### **Skrivemaskin, kopimaskin, laserskriver o.l.:**

En elektrisk skrivemaskin, kopimaskin, laserskriver eller annen elektrisk kontormaskin omgir seg med relativt beskjedne magnetfelt. Tett inn til maskinene kan det måles relativt sterke felt (typisk opp til 10  $\mu\text{T}$ ) når maskinen er mest aktiv (skrivning, kopiering, oppvarming og utskrift, men feltene faller ofte kraftig når utstyret står i klar-tilstand (stand-by). Feltene avtar kraftig med avstanden til gjenstanden. Verdiene vil variere med type maskin og fabrikat.

- Frekvenser: 50 Hz og overharmoniske
  - Flukstettheter: Den delen av kroppen som kommer tettest inn til maskinene ved bruk: ca. 0,5-2,0  $\mu\text{T}$  og ved brystkasse/hode typisk mindre enn 0,3  $\mu\text{T}$  (for laserskriver i klar posisjon typisk mindre enn 0,05  $\mu\text{T}$ ).

### **Medisinsk diagnostikk og behandling:**

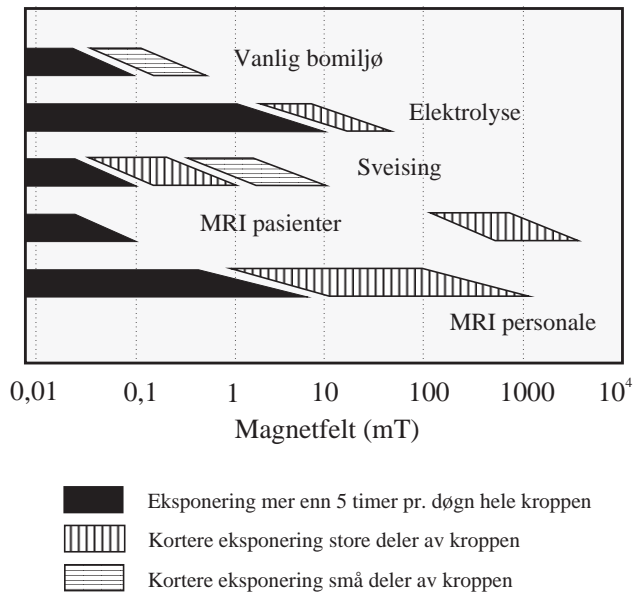
I medisinen brukes magnettomografer (MRI) med et kraftig statisk magnetfelt sammen med radiofrekvente felt. Pasienten utsettes for statisk felt på 0,5 – 2 T (2.000.000  $\mu\text{T}$ ), og personalet sporadisk for felt opp i vel tiende-parten av dette. Typisk verdi for personalet (opphold i kontrollrom) er vesentlig lavere: ca. 1000-3000  $\mu\text{T}$ . Pacemakerpasienter har ikke adgang innenfor en avmerket sone der feltet er mer enn 500  $\mu\text{T}$ .

Ved fysioterapi brukes vanligvis ikke apparater som virker gjennom elektriske og magnetiske felt slik vi har definert dem foran. Derimot sendes det ofte strøm direkte gjennom kroppen via elektroder festet mot huden. Strømmene kan være betydelige og kan til en viss grad sammenliknes med de som gir *akutte* effekter ved eksponering for kraftige elektriske eller magnetiske felt.

I alternativ medisin brukes magnetterapi med litt forskjellige feltstyrker, frekvenser og kurveformer. Feltene kan komme opp i flere tusen  $\mu\text{T}$ , og er så sterke at de klart utløser nervesignaler.

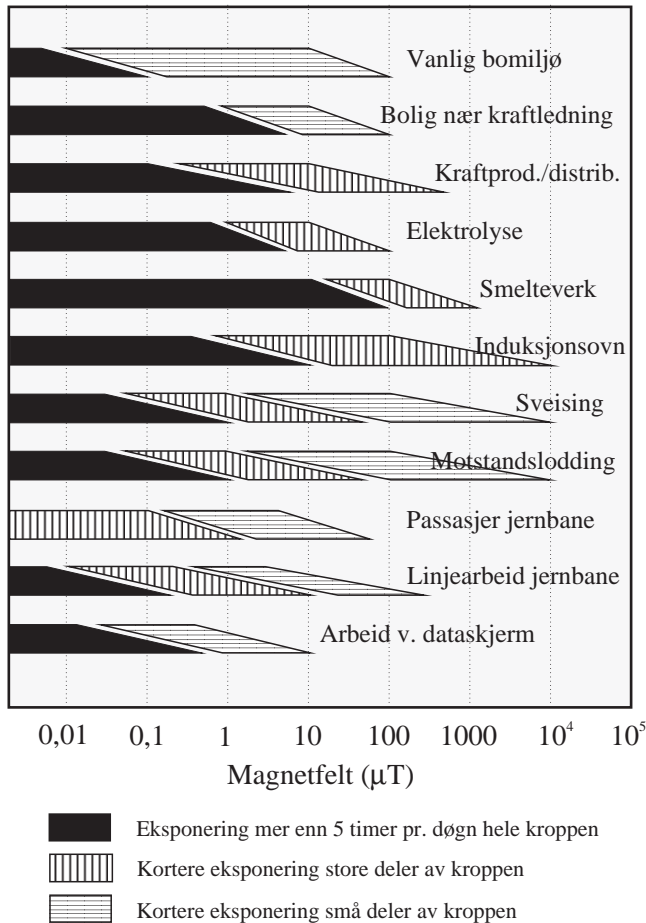
#### *4.4.3.3 Utfyllende detaljer*

Oversikten over feltstyrker og flukstettheter som vi har gitt ovenfor kan bli sterkt misvisende dersom den leses ukritisk. Det er flere forhold som kan føre til dette, og vi skal nå nevne noen av disse. Eksponering for de mest ekstreme feltene skjer relativt sjeldent, og da gjerne bare på deler av kroppen så som hender eller føtter. For å minne om disse forhold har vi laget figur 4.3 og 4.4 med en samleoversikt over magnetfelt eksponering i Norge i dag. Det er benyttet tre forskjellige kategorier eksponering, alt etter dens varighet og lokalitet. La oss drøfte disse forhold i litt mer detalj.

**Eksponering for statiske magnetfelt i Norge i dag**

Figur 4.3 Samlet oversikt over eksponeringsnivå for statiske magnetfelt i Norge.

### Eksposering for lavfrekvent magnetfelt i Norge i dag

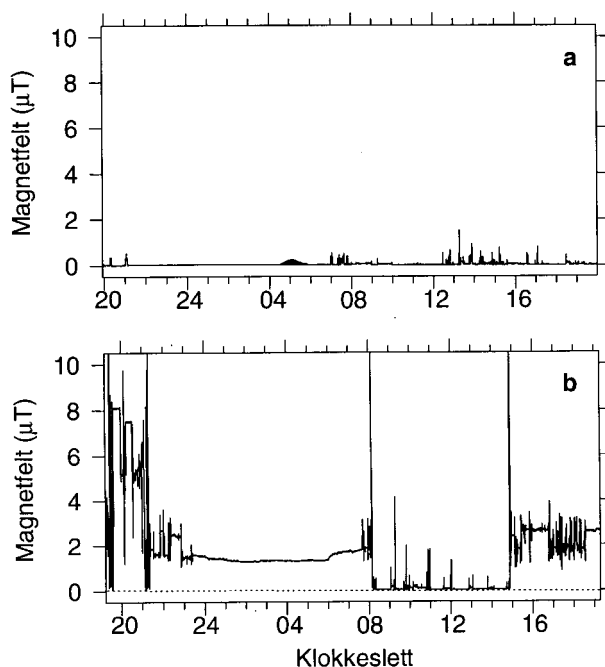


Figur 4.4 Samlet oversikt over eksponeringsnivå for lavfrekvente magnetfelt i Norge.

#### Eksposeringstid.

I tabeller over felt nær enkelte kilder sies det som oftest lite om *eksponeringstiden*. Folk flest oppholder seg som regel kort tid i de sterkeste feltene. Dersom en eventuell helseeffekt er avhengig av en «dose» som er tidsavhengig, vil derfor kort oppholdstid innebære langt lavere «dose» enn det som det maksimale feltstyrkenivå indikerer. Vi vet ikke hvordan vi skal definere en «dose» ved felteksponering, men ulike modeller er framsatt. Disse blir diskutert videre i "*Mulige tiltak*" i kapittel 7.3 av rapporten.

Figur 4.5 viser eksempler på hvordan eksponering for 50 Hz magnetfelt kan variere i tid. Registreringene gjelder et barn som bor langt fra en kraftledning (øverst) og for et barn som bor tett ved (ca. 19 m fra senterleder på en 300 kV ledning). Merk forskjell i gjennomsnittsnivå, og når på døgnet eksponeringen er forskjellig. Merk ellers at barn, selv om de ferdes i omgivelser med mange kilder så som komfyrer, hårføner, barbermaskiner osv., ikke i nevneverdig grad blir påvirket av feltene fra disse kildene.



Figur 4.5 Eksempel på eksponering av barn som bor langt fra en kraftledning (a) og 19 meter fra senterleder til en av de store overføringslinjene (300 kV) (b).

Tabell 4.4.1: Fordeling av eksponeringstid og magnetisk flukstetthet for 65 barn som bor nær en 300 kV kraftledning i Norge. Tallene er hentet fra Ramberg et al. 1994.

Avstand	Tid i prosent personer oppholdt seg ved ulike magnetfeltnivåer				# personer
	<0,1 µT	0,1 – 0,4 µT	0,4 – 1,6 µT	>1,6 µT	
< 50 m	9,4	12,6	75,0	2,9	9
50 – 100 m	25,8	50,2	20,0	4,1	15
100 – 150 m	43,0	41,3	4,2	1,6	18
> 150 m	82,9	6,1	7,2	3,9	23

I en undersøkelse blant 65 barn, 7-12 år, som bodde i avstand fra ca. 20 til 300 meter fra en 300 kV kraftledning i Norge (Ramberg et al. 1994), ble det funnet en klar sammenheng mellom boavstand og eksponering for magnetfelt. Tabell 4.4.1 viser prosentandel av tiden (av 24 timer) barna ble eksponert for ulike magnetfeltnivå. Barn som bodde nærmere enn 50 meter fra senterleder ble eksponert for mellom 0,4 og 1,6 µT i 75 % av tiden, og mindre enn 0,1 µT bare i 9,4 % av tiden. For barn som bodde mer enn 150 m fra senterleder var prosentandelen av tiden hhv 7,2 og 83. Tiden barna ble eksponert for mer enn 1,6 µT var tilsynelatende ikke avhengig av boavstand, men denne tiden var avhengig av hvilken skole barna gikk på. Barna gikk nemlig på en av to skoler, den ene lå tett ved (25 m) samme kraftledning som undersøkelsen var sentrert om, mens den andre skolen lå mer enn 300 m unna kraftledningen.

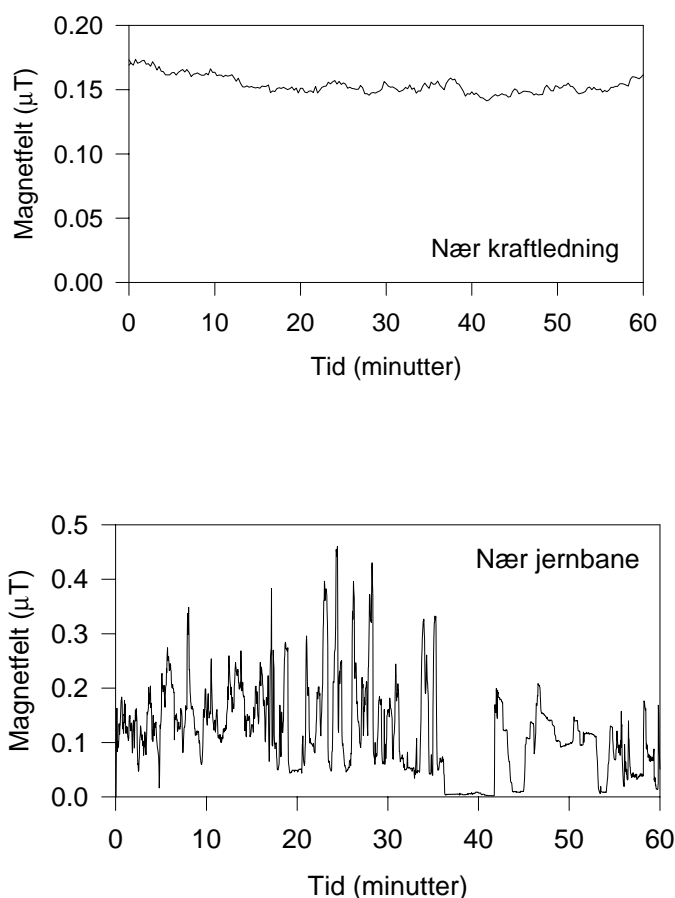
Undersøkelsen til Ramberg og medarbeidere viste at for barn i aldersgruppen 7 til 12 år var eksponering til magnetfelt klart korrelert til avstand mellom kraftledning og hjem. Korrelasjonen var spesielt god når de betraktet gjennomsnittsfeltet for

tiden barnet var hjemme. Men selv for gjennomsnittsfeltet over 24 timer, inkludert tiden barnet gikk på skole og drev med fritidsaktiviteter, var korrelasjonen mellom felt og boavstand meget klar. Dette viser igjen at for barn spiller felt fra elektriske apparater i hjemmet (varmekabler ikke inkludert) en liten rolle sammenliknet med boavstand til kraftlinjer når det gjelder eksponering for 50 Hz magnetfelt.

For voksne vil vi vente at eksponering fra andre kilder enn kraftledningen vil bli merkbart viktigere enn for barn.

#### *Vedvarende felt eller raskt varierende felt.*

Felt fra enkelte kilder er temmelig stabile i tid, mens de fra andre kilder varierer relativt raskt. Vi tenker ikke da på tidsvariasjon innenfor periodetiden på feltet (20 ms ved 50 Hz), men på tider i størrelsesorden sekunder og oppover. Felt fra kraftledninger og fra jernbanen viser store forskjeller i så måte. Figur 4.6 viser en times forløp for felt nær en 420 kV kraftledning og en jernbane uten separat returleder (strømmen går i skinnene). Selv om felt for beboere nær disse kildene kan ha samme  $\mu\text{T}$ -verdi, er eksponeringen så vidt forskjellig at det ikke er opplagt at de vil føre til samme biologiske effekt. Feltene har i tillegg forskjellig frekvens, hvilket gjør sammenlikninger enda vanskeligere.



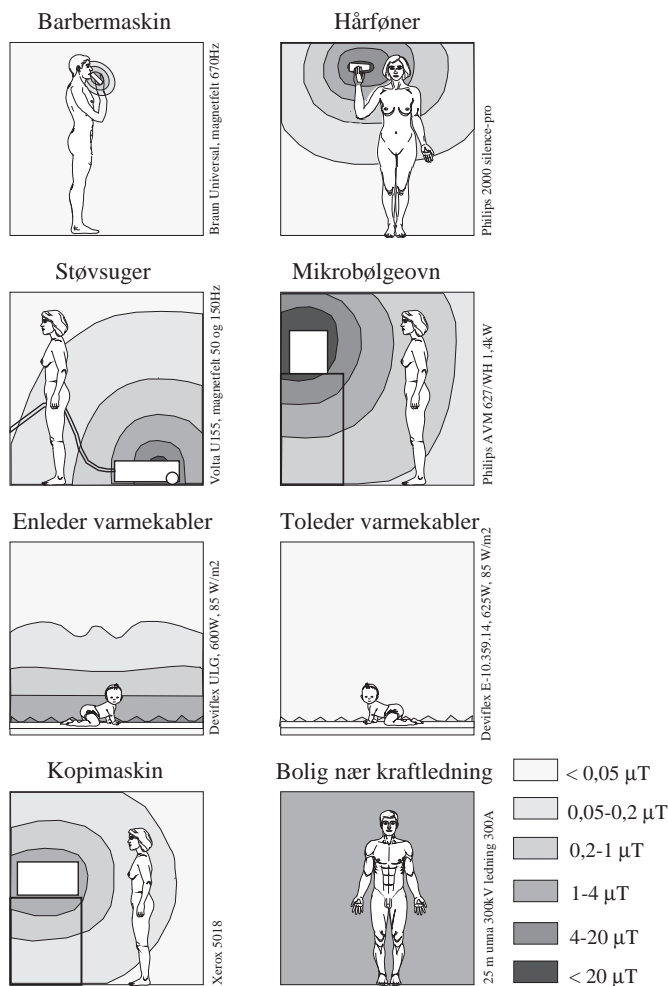
Figur 4.6 Tidsvariasjon (i sekund/minutt skala) for magnetfelter nær en kraftledning og nær jernbane.



*Avstandsavhengighet.*

De fleste felt er inhomogene, og feltstyrkene er omvendt proporsjonale med avstanden i 0. – 4. potens avhengig av kildens konstruksjon og hvor vi befinner oss i forhold til kilden. De angitte eksponeringsnivåene er for det meste maksimalverdier for nærmeste kroppsdel i forhold til kilden. I de tilfellene vi kommer tett inn til en kilde (tett i forhold til kroppens størrelse) er eksponeringen midlet over hele kroppen vesentlig lavere enn maksimalverdien. Det er imidlertid ikke klart hvorvidt det er biologisk viktig å konsentrere seg om maksimalverdien eller en middelvei. Uansett blir det problemer når vi f. eks. skal oppgi magnetfelt fra en barbermaskin når feltet faktisk varierer mer enn med en faktor 1000 over kroppen. Hvilken verdi skal da oppgis? Hvor riktig er det da å bare oppgi maksimalverdien slik som vi ofte gjør?

Figur 4.7 viser eksempler på hvordan magnetisk flukstetthet varierer med avstanden for enkelte typiske kilder.



Figur 4.7 Romlig utstrekning av lavfrekvent magnetisk flukstetthet fra barbermaskin, hårføner, støvsuger, mikrobølgeovn, varmekabler, kopimaskin og felt fra kraftledning innenhus. Målingene er utført av Arnt Inge Vistnes, og må anses som eksempler på verdier og utstrekning heller enn gjennomsnittsverdier f.eks. for alle barbermaskiner som finnes på det norske markedet idag.

### *Strømmer i kroppen.*

For elektriske felt er de geometriske forholdene mellom kilden og personen og graden av jording av meget stor betydning for hvor store strømmer feltet fører til i kroppen.

Elektriske felt kan også forårsake gnistutladninger, som muligens kan være et like stort problem som feltet eller den strøm som feltet inducerer (ved tidsvariable felt). Slike forhold går ikke fram av oversikten foran.

I vurdering av mulig virkning av elektriske og magnetiske felt på kroppen, har argumentasjonen tradisjonelt ofte vært omtrent som så: *Dersom induuerte strømmer i kroppen (pga feltene) skal kunne tenkes å ha noen effekt, må de være større enn de strømmene som allerede finnes i kroppen pga vanlig aktivitet i nerver, muskler m.m.* Vi snakker da egentlig om strømtettheter, dvs. strøm delt på tverrsnitt. Dette argumentet må imidlertid ikke oppfattes som noe absolutt. De induerte strømmene og de naturlig forekommende (såkalte «endogene») strømmene adskiller seg nemlig i visse henseende. Induerte strømmer har omtrent samme retning og de forekommer samtidig for store deler av kroppen, og feltene varer gjerne ved i relativt lang tid. Kroppens egne strømmer er mye mer lokale og kaotiske og uten en vedvarende periodisitet. Der er derfor fullt mulig å tenke seg at induerte strømmer med strømtetthet lavere enn det som forekommer i kroppen naturlig, kan ha en biologisk effekt.

## **4.4 Utvalgets tolkning av sitt mandat mhp. eksponering**

Utvalget fikk i mandat å vurdere helsefare fra lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. Tidligere er det gjennomført tilsvarende vurderinger for radiofrekvente felt, dvs. av felt med frekvens høyere enn 1 MHz (Helsedirektoratets utredningsserie 1-87). Disse felt er utenfor utvalgets mandat, og derfor ikke vurdert på nytt her. Det er idag mest interesse for felt fra 50 Hz anlegg, men med basis i oversikten foran over aktuelle eksponeringer i Norge i dag, mener utvalget at en bredere eksponering både i bomiljø og i arbeid må vurderes. Utvalget var litt i tvil, men valgte å vurdere statiske felt i tillegg til de lavfrekvente feltene. Dette har sammenheng med at det finnes situasjoner der det er kunstig å skille skarpt mellom statiske og lavfrekvente felt.

Utvalget har følgelig valgt å vurdere helsefare ved eksponering i forbindelse med:

- Bolig og arbeid i nær tilknytning til kraftforsyningsanlegg og jernbane.
- Eksponering fra diverse elektriske installasjoner i boliger, skoler, barnehager o.l.
- Arbeid med dataskjermer og andre elektriske kontormaskiner.
- Arbeid i kraftproduserende og kraftkrevende virksomhet og «elektriske yrker».

I fysiske termer har utvalget avgrenset seg til følgende eksponeringer:

- Statiske og lavfrekvente (frekvenser mindre enn 300.000 Hz) elektriske og magnetiske felt, med feltstyrker over det som ethvert menneske i et moderne samfunn utsettes for.

Utvalget mener her å ha dekket de mest aktuelle eksponeringsforhold for elektromagnetiske felt i boligmiljø og arbeidsliv i Norge. En samlet oversikt over eksponeringsnivå for statiske og lavfrekvente magnetiske felt er vist i figur 4.3 og 4.4 hhv.

I utvalgets arbeid er det *ikke* vurdert helsefare som følge av direkte strømgjennomgang, for eksempel ved at personer tar på metallgjenstander nær kraftledninger,

selv om oppladningen av gjenstandene (tak, takrenner, stiger m.m.) skyldes feltene fra kraftledningen.

## 5 METODER FOR Å VURDERE HELSEFARE I VID FORSTAND

Mennesker har til alle tider blitt påvirket av forskjellige faktorer som virker skadelig eller styrkende på deres helse. Radioaktive stoffer ble i sin tid regnet som helsebringende, og folk drakk radioaktivt vann og oppsøkte spesielle radioaktive grotter for å få bedre helse. I dag vet vi at radioaktivitet i både moderate og store mengder er skadelig. Det tar ofte lang tid å bestemme hvilke følger forskjellige faktorer har på vår helse. I dette kapitlet skal vi se på enkelte metoder som blir brukt, og kort nevne hvilke styrker og svakheter metodene har.

Epidemiologiske studier er statistiske undersøkelser av helse og sykdom i store befolkningsgrupper. Denne type studier kan fange opp kompliserte årsaksforhold på en bedre måte enn mer spesialiserte studier på dyr eller i cellekulturer. Når det f.eks. nylig er vist at lungekreft forekommer spesielt ofte blant folk som røyker og samtidig utsettes for radon, er dette en opplysning som vanskelig kunne oppnås med andre metoder.

Dyrestudier har sin styrke når vi aner at en spesiell type påvirkning kan ha alvorlige helseeffekter blant mennesker, men det er uetisk å teste mennesker direkte. I dyrestudier har vi en komplett organisme med reguleringsmekanismer som ikke kan gjenskapes i cellekulturer. Det er imidlertid ofte vanskelig å trekke direkte slutninger fra dyrestudier til menneskelige forhold.

Cellekulturer brukes for å teste hvordan forskjellige faktorer påvirker forholdene i enkeltceller, så som arvestoff, membraner, enzymaktivitet m.m. Av etiske grunner gjøres celledudier i størst mulig utstrekning i stedet for f.eks. dyrestudier. Problemet med å trekke slutninger fra cellekulturer til menneskelig helse er imidlertid betydelig.

Vi skal nå se litt mer i detalj hva metodene består i. Dette kan være viktig for å forstå de reservasjoner vi kommer med senere i rapporten.

### 5.1 Epidemiologi

Epidemiologisk forskning går ut på å samle inn og bearbeide informasjon fra store grupper av befolkningen om sykdom og forhold som kan bidra til utvikling av sykdom. Slik informasjon kan gi holdepunkter for at det finnes en generell sammenheng mellom bestemte faktorer og risiko for sykdom.

Epidemiologiske studier kan grovt sett deles i to typer: *kohorte*-studier og *pasi-ent-kontroll*-studier. De førstnevnte kjennetegnes ved at man følger et befolkningsutvalg for å se hvem som utvikler sykdom, for eksempel om det forekommer oftere hos personer som har røkt sigaretter. Pasient-kontroll-studier kjennetegnes ved at personer som har utviklet en bestemt sykdom sammenlignes med friske for å avklare om en bestemt påvirkning har vært mer vanlig blant de syke. Det å ha vært utsatt for en bestemt påvirkning (f.eks. sigarettøyk eller magnetfelt) kalles for en *eksponering*.

Betydningen av en spesiell eksponering for sykdomsrisiko måles vanligvis ved forholdet mellom risikoen hos eksponerte og ikke-eksponerte personer. Dette forholdet betegnes «relativ risiko» (RR). Dersom relativ risiko er 1,0 er sykdomsrisiko ikke avhengig av den aktuelle eksponeringen. Dersom relativ risiko er 2,0 er sykdomsrisikoen dobbelt så høy for eksponerte personer. Beregning av relativ risiko er naturligvis alltid belemret med en viss usikkerhet pga. tilfeldigheter. Derfor oppgis vanligvis den beregnede relative risikoen sammen med 95-prosents sikkerhetsmar-

giner, hvilket vil si at den «sanne» verdi med 95 % sikkerhet ligger innenfor disse marginer. Et slikt garantiområde kaller vi et *konfidensintervall*. Dersom man kan gi en rimelig grad av garanti for at en sammenheng man har påvist ikke skyldes tilfældigheter, sier man at sammenhengen er statistisk signifikant. I pasient-kontroll-studier kan ikke relativ risiko beregnes direkte. I stedet beregner man såkalt odds-ratio som et anslag for relativ risiko.

Det er ikke bare tilfældigheter som kan forstyrre resultatet av en epidemiologisk studie. Dersom de som var eksponert for en bestemt faktor (for eksempel kaffedriking) var helt sammenlignbare med dem som ikke var eksponert, i alt bortsett fra den aktuelle eksponeringen, ville en forskjell i risiko helt og holdent kunne tilskrives den bestemte eksponeringen. Men de som er eksponert for en bestemt faktor (som kaffedriking), er imidlertid oftere også eksponert for andre skadelige faktorer (for eksempel røyking). En tilsynelatende effekt av for eksempel kaffedriking på sykdomsrisiko kan derfor skyldes andre forhold. Dette kalles for *effektforveksling* (eng.: *confounding*). I epidemiologiske studier prøver man på forskjellige måter å redusere mulighetene for slik effektforveksling.

Det kan tenkes at de syke i større grad husker at de har vært eksponert eller også at man er flinkere til å registrere sykdom blant dem som har vært eksponert. Alle slike skjevheter vil kunne bidra til en systematisk fordreining av sammenhengen mellom eksponering og sykdomsrisiko (eng.: *bias*). En nøye drøfting av alle slike problemer for å avdekke mulige alternative forklaringer hører med i en epidemiologisk studie av sammenheng mellom en type eksponering og sykdomsrisiko.

Disse forholdene som er nevnt over, vil kunne bidra til at falske sammenhenger blir observert. Et annet problem er at personer som undersøkelsen regner som ikke-eksponerte i virkeligheten er eksponerte og omvendt. Slik *misklassifisering* vil kunne føre til at en virkelig sammenheng mellom eksponering og sykdomsrisiko ikke oppdages i studien, eller at sammenhengen synes svakere enn den i virkeligheten er. Dette kan skje når man bruker grove eller indirekte mål for eksponering og for sykdom. Eksempelvis er både bostedsadresse og yrkestittel bare indirekte mål for grad av eksponering for magnetiske felt. Da må man alltid både være redd for at de sammenhengene man observerer er falske samtidig som reelle sammenhenger kan være vanskelige å oppdage.

Så langt har vi diskutert epidemiologiske studier helt generelt. La oss nå se på hvordan de ulike faktorene slår ut når vi studerer spørsmål relevante for utvalgets arbeid: helsefare ved eksponering for elektromagnetiske felt.

Elektriske og magnetiske felt finnes i mange former på forskjellige steder i våre omgivelser. Dette er omfattende diskutert i "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4. De epidemiologiske studiene tar gjerne utgangspunkt i eksponering hjemme eller i en arbeids-situasjon.

De fleste studiene som tar utgangspunkt i yrke, er kohorte-studier der forekomsten av sykdom, f.eks. kreft, er registrert for ulike yrkesgrupper og sammenholdt med forventet kreftforekomst i totalbefolkningen. Måling av felt er sjelden gjennomført i forbindelse med disse studiene; *antagelsen* har vært at magnetiske felt er kraftigere enn det vi utsettes for i dagliglivet. Dette er sannsynligvis korrekt, men kvaliteten og tiltroen til studiene ville blitt vesentlig bedre dersom eksponeringsdata (felt-type, styrke og varighet m.m.) virkelig ble bestemt for både eksponert gruppe og gruppen denne ble sammenliknet med.

Ved f.eks. studier av krefthyppighet blant folk som bor nær kraftledninger, er det mange måter å lage en eksponerings-klassifisering på. Alternative eksponeringsmål kan f.eks. være elektriske felt eller magnetiske felt. Videre kan vi bruke f.eks. gjennomsnittsverdier av feltet eller kraftigste verdi som forekommer. Valgfri-

heten for eksponeringsmål er meget stor, og dette emnet vil bli behandlet videre i "*Mulige tiltak*" i kapittel 7.3.

I de fleste epidemiologiske undersøkelser som hittil er gjennomført, er det valgt bare ett eksponeringsmål, nemlig gjennomsnittlig magnetfelt. Flere andre faktorer varierer mer eller mindre på samme måte som gjennomsnittlig magnetfeltet, slik at faren for effektforveksling er stor.

Når magnetfelt velges som eksponeringsmål, hvordan skal det så kvantitativt bestemmes i praksis? En måte å gradere eksponeringen på er å bruke avstand til feltkilden. Dersom dette gjøres ukritisk, vil graderingen bli svært dårlig idet magnetfeltet avhenger av mange faktorer i tillegg til bare avstanden. Avstand til kraftledning vil heller ikke fange opp felt fra lokale elektriske installasjoner inne i huset.

Noen av de epidemiologiske studiene har brukt et litt mer avansert avstandsmål og klassifisert boliger i to-tre forskjellige «koder» (linjekonfigurasjoner, «wire-code», se "*Danmark*" i kapittel 4.2). I disse «kodene» er det tatt hensyn til forhold som oppheng, ledningstykkelser, avstand fra transformatorer m.m. som mål på antatt strømstyrke etc. Hensikten med slik klassifisering er å lage et historisk dose-surrogat for magnetfelt.

En annen måte å gradere magnetfelteksponeringen er å foreta en måling i hver enkel bolig. Direkte måling av feltene gjøres da i form av punktmålinger, 24 timers stasjonære målinger (måleinstrumentet står stille ett sted), eller ved dosimetrimålinger (registrering med personbårne målere og dataloggere). Alle metodene har sine styrker og svakheter, men felles for dem alle er at det er vanskelig å trekke slutninger for magnetfelteksponering for mange år siden når utgangspunktet er målinger foretatt i nåtid.

Tre nyere nordiske undersøkelser av risiko for barnekreft benytter beregnet feltbelastning. En svensk pasient-kontroll studie (Feychting og Ahlbom 1993) benytter historiske strømdata, og beregner årsgjennomsnitt for siste år før diagnosetidspunktet. En dansk pasient-kontroll studie (Olsen et al. 1993) benytter antatt typisk gjennomsnittlig strømbelastning for de ulike typer installasjoner (kraftledninger), for hele eksponeringsperioden før diagnosen. En finsk kohorte studie (Verkasalo et al. 1993) benytter også antatt typisk verdi for ulike ledninger og beregner årsgjennomsnitt for utvalgte boliger.

Dersom ikke annet sies, tar de epidemiologiske undersøkelser utgangspunkt i såkalte nettfrekvente felt. Det er felt som svinger med en frekvens på 50 Hz (Europa) eller 60 Hz (USA/Canada).

## 5.2 Dyre- og cellestudier

Et stort problem i forbindelse med epidemiologiske studier av helseeffekter ved eksponering for lavfrekvente felt, er at vi ikke er sikre på hvorvidt det er elektriske eller magnetiske felt som er viktige, hvorvidt lang eksponering for svake felt har samme effekt som kort eksponering for sterke felt m.m. For å avklare denne type spørsmål kan vi ta eksperimentelle studier til hjelp.

Man kan eksperimentere på ulike organisasjonsnivåer, med hele organismer (planter, dyr eller mennesker) og med enkeltceller (f.eks. i en cellekultur). Virkninger på integrerte funksjoner i hele organismer eller organsystemer (som adferd, fosterskader, blodsirkulasjon) lar seg best studere på hele dyr. Basale virkninger på celle-nivå eller organelle-nivå, som mutasjoner, genregulering, enzymaktiviteter, hormon/reseptor-vekselvirkninger og membran-egenskaper, lar seg lettest studere på enkeltceller eller cellekulturer. Noen funksjoner kan best undersøkes ved en kombinasjon av studier både på organisme- og celle-nivå, f.eks. immunologiske responser og utvikling av kreft.

Ved eksperimentelle studier på dyr blir f.eks. rotter eller mus som er spesielt utsatt for kreft, utsatt for eksponering for magnetfelt. Samtidig følges omtrent like mange dyr som ikke blir utsatt for magnetfelt. Ut fra forskjell i krefthyppighet hos eksponerte sammenliknet med ikke eksponerte dyr etter en viss tid, kan en da uttale seg om hvorvidt eksponeringen hadde noen innvirkning på krefthyppighet eller ikke.

Eksperimenter av denne typen kan som nevnt klargjøre hvilke betingelser som er påkrevet og hvilke egenskaper ved eksponeringen som er av betydning for at den skal frembringe en viss effekt. Ved kontrollert å variere eksponeringen kan vi studere hvordan tilstanden utvikler seg med eksponeringens styrke og karakter. Derved kan vi bli i stand til å definere et mål på eksponeringens effektive styrke i form av et *dose-begrep* og eventuelt finne en dose/respons-sammenheng.

Ved dyreforsøk der en vurderer en effekt mer eller mindre subjektivt, f.eks. hvorvidt det er en fosterskade eller ikke, er det meget viktig at de som foretar vurderingene ikke kjenner til hvorvidt dyret er eksponert eller ikke mens vurderingen foretas. Vi sier at observasjonen foretas «blindt». Iblant inneholder ikke rapporter opplysninger om hvorvidt observasjoner er foretatt blindt eller ikke. I så fall vil arbeidet ikke bli tillagt like stor vekt som i de tilfeller vurderingene er utført blindt.

For en rekke formål er cellebiologiske forsøk mer velegnet enn dyreforsøk. De er billigere, det er ingen etiske problemer ved bruk av cellekulturer, og de representerer enklere systemer enn intakte dyr. Man kan studere den enkelte prosess eller virkningsmekanisme uavhengig av andre påvirkninger. I det intakte dyr finner vi en serie kontrollmekanismer, som er fjernet når cellene dyrkes i en cellekultur. Cellestudier er dermed egnet til å klarlegge om en gitt påvirkning, som f.eks. lavfrekvente felt, har en biologisk virkning, hva slags virkning, og i tilfelle hvilke fysiske, kjemiske og biologiske mekanismer det skyldes. Det kan gi en snarvei til å forstå *hvordan* en påvirkning kan frembringe en bestemt tilstand, og bidra til å avklare et fruktbart dose-begrep.

Ved studier av cellekulturer dyrkes spesielle celler, gjerne kreftceller, i plast- eller glass-skåler. For å få cellene til å dele seg og trives, holdes de i en næringsløsning som inneholder svært mange stoffer (tatt f.eks. fra kalveserum). Skålene plasseres i varmeskap (inkubatorer) med en viss luftsammensetning for at surhetsgraden i næringsløsningen ikke skal forandre seg. Arbeidet krever stor renslighet for at ikke cellekulturene skal bli infisert av bakterier o.l.

I vår sammenheng kan cellekulturene bli utsatt for magnetfelt, og cellene kan analyseres med hensyn til vekst, transport av stoffer gjennom cellemembranen, aktivitet til enzymer m.m.

Det er et problem at varmeskapene som cellekulturene vokser i, gjerne har betydelige magnetfelt, og at feltene varierer mye fra skap til skap, selv om de er av samme fabrikat og merke. I en del tidlige studier der feltene ikke ble målt i hvert enkelt varmeskap, kan dette «bakgrunnsfeltet» ha virket inn på resultatene.

Det er store forskjeller på hva slags stimuli ulike celletyper reagerer på. Dersom en celletype ikke reagerer på f.eks. magnetfelt, er det derfor ingen garanti for at ikke andre celletyper vil gjøre dette. Et liknende problem har vi også når det gjelder dyrestudier. Disse problemene er faktisk mer fundamentale enn de kan virke som, idet de reflekterer noe vi bare sakte har lært oss å forstå. Det er nemlig en meget stor grad av spesialisering mellom kroppens ulike celler, selv for celler som tilsynelatende har samme form og ligger i samme slags vev. Videre er det store individuelle forskjeller fra et menneske til et annet, slik at enkelte kan reagere kraftig på én bestemt stimulering mens andre ikke reagerer. Fysikere og ingeniører som er mest vant til å betrakte den døde materien omkring oss, er ikke vant til å forholde seg til denne biologiske variasjonen.

Eksperimentelle studier med celler eller dyr bygger som regel på et mindre materiale, dvs. færre forsøksobjekter enn en epidemiologisk studie. Til gjengjeld velger man selv sine betingelser, og har derfor bedre kontroll med disse. Mindre materiale medfører at dersom man skal oppnå statistisk sikre (signifikante) resultater, må den effekten man studerer være mer tydelig enn i et epidemiologisk materiale. For å oppnå dette benyttes ofte en vesentlig sterkere eksponering enn den man har i de epidemiologiske studiene, idet en antar at effekten vil øke med styrken på eksponeringen. Dette er ikke nødvendigvis tilfelle, og resultater av eksperimentene kan derfor bli villedende.

Selv under «kontrollerte» betingelser kan det være betingelser en ikke har full kontroll over. Når en lager magnetfelt, følger det gjerne med økt temperatur, vibrasjoner, lyd og elektrisk felt på kjøpet. Det er derfor en reell fare for «kunstige resultater» pga. egenskaper ved apparaturen eller metodikken som brukes. Slike kunstige resultater av ikke-biologisk natur kalles «artefakter», og de er en parallell til epidemiologiens forvekslingsfaktorer.

Det er viktig å kjenne til at det er mange vanskeligheter i eksperimentelle studier. Det er derfor ikke så rart at resultatene blir forskjellige selv om et forsøk gjøres «identisk» i to forskjellige laboratorier. Problemet er bare å vite hvor stor vekt vi skal tillegge de ulike resultatene i en slik situasjon. Dette er et dilemma som utvalget har blitt konfrontert med mange ganger i sitt arbeid.

Når det gjelder sykdommer hos mennesker, som f.eks. kreft er derfor, i siste instans, observasjoner på mennesker helt avgjørende for å vise i hvilken grad det er økt risiko for utvikling av kreft ved forskjellige ytre påvirkninger. I denne forbindelse vil det særlig si epidemiologiske undersøkelser, forutsatt at det er mulig å relatere sykdomsfrekvens til de fysiske parametre som har vist seg relevante utfra de eksperimentelle resultatene.

## 6 BIOLOGISKE OG HELSEMESSIGE EFFEKTER

### 6.1 Kreft og kromosomskader

Kreftsykdom kjennetegnes ved ondartet cellevekst i solide svulster (tumores) eller ondartet vekst av blodceller. Krefttypene klassifiseres vanligvis etter hvilket organ svulstcellene opprinnelig stammer fra, f.eks. lungekreft, brystkreft eller blodkreft (leukemi). Årsakene til kreft er ofte ukjent, men vi kjenner i dag en rekke forskjellige påvirkninger som kan bidra til utvikling av kreft. Det finnes eksempler på at påvirkning som fører til kreft i celler fra ett organ (én type celler) ikke trenger gjøre det i andre organ. Dersom en type eksponering særlig belaster ett organ, kan det føre til en bestemt sammenheng mellom slik eksponering og kreft i dette organet. Det er tilfelle med lungekreft og sigaretttrøking og også med innånding av asbeststøv eller radongass. Vi har i dag ikke sikre holdepunkter for at elektriske og magnetiske felt vil belaste enkelte organ mer enn andre. Studiene av elektriske og magnetiske felt og risiko for kreft spenner derfor over mange forskjellige kreftformer. De hyppigst studerte er imidlertid *leukemier (blodkreft)* og *kreft i sentralnervesystemet (hjerne-svulst)*. Vi har derfor valgt å behandle disse to kreftformene hver for seg.

Akutt lymfatisk leukemi kan iblant være vanskelig å skille diagnostisk fra non-Hodgkin lymfom (en type lymfekreft). Ideelt sett burde man derfor i studiene vurdert disse to diagnostiske gruppene sammen.

I forbindelse med kreftutvikling snakker man om latenstid. Man regner med at det kan ta tid, kanskje mange år, fra eksponering for et ytre agens til kreft oppstår. Dessuten tar det ytterligere tid fra kreft oppstår i en celle til sykdommen manifesterer seg klinisk. Det kreves store undersøkelser og lang oppfølgingstid for at epidemiologiske studier skal kunne gi pålitelig informasjon.

Barn kan tenkes å være mer mottagelige enn voksne for eventuelle skadevirkninger av elektriske og magnetiske felt, og det foreligger en rekke undersøkelser som spesielt tar for seg kreftrisiko hos barn. De fleste av disse undersøkelsene tar for seg risiko knyttet til det å bo i nærheten av høyspentledninger.

På den annen side er det først og fremst voksne som er utsatt for kraftige elektriske og magnetiske felt, særlig i forbindelse med bestemte yrker. Det er derfor også utført mange undersøkelser av kreft hos folk i såkalte «elektriske yrker».

Kreftrisiko er til en viss grad genetisk (arvelig) betinget. Dersom elektriske eller magnetiske felt kan forårsake genetiske skader, kan det også tenkes at risiko for kreft kan overføres fra foreldre til barn, og det foreligger noen studier av kreftrisiko for barn av fedre som hadde yrker med høy eksponering for elektriske og magnetiske felt.

Vi vil i det følgende beskrive de vitenskapelige undersøkelsene i sammenheng med tanke på risiko for å utvikle bestemte kreftformer. For en mer detaljert oversikt over de aktuelle vitenskapelige studiene og tilgjengelig litteratur på dette området anbefales en relativt ny britisk rapport (NRPB 1992).

#### 4.6.1.1 Leukemi

##### *Epidemiologiske studier på barn*

En undersøkelse av Wertheimer og Leeper i 1979 var den første som antydte en sammenheng mellom leukemi hos barn og elektriske eller magnetiske felt fra kraftledninger og elektriske anlegg i boliger. De fant en relativ risiko på 2,98 for høyt eksponerte individer vurdert ut fra strømkonfigurasjon, men studien var beheftet med store metodologiske svakheter.

I årene etter Wertheimer og Leepers undersøkelse i Colorado ble flere studier gjennomført for å teste deres hypotese. En oversikt over de viktigste publiserte studiene av barnekreft er gitt i tabell 1 i undervedlegg 2. Alle de første sju pasientkontroll studiene var svært forskjellige mhp. metodikk og mål for eksponering. Direkte måling av magnetfelt ble kun gjort i tre studier; andre beregnet eksponering ut fra strømkonfigurasjon. Studiene fokuserte særlig på magnetisk felt og leukemi hos barn. NRPB-rapporten (1992) gir en analyse og oppsummering av resultatene (tabell 4.6.1). Her finner man også en beregning av den gjennomsnittlige risiko for leukemi basert på alle studiene fra før 1992 med unntak av den første, som genererte hypotesen. Samlet sett fant man da en liten overrisiko for leukemi, men overraskende nok var det bare når boliger ble karakterisert ved den såkalte strømkonfigurasjon at resultatet ble statistisk signifikant med en anslått relativ risiko på 1,39.

Tabell 4.6.2: Anslått relativ risiko (RR) for leukemi blant barn, gitt for høyt eksponerte i forhold til lavt eksponerte individer. Epidemiologiske studier før 1992 (NRPB, 1992)

Studie	Benyttet eksponeringsmål					
	Målt magnetfelt		Avstand til kilde		Strømkonfigurasjon*	
	n	RR	n	RR	n	RR
Fulton et al.1980 (Rhode Island)					113	1,09
Tomenius 1986 (Sverige)	4	0,34	5	1,09		
Savitz et al.1988 (Colorado)	5	1,93			27	1,54
Coleman et al.1989 (England)			14	1,68		



Tabell 4.6.2: Anslått relativ risiko (RR) for leukemi blant barn, gitt for høyt eksponerte i forhold til lavt eksponerte individer. *Epidemiologiske studier før 1992 (NRPB, 1992)*

Studie	Benyttet eksponeringsmål					
	Målt magnetfelt		Avstand til kilde		Strømkonfigurasjon *	
	n	RR	n	RR	n	RR
Myers et al.1990 (England)			11	1,14		
London et al.1991 (California)	20	1,70			122	1,68
Samlet anslått relativ risiko		1,16		1,35		1,39
95 % konfidens intervall		(0,65-2,08)		(0,73-2,48)		(1,08-1,78)

\* basert på ledningsnett og ledningsføring (eng.: «wire code», se "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4)

n angir antall leukemifall blant de høyt eksponerte i studien

Senere er det kommet til tre nordiske studier (Feychting og Ahlbom 1993, Olsen et al. 1993, Verkasalo et al.1993). De to førstnevnte er pasient-kontroll studier, den siste en kohorte studie. Tabell 4.6.2 viser anslagene for relativ risiko for leukemi og lymfom fra disse studiene. Samlet sett er det en signifikant overrisiko for barneleukemi i disse tre studiene (RR=2,1), men det er særlig den svenske studien (Feychting og Ahlbom 1993) som bidrar til dette resultatet. I et leserbrev til *The Lancet* (Ahlbom et al. 1993b) konkluderer forfatterne med at resultatet støtter hypotesen om at eksponering for magnetfelt kan spille en rolle for utviklingen av barneleukemi, selv om den finske og danske studien enkeltvis ikke gir støtte til dette.

Det er ikke publisert studier av risiko for leukemi hos barn av fedre som har vært utsatt for sterke lavfrekvente elektriske eller magnetiske felt. I to studier av leukemi fant man ingen sammenheng mellom leukemi hos barn og foreldres eksponering for radar eller mikrobølger, men en sammenheng med kjemisk eksponering i yrket (Lowengart et al. 1987, Buckley et al. 1989).

#### *Epidemiologiske studier på voksne*

Flere studier har undersøkt om kreftisiko hos voksne er knyttet til kilder for elektriske eller magnetiske felt i nærheten av bolig og elektriske installasjoner i hjemmet (se tabell 1 i undervedlegg 2). Etter Wertheimer og Leepers undersøkelse i 1982 er det ikke funnet økt forekomst av leukemi. Coleman og medarbeidere (1989) fant en svakt økt forekomst av leukemi blant voksne med bolig nær elektriske installasjoner (kraftledninger), men resultatet var ikke statistisk signifikant. Eksponering for elektriske og magnetiske felt fra andre kilder er også studert, men ingen har vist signifikant sammenheng mellom eksponering og forekomst av kreft. En pasient-kontroll-studie (Preston-Martin et al. 1988) så på relasjonen mellom myelogen leukemi og bruk av elektrisk varmeteppe, men fant ingen sammenheng.

Det er imidlertid i yrkessammenheng at voksne utsettes for de kraftigste feltene. Første rapport om økt forekomst av leukemi i elektriske yrker kom i 1982 (Milham 1982). Flere senere studier har vist tilsvarende resultater, men ofte med lavere beregnet risiko, og noen studier har ikke vist økt forekomst i det hele tatt (se tabell 2a og b i undervedlegg 2). En samlet vurdering av hittil publiserte studier av kreft i «elektriske yrker» viser imidlertid en svakt økt forekomst av leukemi. I de hittil publiserte studiene er det ikke vist noen overrisiko for død av leukemi blant sveisere

som antas å ha en betydelig magnetfelteksponering, men det er ikke foretatt målinger eller beregning av felt i disse undersøkelsene.

De første studiene som tydet på en sammenheng mellom magnetfelteksponering og leukemi hos voksne, viste økt risiko for akutt myelogen leukemi. Flere nyere studier har vist økt forekomst av kronisk lymfatisk leukemi. Andre studier har vist økt forekomst av begge formene. Analyse gjort for ulike leukemityper viser altså ikke entydige funn. De senere studiene er ikke bare basert på yrkestitler, idet man også har foretatt dosimeter-målinger eller beregninger av magnetfelt.

En nyere svensk studie av forskjellige grupper arbeidstakere (Floderus et al. 1993a) viste en sammenheng mellom leukemi og målte magnetfelt (dosimetri – én arbeidsdag). Spesielt ble assosiasjonen vist for kronisk lymfatisk leukemi. Dette er den første studien som har vist en sammenheng mellom *målte* magnetfelt på arbeidsplassen og leukemi. Studien gir således støtte til at magnetfelt kan være en risikofaktor av betydning for utvikling av leukemi hos voksne. En annen svensk studie (Floderus et al. 1993b) fant en økt forekomst spesielt av kronisk lymfatisk leukemi blant lokførere og konduktører; her ble ikke måling av felt foretatt.

Tabell 4.6.3: Anslått relativ risiko for leukemi og lymfom blant barn vurdert etter beregnet magnetfelt, i tre nordiske studier (Ahlbom et al. 1993)

Studie	Leukemi		Lymfom	
	n	RR	n	RR
Feychting og Ahlbom 1993 (Sverige)*	7	2,7	2	1,3
Olsen et al. 1993 (Danmark)**	3	1,5	1	5,0
Verkasalo et al.1993 (Finland)*	3	1,6	0	0,0
Samlet anslått relativ risiko	13	2,1	3	1,0
95 % konfidens intervall		(1,1-4,1)		(0,3-3,7)

\* magnetfelt større enn 0,2 µT. \*\* magnetfelt større en 0,25 µT  
n angir antall tilfeller blant høyt eksponerte i studiene

En norsk studie blant ansatte ved jernbanen (banearbeidere utsatt for 16 2/3 Hz felt, 16 kV spenning) benyttet beregnede historiske dose-estimer av magnetfelt. Resultatene viste ingen sammenheng med magnetfelt-eksponering, heller ikke med arbeid ved elektrisk jernbane sammenliknet med ikke-elektrisk jernbane (Tynes et al. 1993).

Sahl og medarbeidere (1993) fant heller ingen sammenheng mellom arbeid i elektriske yrker (eller målte magnetfelt) og død av leukemi eller lymfom blant ansatte i kraftforsyning i Sør-California, men det viste seg at eksponeringen av disse arbeidstakerne ikke var spesielt høy sammenliknet med den folk flest blir utsatt for (Sahl et al. 1994)..

En annen norsk studie (Tynes et al. 1992) har sett på kreftrisiko i elektriske yrker basert på yrkesopplysninger i folketellingene 1960 og 1970. For arbeidstakere med mer enn 10 års yrkesaktivitet ble det vist en 40 % økning i leukemirisiko (RR=1,4), men en vurdering av risiko for non-Hodgkin lymfom og leukemi samlet, viste ingen økning.

En annen studie blant ansatte i åtte store norske kraftselskap viste heller ingen sammenheng mellom beregnet magnetfelt og leukemi (Tynes et al. 1994). Studien omfatter få personer og bare et lite antall tilfeller inngår i analysen.

En stor fransk-kanadisk studie av ansatte i el-forsyning (Theriault et al. 1994) fant holdepunkt for økt forekomst av akutt non-lymfatisk leukemi (særlig akutt myelogen leukemi) blant ansatte med magnetfelteksponering, men de fant ingen dose-respons trend for økende magnetfelteksponering.

Flere rapporter har vist overrisiko for leukemi blant ansatte i aluminiumverk (Andersen et al. 1982, Mur et al. 1987). Rockette og Arena (1981) fant en dobbel risiko for leukemi spesielt blant ansatte i elektrolyseavdelinger («prebake»-verk). De har senere bekreftet disse funnene (ref. av Microwave News 1993). Milham publiserte i 1985 data som viste økt dødelighet av akutt leukemi blant ansatte ved aluminiumverk generelt, men ikke økt forekomst av alle leukemiformer samlet. Elektrolysearbeidere i aluminiumverk er regelmessig eksponert for statiske magnetfelt opptil ca. 10 mT (10.000  $\mu$ T), og i kortere perioder opptil 50 mT (Thommesen og Bjølseth 1992). De hittil publiserte data har imidlertid ikke hatt tilgjengelige eksponeringsdata for elektriske og magnetiske felt som kunne gi grunnlag for å avklare hvilken type eksponering som var av betydning.

#### 4.6.1.2 Kreft i sentralnervesystemet

I Norge er det gjennomsnittlig ca. 35 barn som får diagnosen hjernesvulst hvert år. Dette er også en relativt sjelden kreftform, selv om den utgjør 30-40 % av all kreft blant barn.

Av de første studiene som så på sammenhengen mellom elektromagnetiske felt og barnekreft, var det tre (Fulton et al. 1980, London et al. 1991 og Coleman et al. 1989) som bare så på leukemi, mens fire studerte alle typer barnekreft (Wertheimer og Leeper 1979, Tomenius 1986, Savitz et al. 1988 og Myers et al. 1990). Samlet sett kunne disse studiene, i henhold til NRPB, bare gi svak støtte til hypotesen om en mulig assosiasjon mellom magnetfelt og barnekreft generelt, men denne støtten var «mindre svak» for hjernesvulst enn for leukemi når man så på sykdommene separat.

Tre nordiske studier er tilkommet senere (Feychting og Ahlbo 1993, Olsen et al. 1993, og Verkasalo et al. 1993). I motsetning til hva tilfelle er for leukemi, tyder disse nordiske studiene samlet sett ikke på noen overrisiko for hjernesvulst hos barn som har bodd i nærheten av høyspentledninger (tabell 4.6.3). Den finske kohortstudien, som riktignok beregner relativ risiko til 2,3, er likevel å regne som negativ. Dette skyldes ikke minst at tre av de fem hjernesvulstene blant de eksponerte ble funnet hos en og samme pasient; et barn med sykdommen neurofibromatose som i seg selv kan manifestere seg med flere hjernesvulster.

Tabell 4.6.4: Anslått relativ risiko for hjernesvulst hos barn vurdert etter magnetfelt, tre nordiske studier.

Studie	n	RR
Feychting et al. 1993*	2	0,7
Olsen et al. 1993**	2	1,0
Verkasalo et al. 1993*	5 §	2,3
Totalt	9	1,5
95% konfidens intervall		(0,7-3,2)

n angir antall hjernesvulsttilfeller blant de høyt eksponerte i studiene

\* magnetfelt større enn 0,2  $\mu$ T,

\*\* magnetfelt større enn 0,25  $\mu$ T,

§ tre av tilfellene ble funnet hos en og samme person

Tre studier har rapportert forhøyet risiko for kreft i sentralnervesystemet hos barna til fedre som hadde yrker med antatt eksponering for elektriske og magnetiske felt, basert på yrkes-tittel og næringsgruppe ved barnets fødsel (Wilkins og Koutras 1988, Nasca et al. 1988, Johnson og Spitz 1989). Tre andre studier har sett på neuroblastom (tumor som utgår fra celler i det sympatiske nervesystemet). To av disse studiene har rapportert høyere forekomst hos barn med fedre som hadde yrker hvor de kunne ha vært utsatt for kraftige elektriske og magnetiske felt (Spitz og Johnson 1985, Wilkins og Hundley 1990), mens en studie rapporterte ingen sammenheng (Bunin et al. 1990).

I undersøkelser som sammenligner forskjellige typer yrkeseksponering for fedre, ser kjemisk eksponering og stråling fra radioaktive kilder ut til å ha større betydning for barns risiko for kreft i sentralnervesystemet og neuroblastom enn elektromagnetiske felt (Nasca 1988, Wilkins og Sinks 1990). Generelt vil eksponering for elektriske og magnetiske felt i yrket ofte falle sammen med forskjellige typer kjemisk eksponering og av og til sammen med stråling fra radioaktive kilder. Ingen av de foreliggende studiene av mulig sammenheng mellom elektriske og magnetiske felt i foreldres yrke og kreft hos barn tar tilstrekkelig hensyn til mulig effekt av kreftfremkallende kjemikalier og stråling fra radioaktive kilder. Den moderat forhøyede risiko som er rapportert for kreft i sentralnervesystemet og neuroblastom hos barn i neste generasjon, kan derfor ha andre og biologisk sett mer rimelige forklaringer enn at foreldrene har vært utsatt for elektriske og magnetiske felt.

Når det gjelder risiko for hjernesvulst hos voksne, har det vært gjort en hel rekke studier, særlig basert på yrkeseksponering (se tabell 3a og b i undervedlegg 2). Hjernesvulst blant sveisere er blitt undersøkt i fem studier. Dersom man ser disse under ett viser de en overrisiko på ca. 25 % for denne kreftformen. Studiene gir holdepunkter for en sammenheng med sveiseyrket, idet to av de publiserte studiene har vist en sammenheng mellom lang eksponeringstid i det aktuelle yrket og forekomst av hjernesvulst. Årsakene kan likevel være flere, da sveisere utsettes for mange kjemiske komponenter i tillegg til elektromagnetiske felt. I 1985 (Lin og medarbeidere) kom den første rapporten som viste signifikant økt forekomst av hjernesvulst i elektriske yrker. Flere senere studier har vist tilsvarende resultater, men ofte med lavere risikoestimer, og noen studier har ikke vist økt forekomst i det hele tatt. Når det gjelder hjernesvulst er det tegn på en overrisiko, spesielt for gliomer.

Sahl og medarbeidere (1993) fant ingen konsistent sammenheng blant ansatte i kraftforsyning i Sør-California mellom målte magnetfelt på den ene siden og død av hjernesvulst eller kreft generelt på den andre siden, men grad av eksponering var ikke spesielt høy.

En norsk studie blant ansatte ved jernbanen (banearbeidere, 16 2/3 Hz felt, 16 kV spenning) benyttet beregnede historiske dose-estimer av magnetfelt. Resultatene viste ingen sammenheng mellom hjernesvulst og magnetfelt-eksponering, og heller ikke sammenheng mellom hjernesvulst og arbeid ved elektrisk jernbane (Tynes et al. 1993). En studie blant ansatte i åtte store norske kraftselskap viste heller ingen sammenheng mellom beregnet magnetfelt og hjernesvulst (Tynes et al. 1994).

Økt mortalitet av hjernesvulst blant aluminiumsarbeidere er rapportert i to studier (Mur et al. 1987, Spinelli et al. 1991).

#### 4.6.1.3 Andre former for kreft

En studie av kreft hos voksne i Denver-området (Wertheimer & Leeper 1982) konkluderte med en økt risiko for kreft i sin alminnelighet ved bestemte strømkonfigurasjoner i hjemmet. Andre forskere har imidlertid ikke etter dette funnet noen sammenheng mellom kreft totalt og bolig-eksponering for elektriske og magnetiske felt. McDowall (1986) gjorde en voksenkreftstudie der lungekreft hos kvinner var den eneste kreftformen som viste en sammenheng med nærhet til elektriske installasjoner.

Malignt melanom (en type hudkreft, føflekk-kreft) og brystkreft er andre kreftformer som har vist en økt forekomst i elektriske yrker i enkelte studier. Blant annet er det vist overrisiko for melanom i svensk telekommunikasjons-industri, men ingen tendens ble funnet når eksponeringstid i yrket ble lagt inn i analysen (Olin et al. 1985). Den høyeste risiko ble funnet i avdelinger som utførte lodding. En senere kanadisk studie viste også overrisiko for melanom i telekommunikasjons-industrien (De Guire et al. 1988).

Bare én epidemiologisk studie har så langt vist økt risiko for brystkreft blant kvinner med forhøyet eksponering for lavfrekvente felt (studien brukte yrkestitler i elektriske yrker), men flere studier har vist en overrisiko for mannlig brystkreft i elektriske yrker (Tynes og Andersen 1990, Matanoski et al. 1991, Demers et al. 1991). En studie som ikke viste sammenheng er også presentert (Rosenbaum et al. 1990). Det må bemerkes at brystkreft blant menn er en svært sjelden kreftform.

Få yrke-kreftstudier er gjort blant arbeidstakere utsatt for statiske magnetfelt i arbeidet. Studier publisert i 1985 og 1990 av Barregård og medarbeidere, viste at ansatte ved en svensk kloralkali-fabrikk ikke hadde økt total forekomst av kreft. Statisk magnetfeltnivå her lå i området 4-29 mT. Strømstyrken i prosessen var 100 kiloampere (kA).

#### 4.6.1.4 Dyrestudier

I forsøk på å undersøke nærmere sammenhengen mellom kreft og elektromagnetiske felt som er funnet ved epidemiologiske studier, er det gjennomført en rekke eksperimenter på dyr og cellekulturer. Forsøk på hele dyr regnes som mer relevante enn forsøk på cellekulturer. Dette kommer av at kreftceller i en ellers intakt organisme er underlagt kroppens egne regulerings-mekanismer, som enten kan dempe utviklingen av kreften eller eventuelt kan ha blitt satt mer eller mindre ut av funksjon. Tilsvarende regulering forekommer ikke i cellekulturer.

I dyreforsøkene bruker en dyr som enten er blitt utsatt for kreftfremkallende stoffer, har fått implantert kreftceller fra andre dyr, eller dyrestammer som spontant utvikler visse kreftformer. Det er benyttet statiske magnetfelt opptil 800 mT eller tidsvariable magnetfelt opptil 6 mT. Det store flertall av disse studiene viser ingen klar endring eller en mer eller mindre gunstig effekt, som f.eks. langsommere utvikling av kreften eller lengre overlevelse (ref. av Thommesen 1988 og av Thommesen og Tynes 1994).

Det finnes noen unntak. I to studier hvor rotter ble eksponert for hhv. et 60 Hz elektrisk felt på 40 kV/m (Leung et al. 1986) og magnetfelt (både statisk og 50 Hz) på 20  $\mu$ T (Beniashvili et al. 1991) ble det påvist økt kreftutvikling. I en forsøksserie ble mus eksponert for et 60-Hz magnetfelt på 25.000  $\mu$ T over flere generasjoner. Dette førte til økt spontan forekomst av malignt lymfom (Mikhail og Fam 1991). I en av studiene (Rannug et al. 1993) hvor kontinuerlig eksponering med 50-Hz magnetfelt (50 eller 500  $\mu$ T) ikke påvirket en kjemisk induert hudkreft, fant man senere økt promosjon når den samme eksponeringen ble gitt intermitterende (K.H. Mild, pers. meddel.). McLean, Stuchly og medarbeidere (ref. av Stuchly 1993) fant at

eksponering med et 60-Hz magnetfelt på 2.000  $\mu\text{T}$  ga utvikling av svulster hos flere individer og flere svulster pr. individ hos mus med kjemisk induisert hudkreft.

#### 4.6.1.5 Cellestudier

Kreft er ikke en enkelt sykdom, men en gruppe av sykdommer, som hovedsaklig har det til felles at enkelte av kroppens egne celler deler seg ukontrollert, trenger inn i annet vev og eventuelt sprer seg (metastaserer) til andre deler av kroppen. Første steget i utvikling av kreft antar man er en forandring i en celledes kromosom-apparat, som inneholder arvestoffet (DNA). Man har derfor gjort en rekke undersøkelser om hvorvidt lavfrekvente elektriske og magnetiske felt, i likhet med ioniserende stråling og en rekke kjemiske stoffer, kan skade DNA. Slike forsøk gjennomføres gjerne med cellekulturer.

Selv etter en rekke forsøk er det fortsatt usikkert hvorvidt statiske eller lavfrekvente felt alene kan påvirke DNA, men man kan ikke se bort fra at slike felt kan forsterke virkningen av enkelte andre påvirkninger, av f.eks. kjemisk art, og dermed indirekte øke faren for kreftutvikling.

Deling av normale celler kan initieres ved at en vekstfaktor binder seg til en reseptor på celleoverflaten og setter i gang en kjede av reaksjoner som i siste omgang gir celledeling. Slik celledeling er imidlertid strengt kontrollert, og vil normalt stoppe opp av seg selv når tettheten av celler når et visst nivå. Denne kontrollen er hemmet i kreftceller, fordi forandringen i cellens arvestoff medfører at cellen får evne til å unndra seg de normale vekstregulerende mekanismene. Dermed er det ikke gitt at cellen vokser og deler seg spontant. Man antar også at mange kreftceller først viser sin evne til ukontrollert vekst etter at de også er blitt utsatt for en stimulerende faktor, som man kaller en kreft-promotor.

Eksperimenter med cellekulturer har vist at påtrykte eller induserte elektriske felt og strømmer under visse omstendigheter påvirker nivået av intracellulære signalstoffer og enzymer, som til dels har en funksjon i forbindelse med cellevekst. Det er av den grunn gjort en rekke undersøkelser av hvordan kreftceller i kultur eventuelt blir påvirket av statiske og lavfrekvente felt. Flertallet av disse undersøkelsene viser at eksponeringen enten ikke har hatt noen effekt eller har hemmet veksten av kreftcellene.

Genaktivering med pulsede og sinusvariable felt har særlig vært studert i spyttkjertel-kromosomer fra fluer og i kulturer av humane kreftceller (Goodman og Shirley-Henderson 1991). Man har funnet tegn (såvel morfologiske som histokjemiske) på at ulike signalkarakteristikker kan indusere endringer i genproduktene. Endringene er celle-spesifikke, og resultatene er derfor ikke direkte overførbare til andre typer vev.

De genene som blir aktivert er de som normalt er aktive i vedkommende type celler. Ulike signaler gir kvalitativt identisk mønster, men kvantitativt ulik økning av genproduktene. Det er uklart om dette er spesifikke reaksjoner på magnetiske pulser eller de induserte elektriske felt, eller om det er mer eller mindre uspesifikk cellulære stress-reaksjoner på slike påvirkninger.

#### *Kromosombrudd i blodceller*

Nordenson og medarbeidere (1988) publiserte samlede resultater av studier blant ansatte som hadde sitt arbeid i utendørsanlegg ved 400-kV anlegg. De fant mer kromosomforandringer i lymfocyttkulturer fra blodprøver fra eksponerte arbeidere enn i prøver fra kontrollpersoner. Lymfocytter som ble eksponert for gnistutladninger in vitro viste tilsvarende kromosombrudd (Nordenson et al. 1984).

Eksponering for sterke elektriske felt (opptil 240 kV/m) kan øke forekomsten av kromosombrudd fremkalt av ioniserende stråling (McCormack og Swenberg 1985). Eksponering av mus for et 60-Hz elektrisk felt på 50 kV/m eller av vevskulturer for 100 kV/m har ikke forårsaket kromosom-forandringer (ref. av Thommesen 1988).

Forsøk med celler fra fostervann fra menneske, eksponert i 3 døgn for 30  $\mu$ T ved 50 Hz, viste en økning av andelen celler med kromosom-forandringer (Nordenson et al. 1989), mens det ikke ble påvist noe økning da forsøket ble gjentatt av en annen forskergruppe (Hamnerius et al., upublisert, pers. medd.).

Skyberg og medarbeidere (1993) fant en viss tendens til flere kromosombrudd hos arbeidere som var eksponert for sterke elektriske felt, men forskjellene var ikke signifikante (få personer), og det var ikke tatt hensyn til andre årsaksforhold som f.eks. røyking.

## 6.2 Abort og fosterskader

Reproduksjonshelse omfatter svært forskjellige forhold fra fertilitetsproblematikk til helseforhold hos det nyfødte barn. De forholdene som oftest blir studert er spontan abort, dødfødsel eller død i perioden like etter fødselen samt medfødte misdannelser. Et barns videre utvikling kan også tenkes å bli forstyrret av forhold både før og under svangerskapet.

Reproduktive helseproblemer kan oppstå på flere forskjellige måter og på forskjellige tidspunkt i utviklingen frem mot et nyfødt barn. Forutsatt at man oppnår å bli gravid er en normal fosterutvikling avhengig av at arvematerialet i de sammensmeltende egg og sædceller ikke er skadet. Slike skader kan oppstå hos far eller mor før befruktningen skjer. Etter en vellykket sammensmelting av egg og sædcelle, er det avgjørende for en vellykket start på svangerskapet at moren er mottagelig for at det befruktede egget skal feste seg i livmoren. Selve fosterutviklingen har en kritisk fase frem mot 12. uke. I denne perioden dannes og utvikles de forskjellige organene, og de fleste kjente medfødte misdannelser skriver seg fra feil i denne utviklingsfasen. I de tilfellene hvor en medfødt misdannelse kan være forårsaket av en ytre miljøpåvirkning, vil denne påvirkningen som regel ha skjedd i denne tidlige perioden.

En stor andel av de fostrene som aborteres spontant mellom 8. og 12. svangerskapsuke har tegn til misdannelser eller kromosomfeil (Warburton 1987). Spontanabort er et relativt vanlig svangerskapsutfall, og nyere studier har vist at dersom man også regner med de tidlige abortene som kvinnene selv ikke er klar over, ender hele 30% av alle påbegynte svangerskap med spontanabort (Wilcox et al. 1988). Vel 2% av alle nyfødte har en eller annen form for misdannelse. De forskjellige typer misdannelser er hver for seg nokså sjeldne.

### *Kjente risikofaktorer*

I 1978 rapporterte kvinnene som bodde i det forurensede området Love Canal i USA økt forekomst av spontanabort. Flere lignende lokale opphopninger har blitt rapportert siden, og mange forestiller seg at risikoen for spontanabort er særlig følsom for miljøforurensing i sin alminnelighet. I virkeligheten er svært få risikofaktorer for spontanabort blitt avdekket gjennom epidemiologiske studier. Røyking er en godt dokumentert risikofaktor, og det samme gjelder bruk av alkohol i større mengder. Et stort problem ved de fleste studier av spontanabort er imidlertid at de baserer seg på hva kvinnene selv husker og ikke på en systematisk registrering av spontanaborter. Det er ingen ting som tyder på at hyppigheten av spontanabort har

økt over tid. Et moderne levesett skulle derfor ikke i seg selv innebære noen øket risiko.

Det finnes flere kjente risikofaktorer for medfødte misdannelser. Medikamentet thalidomid forårsaket på 1960-tallet en epidemi av misdannelser av blant annet armer og ben før det ble fjernet fra markedet. Valproat, isotretinoin og phenytoin er medikamenter som fortsatt er i bruk, og som ved bruk tidlig i svangerskapet øker risikoen for forskjellige medfødte misdannelser. Stort forbruk av alkohol og tobakk under svangerskapet har sikre skadevirkninger på fosterets utvikling. Det er også kjent at røntgenundersøkelser under svangerskapet kan føre til medfødte misdannelser. Lavere doser av stråling fra radioaktive kilder, for eksempel den strålingen den norske befolkningen ble utsatt for etter Tsjernobylulykken, har ikke gitt målbar økning i risiko for medfødte misdannelser.

#### *Studier av risiko for spontanabort*

Den problemstillingen som har fått størst oppmerksomhet i reproduksjons-epidemiologiske studier relatert til elektriske og magnetiske felt, er hvorvidt kvinner som arbeider ved dataterminal har forhøyet risiko for spontanabort. Feltene fra slike terminaler har en annen karakter enn felt fra andre elektriske installasjoner, og derfor kan de tenkes å ha spesielle effekter. En stor amerikansk studie som ble publisert i et fremtredende medisinsk tidsskrift viste ingen tendens til sammenheng mellom hvor lenge en kvinne sitter foran dataterminal og hennes risiko for spontanabort (Schnorr et al. 1991). En samlet analyse av samtlige rapporter som var blitt publisert til og med 1991 viste heller ikke noen tendens til sammenheng mellom spontanabort og bruk av dataterminal (Parazzini et al. 1993). Denne samlede analysen utelukker med stor grad av sikkerhet at bruk av dataterminal kan tenkes å øke risikoen for spontanabort mer enn 20%.

En nyere finsk studie har for første gang målt hvor sterke elektriske og magnetiske felt forskjellige dataterminaler avgir og sett på om feltets styrke betyr noe for abortrisiko (Lindbohm et al. 1992). Studien baserer seg på 191 tilfeller av spontanabort blant kvinner som hadde kontoryrker og som var registrert i medisinske registre. Disse kvinnene ble sammenlignet med kvinner som hadde fødsler i samme periode. I denne studien finner man en tendens til høyere forekomst av spontanabort hos kvinner som benyttet dataterminaler med kraftige magnetfelt sammenlignet med kvinner som benyttet dataterminaler med svake magnetfelt. De høyeste feltstyrkene ble målt til over  $0,9 \mu\text{T}$  i lavfrekvensområdet. Det var imidlertid ikke noen forskjell i abortrisiko for kvinner som brukte dataterminaler og andre kvinner.

Elektriske og magnetiske felt knyttet til andre vanlige elektriske installasjoner har også vært studert i forbindelse med spontanabortrisiko. En amerikansk forskergruppe fant en tendens til flere aborter i høst og vintermånedene hos kvinner som benytter elektrisk oppvarmede vannsenger, elektriske varmeteppe eller bodde i hus med varmekabler (Wertheimer og Leeper 1986, Wertheimer og Leeper 1989). En nyere finsk studie målte feltstyrken i huset til vel 100 kvinner som hadde fått påvist et tidlig avbrutt svangerskap ved hjelp av urinprøveundersøkelser (Juutilainen et al. 1993). Når disse feltnivåene ble sammenlignet med nivåene for 100 andre kvinner fant man sterke magnetiske felt noe oftere hos de kvinnene som hadde fått registrert tidlige aborter.

#### *Studier av risiko for medfødte misdannelser*

Grunnlaget for å frykte en sammenheng mellom elektriske og magnetiske felt og risiko for medfødte misdannelser er ikke stort, og de fleste studiene som finnes viser



ingen sammenheng. Det finnes et par nordiske studier som antyder en mulig sammenheng for de spesielle feltene fra dataterminaler (Ericson og Källén 1986a, Ericson og Källén 1986b, Tikkanen et al. 1987). Forfatterne tolker imidlertid selv resultatene med stor forsiktighet: den statistiske usikkerheten var stor, de alternative forklaringene var mange, og bestemte typer misdannelser pekte seg ikke ut. De tilgjengelige studiene av dataterminaler gir samlet sett ingen grunn til å tro at det er noen sammenheng med risiko for misdannelser når de samles i en felles statistisk analyse (Parazzini et al. 1993).

Det foreligger to studier av elektrisk oppvarmede senger og risiko for medfødte misdannelser. Den ene studien så på bruk av varmeteppe og risiko for neuralrørmisdannelser (Milunsky et al. 1992) og den andre på bruk av elektriske varmeteppe eller vannsenger og risiko for misdannelsene hareskår og ryggmargsbrokk (Dlugosz et al. 1992). Ingen tendens til sammenheng ble funnet i noen av disse studiene. En kritiker til den siste studien mener at mange misdannede fostre kan ha blitt abortert hos kvinner som bruker elektrisk oppvarmede senger og at dette forklarer en tendens til færre misdannede barn hos mødre som brukte elektrisk oppvarming i denne studien (Jansson 1993).

En fransk studie av høyspentledninger og misdannelser fant ingen sammenheng bortsett fra en mulig lavere forekomst av skjelett- og hjertemisdannelser i nærheten av høyspentledninger (Robert 1993). Denne forfatteren nevner også at en slik nedsett risiko teoretisk sett kan forklares ved en forhøyet abortrisiko for misdannede barn i nærheten av høyspentledninger.

#### *Studier av tegn på genetiske skader i neste generasjon*

Skader på arvematerialet som skjer hos mor eller far før unnfangelse kan tenkes å føre til et spektrum av forskjellige effekter for et svangerskap. Slike skader kan teoretisk sett være mer alvorlige for guttefostre enn for jentefostre, og andelen guttebarn (kjønnsratio) kan derfor falle. Videre kan kromosomtallet endres og sjansen for enkelte medfødte misdannelser kan øke. Disse effektene ble undersøkt i en studie av barn av fedre som jobbet med høyspent-installasjoner (Nordström 1983). Forfatterne konkluderte med at kjønnsratioen var endret. En samlet forhøyet risiko for misdannelser ble funnet, men ingen bestemte typer misdannelser bidro til denne økningen. Dette funnet står dessuten i kontrast til studiene som ble diskutert i forrige avsnitt. Når det gjelder kjønnsratio finnes motstridende observasjoner for barn av fedre som er utsatt for svært kraftige felt i forbindelse med arbeidssituasjonen (Roberg et al. 1976, Knave et al. 1979).

#### *Dyrestudier*

Det er utført en rekke studier på dyr for å undersøke spontanaborter og misdannelser i forbindelse med eksponering for elektriske og magnetiske felt.

Nakagawa (1979) undersøkte mus som var unnfanget og oppdrettet i et statisk magnetfelt på 80 mT og fant bl.a. en reduksjon av veksten. Ved 30 mT var effekten noe svakere. Shibib og medarbeidere (1987) eksponerte nyfødte rotter for et statisk magnetfelt på 0,5 mT under fosterutviklingen og fant svakere myelinisering av nerveceller. De fant imidlertid også samme effekt når jordmagnetfeltet (50  $\mu$ T) var fjernet. Forsøkene viser altså ingen tydelig dose/effekt-sammenheng, og ingen nedre terskelverdi, og er derfor vanskelige å ta stilling til.

Effekter på fosterutviklingen er funnet hos mus ved eksponering for pulsede magnetfelt (Tribukait et al. 1986, Frölen et al. 1993). Resultatene tyder på at de første døgnene etter befruktningen, altså i perioden før fosteret er implantert i livmor-

slimhinnen er den følsomste perioden for denne effekten. Tribukait og medarbeidere fant en økt forekomst av misdannelser, mens Frölén og medarbeidere ikke fant noen økning. De fant derimot et økt antall implantasjoner samtidig med et økt antall resorpsjoner («aborter»), slik at det totale antallet levende fostre var det samme i de eksponerte gruppene som i de ueksponerte.

Huuskonen og medarbeidere (1993) eksponerte rottefostre for ulike tidsvariable magnetfelt kontinuerlig fra befruktningen og i 20 døgn. De fant ingen økning av større misdannelser, men en viss tendens til flere mindre sjelett-anomalier (så som et ekstra ribben). I likhet med Frölén og medarbeidere (1993) fant de et noe høyere antall implantasjoner, men ikke i den gruppen som var eksponert for pulsede felt (som hos Frölén og medarbeidere).

Det er også funnet forstyrrelse av foster-utviklingen i hønse-egg. Flere forskergrupper har eksponert egg for lavfrekvente felt helt ned til ca. 1  $\mu$ T, med både pulsede og sinus-variable felt, og funnet unormal utvikling særlig i hodedelen av fosteret. Andre grupper har ikke klart å bekrefte funnene. For å prøve å avklare disse uoverenstemmelsene, ble det gjennomført parallelle studier ved seks ulike laboratorier, som tidligere hadde utført denne typen studier. Man benyttet da en felles forsøksprotokoll for å se på effekten på kyllingefostre av 1  $\mu$ T magnetfeldtpulser ved 100 Hz (Berman et al. 1990). Resultatene var fortsatt motstridende idet noen laboratorier fant økning i misdannelser, andre ikke.

## 6.3 Depresjon, selvmord og hodepine

### 4.6.3.1 Depresjon og selvmord

En mulig sammenheng mellom depresjon/selvmord og eksponering for elektromagnetiske felt har vært forsøkt belyst i flere epidemiologiske undersøkelser.

Reichmanis og medarbeidere (1979) tok utgangspunkt i samtlige registrerte selvmord i et geografisk avgrenset område i England, og beregnet elektriske og magnetiske felt i boligen der de hadde bodd, ut fra avstand fra kraftledninger. Dette ble sammenlignet med tilsvarende beregnede felt for et likt antall tilfeldig uttrukne boliger i de samme områdene. Ved forskjellige statistiske beregninger fant de at fordelingen av selvmordere i relasjon til de beregnede felt var forskjellig fra kontrollene. Men dette statistiske funnet kunne ikke tolkes slik at selvmordsgruppen i gjennomsnitt var eksponert for høyere (eller lavere) feltstyrke enn kontrollene. I en senere undersøkelse på samme selvmords- og kontrollmaterialet ble det imidlertid funnet at det for selvmordsgruppen var høyere målbart magnetfelt ved deres bosted enn for kontrollgruppen (målt utenfor døren til leiligheten/boligen) (Perry et al. 1981). En svakhet ved disse to undersøkelsene var at man ikke kunne utelukke at personer som begikk selvmord hadde hatt en tendens til å velge annen type bolig/leilighet enn de som bodde i kontroll-leilighetene (og som ikke er nærmere karakterisert).

I en annen undersøkelse tok Perry og Pearl (1988) utgangspunkt i pasienter utskrevet fra lokale sykehus med psykiatrisk sykdomsdiagnose og som bodde i leilighet i boligblokk med vertikal hovedstrømledning nær yttervegg. Leilighetene kunne derfor klassifiseres som «nær» og «fjernt fra» hovedledningen, med tilsvarende forskjell i elektromagnetiske felt (bekreftet med direkte måling). Det viste seg at personer som hadde vært innlagt for depresjon (uten nærmere karakteristikk) hyppigere enn ventet bodde i leilighet nær hoved-strømledning. Eiendommelig nok viste det seg at personer med personlighetsdefekt, angst, agitasjon eller konfusjon (igjen uten nærmere karakteristikk) hyppigere enn ventet bodde *fjernt fra* hovedstrømledningen. Innleggelse for «overdose» (antas å være uttrykk for selvmordsforsøk) viste ingen relasjon til leilighetsplassering. En svakhet ved denne undersøkelse

sen er at man ikke visste nøyaktig hvor mange personer som faktisk bodde i de to typer leilighet – den statistiske analysen er basert på at det var et likt antall. Det ble senere foretatt en ny undersøkelse med et større antall depressive pasienter, rekruttert på samme måte, men uten den begrensning at de skulle bo i blokk med asymmetrisk plassering av hovedstrømledning. Man målte nå direkte magnetfeltstyrke utenfor de aktuelle boliger, og sammenlignet med boligen til et tilfeldig utvalg av kontrollpersoner i det samme området. Det ble funnet at feltsyren i gjennomsnitt var moderat, men statistisk signifikant høyere ved boligen til de depressive enn til kontrollene (det gjaldt derimot ikke for en parallell gruppe som hadde hatt hjerteinfarkt) (Perry et al. 1989).

I en annen engelsk undersøkelse ble det sendt spørreskjema om bl.a. helsetilstand til en gruppe personer bosatt nær kraftledning, og til en kontrollgruppe som bodde langt unna (Dowson et al. 1988). Igjen ble det funnet høyere frekvens av depresjon, og av hodepine, hos dem som bodde nær kraftledning, men uten at det er angitt detaljer om type depresjon etc. En svakhet ved undersøkelsen er at bare 60 % av de spurte svarte på spørreskjemaet.

En tilsvarende undersøkelse fra USA foregikk ved hjelp av strukturerte telefonintervjuer, med benyttelse av aksepterte og validerte diagnoseskjema for depresjoner og hodepine (Poole et al. 1993). Ialt 382 personer ble intervjuet, utvalgt dels tilfeldig, dels pga. bosted nær kraftledning, dels pga. deltagelse i under-skriftkampanje eller møte i anledning planer om ny kraftledning. Resultatet ble analysert på forskjellig måte, men hovedfunnet var i alle tilfelle at det var en positiv sammenheng mellom depressive symptomer og bosted nær kraftledning – også etter at det var korrigert for f.eks. holdning til opphold nær kraftledning. Det var svakere holdpunkter for sammenheng når det gjaldt hodepine. Det ble ellers konkludert med at magnetfeltstyrken var viktigere enn styrken på det elektriske felt. En svakhet ved denne undersøkelsen er at det ble brukt et meget grovt mål på felteksponering, men det kan ikke forklare det positive funn – det kunne snarere ha bidratt til å redusere eller tilsløre en sammenheng.

Samme metodikk er senere benyttet i en nyere, mindre undersøkelse fra USA (McMahan et al. 1994). Her intervjuet man 76 kvinner som bodde nær kraftledning (med gjennomsnittlig målt magnetfelt  $0,49 \mu\text{T}$  ved deres leilighet), og 76 kvinner som bodde lenger unna (målt magnetfelt  $0,07 \mu\text{T}$ ). Det kunne ikke påvises noen sikker forekjell i forekomsten av depressive symptomer. Svakheten ved denne undersøkelsen er særlig det lave antall som er intervjuet.

#### 4.6.3.2 Hodepine og andre helseeffekter

I flere av de undersøkelsene som er omtalt under avsnittet om depresjon og selvmord, har man også undersøkt mulig sammenheng mellom hodepine og bostedets elektromagnetiske felt. Også her er det funnet en tendens til sammenheng (Dowson et al. 1988, Poole et al. 1993). En svakhet med disse undersøkelsene er at man ikke har skjelnet mellom forskjellige former for hodepine, f.eks. migrene og stress-hodepine.

Haysom og medarbeidere (1990) har senere utvidet studien som er omtalt av Dowson og medarbeidere, med spørreskjema til personer som bodde i ulik avstand fra kraftledning; det ble her brukt spørreskjema som kunne skjelne mellom migrene og annen form for hodepine. Svar innkom fra 692 personer, som var 65% av dem som fikk spørreskjema. Personene ble inndelt etter boavstand fra kraftledning i 4 grupper: 0-50 m, 50-100 m, 100-500 m, og >500 m. For menn, men ikke for kvinner, ble det funnet statistisk signifikant sammenheng mellom frekvens av hodepine generelt og boavstand fra kraftledning – men høyest frekvens ble funnet i gruppen

50-100 m, og ikke 0-50 m. Når man så spesielt på migrene, var frekvensen igjen høyest i 50-100 m sonen, men nå statistisk signifikant bare for kvinner, mens menn viste nesten statistisk signifikant tendens i samme retning. Forfatterne sier at dette synes å være den første vitenskaplige studie som viser at meget svake elektromagnetiske felt har en liten, men målbar effekt på helsen i en befolkningsgruppe. Det er ikke diskutert om andre miljøfaktorer kan ha betydning, som f.eks. støy.

Fra Sovjetunionen er det hevdet at arbeidere som er eksponert for elektriske felt kan fremby en rekke symptomer fra nervesystemet, som hodepine, tretthet, irritabilitet, nedsatt yteevne og søvnforstyrrelser (ref. av Wilson 1988). Analoge undersøkelser fra USA har imidlertid ikke kunnet bekrefte dette.

Broadbent og medarbeidere (1985) fant heller ingen sammenheng mellom eksponering for magnetfelt under arbeid med elektrisitetsforsyning i England og rapporterte plager i form av bl.a. hodepine, angst og depresjon. Baroncelli og medarbeidere (1986) fant ingen sammenheng mellom eksponering for elektromagnetiske felt under arbeid på jernbane og resultater fra psykologiske tester, reaksjonstid, hjertekardiogram og en rekke forskjellige blodprøver. Gamberale og medarbeidere gjorde en tilsvarende studie i 1989, uten å finne sammenheng mellom eksponering for magnetfelt og psykologiske tester, EEG og forskjellige hormonnivåer i blod. Disse studiene har imidlertid metodologiske svakheter.

#### 4.6.3.3 *Annen påvirkning på adferd hos mennesker*

Det er foretatt enkelte eksperimentelle undersøkelser av hvordan elektromagnetiske felt virker på menneskers adferd og psykiske funksjoner.

Gruner (1977) hevder å ha funnet at statiske magnetfelt har avslappende virkning på psykiatriske pasienter. I det tilgjengelige abstraktet er det imidlertid ikke opplyst noe om kontrollbetingelser. Grunner (1989) har beskrevet effekter på hodepinepasienter eksponert for statiske magnetfelt på inntil 9,6 mT. Han har funnet økt hudmotstand, endring i EEG-mønsteret, nedsatt smertefølelse (analgesi) og lindring av hodepinen i større eller mindre grad.

Stollery (1986, 1987) gjorde forsøk med 76 friske unge menn, som ble utsatt for 50 Hz strøm svarende til vertikalt felt på 36 kV/m, i perioder på 5,5 timer vekslende med «blind-strøm», over to dager. Det kunne ikke finnes noen forskjell mellom dem som var utsatt for strøm og «blind» gruppen første dag mht. stemning, verbal resonnering, våkenhet eller konsentrasjonsevne. Andre dag var det imidlertid visse forskjeller. Man fant da en moderat økt latenstid for tester med komplekse resonneringer.

Lyskov og medarbeidere (1993) undersøkte virkningen av kortvarig eksponering for magnetfelt på atferd og bioelektriske prosesser i hjernen hos 14 friske forsøkspersoner. De fant at «intermitterende» (deres vekselfeltet ble slått av/på hvert sekund) 45-Hz magnetfelt ved 1,26 mT hadde målbare virkninger på hjernens elektriske aktivitet, men ikke på utførelsen av visse psykomotoriske tester.

## 6.4 Døgnrytme

Søvn, spisevaner, kroppstemperatur, oksygenforbruk og nivået av ulike hormoner viser døgnvariasjoner hos mennesker og dyr. Særlig biorytmen til hormonet melatonin har vært i fokus i relasjon til eksponering for lavfrekvente felt.

Det mest konsistente funnet er at ELF magnetiske og elektriske felt påvirker både produksjonen og døgnrytmen for hormonet melatonin i «hjernevedhenget» (epifysen, eller corpus pineale) (oversikt: Wilson et al. 1989, Reiter 1993). Melatonin blir normalt bare produsert om natten, og antas å ha en viktig funksjon bl.a. ved

å delta i reguleringen av en rekke andre hormoner. Melatoninproduksjonen står under kontroll av hjernens «biologiske klokke», som igjen påvirkes av lys via øynene. Lys hemmer produksjonen av melatonin, som derved kan formidle signal om endringer i årstidene.

En interessant studie er gjort av Wever (1973): Forsøkspersoner oppholdt seg da i lang tid under forhold der det ikke fantes tidsmarkører. Under slike forhold vil kroppens «naturlige rytme» få fritt spillerom, og personene vil innstille seg på et døgn på 25-26 timer. Eksponering for et elektrisk felt på 2,5 V/m ved en frekvens på 10 Hz viste seg å kunne endre denne «naturlige» døgnrytmen. Eksperimentene viste også at når personer lever uten ytre tidsmarkører vil ulike døgnrytmer (f.eks. rytmen når vi sover/er våkne og rytmen i temperatursvingninger) komme i utakt med hverandre etter ca. 30 dager. Dersom det samme elektriske feltet nevnt ovenfor ble gitt som en tidsmarkør (f.eks. ved faste tider hvert døgn), kunne de ulike rytmene likevel holdes sammen. Det er mulig at effekten formidles via påvirkning av sekresjonen av melatonin.

I en serie undersøkelser har man sett på hvorvidt lavfrekvente felt fra varmeteppe påvirker melatonin-produksjonen hos mennesker (ref. av Wilson et al. 1990). Utskillelsen av melatonin ble sammenlignet hos personer som brukte varmeteppe av ulike typer og varmeteppe drevet med h.h.v. vekselstrøm (60 Hz) og likestrøm. De fant at blant kvinner som benyttet varmeteppe med vekselstrøm, var det en tendens, særlig hos enkelte, til minsket melatoninutskillelse. Dataene tyder på at det ikke var magnetfeltets størrelse, men hvor ofte elementet koblet seg inn og ut som var vesentlig. De fant også at melatoninutskillelsen økte til over det normale i dagene etter at bruken av varmeteppe hadde opphørt.

Graham og medarbeidere (1990) eksponerte frivillige personer for 20 µT magnetfelt i løpet av natten. Feltet var statisk, men ble slått av/på hvert 15. sekund, og natten ble delt opp i timelange perioder med vekselvis denne type eksponering og ingen eksponering. Forsøket ble gjennomført «dobbelblindt». Det viste seg da at personer som vanligvis har liten produksjon av melatonin, fikk redusert produksjonen under magnetfelteksponeringen. Ingen effekt ble funnet på personer med stor produksjon.

Det er antatt at melatonin har en hemmende virkning på utvikling av kreft. Eksponering om natten kan da være av spesiell interesse. Wertheimer og en rekke forskere (Wertheimer et al. 1993) diskuterer dette i forbindelse med elektriske varmeteppe i en studie hvor brystkreft synes å opptre oftere blant kvinner som bruker elektrisk varmeteppe hele natten.

### *Dyrestudier*

Virkingen av elektromagnetiske felt på biokjemiske, fysiologiske og adferdsmessige funksjoner har vært belyst også i en rekke dyreeksperimentelle studier.

Det er i flere dyrestudier funnet at elektromagnetiske felt reduserer den nattlige dannelsen av melatonin, og forsinker tidspunktet for toppkonsentrasjonen. Melatonin-dannelsen hevdes også å bli påvirket ved forstyrrelser i det geomagnetiske felt. Det er noe usikkert hvordan elektromagnetiske felt utøver sin virkning på epifysen, men én mulighet er at det skjer via en påvirkning av netthinnen.

Ikke alle dyreforsøk viser imidlertid den beskrevne virkning av elektromagnetiske felt. I ett forsøk lot man en gruppe lam av hunkjønn vokse opp rett under en høyspentledning, mens en kontrollgruppe vokste opp vel 200 m unna ledningen. Det ble ikke funnet noen forskjell i melatonin-sekresjonen mellom de to gruppene, og heller ikke i inntreden av kjønnsmodning (Lee et al. 1993).

Det er også beskrevet en rekke andre virkninger av elektromagnetiske felt på hjernens elektriske aktivitet (se Wilson 1988), og hjernens biokjemi (se Reiter 1993), f.eks. i omsetningen av viktige signalsubstanser (transmittere) som serotonin og dopamin. Forandringene (som oftest er funnet hos rotter) har ligget innenfor fysiologiske grenser, og har ikke vært ledsaget av sikre forandringer i adferd.

Noen forsøk på aper viste imidlertid at eksponering for elektriske felt på 60 kV/m, 60 Hz i 12 timer pr. dag i seks uker hadde virkninger som kunne tydes som uttrykk for sosialt stress, uten at det kunne sies noe om hvorvidt dette var «skadelig» (Easley et al. 1991, 1992). Tolkningen av slike dyreforsøk er spesielt vanskelig. De fleste pattedyr har pels og ikke minst værhaar, og er derfor svært følsomme for elektriske felt, særlig tidsvariable elektriske felt, som lett vil sette værharene i vibrasjon. Det er tvilsomt i hvilken grad slike studier er relevante i forhold til eksponering av mennesker.

Nettfrekvente magnetfelt (50-60 Hz) mellom 27 og 3000  $\mu$ T har i enkelte forsøksserier gitt adferdsendring hos gnagere, spesielt med hensyn til læringsevne. I to av fem undersøkelser har man ikke funnet noen endring av adferd ved eksponering mellom 1600 og 3000  $\mu$ T. I de tre øvrige studiene fant man hhv. økt aktivitet (Rudolph et al. 1985) og langsommere læring (Saltzinger et al. 1990, Thomas et al. 1986).

I rotteforsøk er også vist adferdsmessige virkninger av svake magnetfelt: Hundre rotter ble først lært en betinget fluktreaksjon, og man studerte så forløpet av utslukningen av denne reaksjonen hos rotter som ble utsatt for et svakt magnetisk felt (100  $\mu$ T, 10 Hz) sammenlignet med kontroller uten slik påvirkning. Utslukningen gikk signifikant langsommere hos de rottene som ble eksponert for magnetfelt (Jentsch et al. 1993).

Elektromagnetiske felt kan også fremkalle forandringer i sekresjonen av andre hormoner enn melatonin, f.eks. av testosteron, kortikosteron og veksthormon. Noen av disse forandringene kan gjenspeile stressreaksjoner (Reiter 1993), men det er også mulig at noen forandringer kan være sekundære til endringer i melatoninsekresjonen. Deres helsemessige betydning er ukjent.

I andre studier har lavfrekvente felt ikke gitt noen effekt på stresshormon (kortikosteron hos gnagere, kortisol hos primater) (ref. av Saunders et al. 1991).

Adferdsstudier på dyr i statiske magnetfelt er hovedsaklig utført i felt over 200 mT med mus og rotter. Et forsøk der rotter ble eksponert for et statisk magnetfelt på 600 mT 16 timer pr. dag i 4 dager etter i 4 uker å ha lært spesielle gjøremål, viste at slike felt kunne hemme nylig innlærte ferdigheter, men ikke ferdigheter av høyere vanemessig karakter (Nakagawa og Matsuda 1988). Et annet forsøk viste at rottene var i stand til å oppdage en magnetfelt-gradient på ca. 100 mT/m (Weiss et al. 1990). Laforge og medarbeidere (1986) fant en reduksjon i vekstraten hos mus som var eksponert for statiske magnetfelt fra 0,9 til 270 mT. Reduksjonen var omtrent lineær med den magnetiske flukstettheten. Variasjonen i vekstrate økte tilsvarende. Forfatterne tolker dataene som utslag av stress.

En rekke forsøk har vist at både statiske og lavfrekvente magnetfelt kan påvirke bindingen mellom enkelte av endorfin-reseptorene og deres stimuli hos mus, og dermed svekke kroppens innebygde smerte-regulerende system (Ossenkopp og Kavaliers 1989, Teskey et al. 1988).

## 6.5 Akutte effekter og sansing

### *Spesialiserte «sanser» for jordens magnetfelt*

Jordens magnetfelt er statisk og har en styrke på omlag 50  $\mu$ T. Enkelte bruskfisk (bl.a. hai), visse bakterier, og antakelig også bier og duer, kan benytte seg av jordmagnetfeltet på ulikt vis.

I såkalte «magneto-taktiske» bakterier finnes små «perlebånd» med små korn av magnetitt. Disse «perlebåndene» tvinger bakterierne til å opptre som kompassnåler og bevege seg i samme retning som jordens magnetfelt. Dette hjelper bakteriene til å overleve (unngå oksygen). Det er også kjent at enkelte andre organismer, f.eks. bier og trekkfugl, kan sanse og orientere seg i forhold til jordens magnetfelt. Mekanismene for disse effektene er ennå ikke klarlagt, men i den grad de er utforsket, synes det som om de til en viss grad involverer deler av synsbanene. Funn av magnetitt i enkelte slike høyere organismer har ledet til antagelser om at denne magnetitten kan ha noe å gjøre med at også noen av disse organismene tilsynelatende har evne til å navigere i forhold til jordens magnetfelt. Noen slik årsakssammenheng er imidlertid ennå ikke fastslått.

Et mer utforsket eksempel på «magnetisk» navigasjon er det man finner hos bruskfisk (Kalmijn 1982). Denne evnen tilskrives den elektriske spenningen som induseres på tvers av kroppen når fisken beveger seg i forhold til jordmagnetfeltet. Disse fiskene har spesialiserte sanseorganer for å sanse denne spenningsforskjellen. Det fysiologiske grunnlaget for den høye følsomheten i denne sansen er ennå ikke fullstendig avklart, men det er på det rene at den er basert på spesialiserte elektrosensitive organer (Lorenzinske ampuller). Disse organene er modifiserte sidelinjeorganer som ikke finnes hos landlevende dyr. Lignende elektrofølsomme organer er imidlertid nylig funnet på snuten til de mest primitive pattedyrene, nebbdyret og maurpinnsvinet.

### *Sansing av felt hos mennesker*

Tidsvariable elektriske felt kan få hår til å vibrere. Ca. 10 % av voksne mennesker kan oppfatte nettfrekvente felt (50-60 Hz) som er svakere enn 10-15 kV/m. Enkelte mennesker kan fornemme felt helt ned til 2 kV/m. Feltstyrker opptil 3 kV/m er ikke uvanlige tett ved en større høyspentledning. Magnetiske felt oppfattes ikke på denne måten.

Sterke tidsvariable magnetiske felt kan forårsake synsinntrykk som likner lysglimt. Dette kalles magnetofosfener. De antas å skyldes induerte strømmer i øyets netthinne. Terskelen for magnetofosfener varierer individuelt, men ligger hos enkelte personer ned mot 2 mT ved en frekvens på ca. 20 Hz. Ved høyere og lavere frekvenser er terskelen høyere. Ved 50 Hz ligger terskelen for dette fenomenet på ca. 5 mT hos særlig følsomme personer. Dette er høyere nivåer enn i de aller fleste yrkessituasjoner.

Ved sterke tidsvariable magnetfelt er det også mulig å generere hørselsfornemmelser (magnetofoni).

Elektrofosfener, dvs. lysglimt pga. påvirkning fra et tidsvariabelt elektrisk felt er også beskrevet. Terskelen for dette fenomenet ved nettfrekvens antas å ligge på ca. 1 V/m i øyevevet (Carstensen et al. 1985). For å skape så stort felt inne i kroppen, må en bruke elektroder direkte mot huden og sende strøm gjennom disse. Det er derfor ikke et fenomen vi kan generere ved noen av de lavfrekvente elektriske felt personer utsettes for i bomiljø eller i arbeid. Tilsvarende er det også beskrevet elektrofoni, dvs. elektrisk fremkalt hørselsfornemmelser, men igjen bare ved direkte elektrisk stimulering av det indre øret (Gordon Flottorp, dr.-avh.).

Det at tidsvariable felt kan utløse lysglimt er bare et spesielt uttrykk for at slike felt induserer såpass sterke elektriske strømmer i kroppen at de kan generere nerve-signaler og muskelsammentrekninger. Ved særlig sterke felt kan derfor en person «føle/kjenne» feltene ved de rykninger vi fornemmer når muskler trekker seg sammen i korte øyeblikk. Det er også rapportert at kveg på beite under de kraftigste høyspentledningene kan få muskelkramper. Dette skyldes først og fremst det kraftige elektriske feltet, kombinert med «jordstrømmer» og kvegets størrelse og form. Noe liknende er såvidt vi vet aldri rapportert for mennesker.

Ved en transformatorfabrikk i Østlandsområdet fortalte arbeiderne at i spesielle situasjoner med ekstrem eksponering for 50Hz magnetiske felt, «rullet øynene i hodet på dem». Arbeiderne ble ved testing av transformatorene eksponert for et magnetfelt i størrelsesorden 10 mT ved 50 eller 60 Hz, og feltet var nær like sterkt over hele kroppen. Et av utvalgsmedlemmene har selv arbeidet i dette feltet og følt synsforstyrrelser under eksponeringen og følelse av forvirrethet idet vedkommende forlot det sterke feltet. Det hører med til historien at det skulle bare noen få og rimelige endringer til for at dette transformatorarbeidet kunne ha foregått uten en så ekstrem eksponering av arbeidstakerne.

## 6.6 «Hudplager» og «el-allergi»

I de senere år har det vært økende oppmerksomhet omkring helseproblemer hos kontorarbeidere – det har vært brukt uttrykk som «sick building syndrome», «office illness», og «el-overfølsomhet» eller «el-allergi». Oftest har dette vært satt i forbindelse med arbeid foran dataskjerm. Noen få synes etterhvert å utvikle en mer generell overfølsomhet for en rekke kilder for lavfrekvente elektriske og magnetiske felt, som TV-apparater, lysrør og vanlige glødelamper m.m.

Uttrykket «el-allergi» er forøvrig delvis misvisende, da det brukes om plager som enkelte personer får i forbindelse med arbeid ved dataskjerm, men som ikke nødvendigvis svarer til det vi ellers betegnes som allergi. Dessuten – som beskrevet tidligere i denne rapporten – er eksponeringen for elektromagnetiske felt ved arbeid ved dataskjerm kompleks, og elektrisitet («el») er bare én faktor blant mange.

De symptomene som knyttes til fenomenet «el-allergi» beskrives noe forskjellig, men de vanligste er hudsymptomer (kløe, utslett, stikninger i ansiktet), tørre øyne, symptomer fra nervesystemet (hodepine, konsentrasjonssvikt, hukommelsessvikt, svimmelhet, angst, depresjon) og symptomer fra muskulatur (mauring i musklene, tretthet, influensalignende plager). Hudsymptomene ble første gang beskrevet i en norsk studie (Nilsen 1982). De øvrige symptomene har siden særlig vært beskrevet i svensk litteratur (Klave et al. 1985, Lidén og Wahlberg 1985, Bergqvist 1987, Berg et al. 1993, Nilsson 1993, Lidén 1993).

«El-allergi» har vært gjenstand for spesiell oppmerksomhet i Sverige, hvor det også er foretatt omfattende undersøkelser, dels av kontorarbeidere generelt, dels spesielt av personer som mener å lide av «el-overfølsomhet».

Sandström og medarbeidere (1992) foretok en spørreskjemaundersøkelse av ca. 5000 svenske kontorarbeidere, spesielt med tanke på hudsymptomer hos dem som arbeidet foran dataskjermer. Klimatiske, kjemiske, psykososiale og fysiske faktorer på arbeidsplassen ble også kartlagt. Det ble funnet at skjermeksponering var assosiert med hudsymptomer, men det var også en rekke andre faktorer som var av betydning, som arbeidsbelastning, arbeidets status, rengjøringsfrekvens, lysforhold, bakgrunnsnivået for det elektriske feltet og relativt høyt magnetfelt fra skjermene. I en annen undersøkelse blant 536 kontorarbeidere ble det derimot ikke funnet noen overhyppighet av hudsymptomer hos dem som arbeidet foran dataskjerm (Wahlberg et al. 1992).



For nærmere å belyse sammenhengen mellom elektromagnetiske felt i tilslutning til skjermarbeid og «el-overfølsomhet», er det foretatt dobbelt blindt eksponeringsforsøk, der personer med slike symptomer har vært utsatt for tilsvarende felt, avvekslende med perioder uten felt-påvirkning. Slike studier går gjerne under betegnelsen «provokasjons-studier». I en slik undersøkelse kunne forsøkspersonene ikke skjelve mellom de to eksperimentelle påvirkninger, som begge ga forværrelse av symptomene (Hamnerius et al. 1992). Dette kan tyde på at betingede reflekser spiller en rolle for vedvarende symptomer ved slike tilstander. I en annen undersøkelse ble det testet om personer med «el-overfølsomhet» var i stand til å føle om de var utsatt for elektromagnetiske felt av relevant styrke eller ikke. To av seks personer rapporterte riktig så ofte at det neppe kunne være tilfeldig (hvilket imidlertid ikke beviser noen skadeeffekt) (Franzen et al. 1992).

Hamnerius og medarbeidere (1994) har gjennomført en ny dobbel blind provokasjons-studie. De fant da at forsøkspersonenes rapportering av felt til en viss grad fulgte virkelig eksponering, men sammenhengen var bare statistisk signifikant på ca. 6 % nivå (mens vi ofte krever minst 5 %).

Det har også vært foretatt andre forsøk med personer som hevder å være overfølsomme for denne typen felt (Swanbeck og Bleeker 1989, Wennberg et al. 1990). Resultatene fra disse forsøkene viste ingen klar sammenheng mellom hva forsøkspersonene rapporterte at de kjente og den reelle eksponeringen for elektriske og magnetiske felt.

I en norsk studie (Ofteidal et al. 1993) ble hudreaksjonen registrert hos 20 personer som mente å ha plager ved dataskjermarbeid. Personene var i vanlig arbeid, men i en seks ukers periode vekslet de mellom å bruke et aktivt, et ikke-aktivt, eller ikke noe skjermfilter etter et bestemt mønster. Skjermfilteret reduserte effektivt det statiske og det ELF elektriske feltet mens det VLF elektriske feltet ble mindre redusert (bekreftet ved målinger). Undersøkelsen ble gjennomført dobbelt blindt. De fleste hudreaksjonene ble mildere i den tiden forsøkspersonene var utsatt for lavest elektrisk felt, men for bare ett symptom var endringen statistisk signifikant. På grunn av uforutsette problemer med filterne må en forvente at resultatene fra denne studien ble mindre markante enn de muligens kunne vært, forutsatt at elektriske felt faktisk virker inn på hudreaksjoner.

Det er i flere arbeider påpekt at plager som oppleves ved «el-allergi» kan ha andre årsaker enn de elektromagnetiske feltene i seg selv. En av årsakene til hudplager kan f.eks. være at støv blir trukket inn i huden under påvirkning av det statiske elektriske feltet og kan forårsake irritasjon (Cormier-Parry et al. 1988). Andre forhold som påvirker miljøet innendørs, så som temperatur, luftfuktighet, gulvbelegg, tepper og rengjøring kan også virke inn.

Belysning kan ha betydning for utvikling av hodepine, og det samme kan være tilfelle med ugunstig arbeidsstilling. Psykologiske faktorer kan også spille inn (Lidén og Wahlberg 1985).

Mulighetene for multifaktorielle årsaksforhold til de nevnte plagene er fint oppsummert i en studie av Walsh og medarbeidere (1991) og av Bergquist (1993). Denne teorien støttes også av utførte provokasjonsstudier der man har registrert om forsøkspersoner får plager mens de utsettes for felt. De har vist at dersom arbeidstakerne oppholder seg ved en skjermterminal, rapporterer de symptomer uavhengig av om de utsettes for elektromagnetiske felt eller ei (Swanbeck og Blecker 1989, Wennberg et al. 1990, Nilsson et al. 1992).

Det har vært diskutert om elektromagnetiske felt kan mobilisere metallet i tannfyllinger. Dette er ikke bekreftet. En studie har undersøkt om metallet i tannfyllinger hos dykkere blir mobilisert under dykk med samtidig eksponering for elektromagnetiske felt (Örtendal og Högstedt 1989). Resultatene er usikre.

## 6.7 Skjelett, nerver, muskler og hjerte

### *Terapiforsøk med pulsede magnetfelt*

Det har lenge vært kjent at man kan påvirke veksten av ulike vev ved å utsette vevet for elektrisk strøm. Senere har man også funnet at strømpulser induisert ved hjelp av tidsvariable magnetfelt kan ha tilsvarende virkning. Pulsede magnetfelt brukes derfor i forsøk på å fremskynde tilheling av både brudd og andre skader. Teknikken brukes i noen grad, særlig i USA, som supplement til konvensjonell terapi med immobilisering og evt. nagling i både humanmedisin og veterinærmedisin (Bassett 1989).

En stor mengde dyreforsøk har vært initiert på grunnlag av slike kliniske erfaringer, og noen av forsøkene har gitt lovende resultater.

Sharrard (1992) har rapportert fra dobbelt-blinde kliniske forsøk med behandling av langsomt-helende bruddskader (non-unions). Resultatene viste at stimulering med pulsede magnetfelt fra strømspoler i tillegg til konservativ behandling med gipsing og eventuelt nagling bedret tilhelingen i ca. 50 % av tilfellene, mens man så en tilsvarende bedring i ca. 20 % av tilfellene hvor magnetpolene ikke hadde vært strømsatt og derfor ikke var virksomme.

Bruce og medarbeidere (1987) mener i forsøk på kanin å ha vist at også et statisk magnetfelt på ca. 24 mT kan påskynde tilhelingen av bruddskader. Effekten synes imidlertid å være marginal.

Foruten behandling av bruddskader, gjøres det også forsøk på å bedre tilhelingen av flere andre typer sår, f.eks. tilheling av hudsår (Ieran et al. 1990). Man gjør også forsøk med å forebygge benskjørhet. Det benyttes en rekke forskjellige mønstre av pulsformer og frekvenser. Det hevdes at denne terapiformen er like spesifikk som kjemoterapi (Bassett 1989), uten at det hittil har vært publisert noen klar dokumentasjon på at de ulike eksponeringene har noen spesifikke effekter.

Pulsede magnetfelt kan også ha en gunstig effekt på regenerasjon av skadde nerver (Kanje et al. 1993). Hittil har det ikke lyktes å fastslå hvilke eksponeringsregimer (pulsformer, frekvenser, feltstyrker) som eventuelt har størst effekt (Barker og Lunt 1983, Barker 1992).

«Magnet-terapi» eller «magnetfelt-terapi» med både statiske og tidsvariable felt benyttes også innenfor alternativ medisin mot en lang rekke plager, men på et vesentlig svakere vitenskapelig grunnlag, og med filosofiske røtter tilbake til bl.a. Paracelsus (1490-1541).

### *Virksomheter på nervesystem og muskler*

Russiske studier (f.eks. Asanova 1966) har antydnet at personer som arbeider i elektromagnetiske felt får plager fra muskler og nervesystem. Disse studiene er publisert på russisk, noe som gjør det vanskelig å vurdere dem, ikke bare på grunn av språkproblemer, men også på grunn av ulik publiseringspraksis i Russland sammenliknet med de vestlige land.

I Norge er det beskrevet arbeidstakere med plager fra muskel-skjelettsystemet som antydes relatert til arbeid i elektromagnetisk felt (Faye-Lund 1984). En studie av en spesiell nevrologisk sykdom («motor neuron disease») viser en overhyppighet av personer i «elektriske yrker» (Gunnarsson et al. 1992). Det er dog usikkert om dette har sammenheng med elektromagnetiske felt eller med kjemiske stoffer som man utsettes for under slikt arbeid.

EEG-målinger (måling av hjernens elektriske aktivitet) på katt, kanin og rotte så vel som på mennesker som er eksponert for statiske magnetfelt ned til 20 mT, har vist endringer i hjerneaktiviteten. Statische magnetfelt helt ned i 23 mT har forårsaka-

ket funksjonsforandringer i nerveceller hos enkelte hvirvelløse dyr, men slike effekter er ikke funnet ved eksponering under 1 T hos hvirveldyr. På muskelceller har man dels funnet minsket spontanaktivitet i motoriske endeplater ved 123 mT (Rosen 1993), dels økt eksitabilitet og økt EMG (en muskels elektriske aktivitet) over 0,5 T og dels økt trettbarhet ved 1 T. Det har ikke vært publisert virkninger av statiske magnetfelt under 120 mT direkte på nerve- eller muskelceller hos hvirveldyr. På integrerte deler av nervesystemet, derimot, er det funnet effekter av langt svakere magnetfelt.

Studier har vært gjort på personer som har gjennomgått MRI-undersøkelser (magnettomografi, en undersøkelsesmetode som anvender en kombinasjon av statiske og radiofrekvente magnetfelt). MRI innebærer en kortvarig, meget høy eksponering for statiske magnetfelt. Blant annet er hjernestamme-respons på lyd undersøkt hos personer utsatt for feltstyrker opp til 2 T (Hotz et al. 1992). Her fant man ingen effekt av statiske felt. Nervelednings-hastigheten i perifere nerver har vært undersøkt hos forsøkspersoner utsatt for statiske felt på 1 T (Hong 1987). Under eksponering ble det påvist en endring i eksitabiliteten, men 3 minutter etter avsluttet eksponering fant man ikke lenger noen forandring.

Graham og medarbeidere (Graham et al. 1990, Cook et al. 1992) har funnet endringer i EEG ved eksponering for 60 Hz elektrisk felt på 9 kV/m i kombinasjon med magnetfelt 20  $\mu$ T (av/på et statisk felt hvert 15. sekund). Endringene var størst når eksponeringen ble satt på eller slått av.

Pulsede magnetfelt på opptil ca. 1 T har vært brukt i nervestimulatorene for sentrale og perifere nerver (Hess et al. 1987). F.eks. kan epileptiske sentre aktiveres med magnetiske pulser på ca. 1 T (Hufnagel et al. 1990). Man kan også fremkalle forandringer i synsstimulert elektrisk hjerneaktivitet hos forsøkspersoner ved samtidig å eksponere dem for et 50 Hz magnetfelt på 60 mT (Silny 1984). Disse effektene er midlertidige, men virkningene har en varighet som strekker seg ut over eksponeringstidsrommet.

#### *Virkninger på hjertefrekvens og blodtrykk*

Når det autonome nervesystemet blir påvirket av bevisste og ubevisste sanseinntrykk og den mentale tilstand generelt, viser det seg ofte ved endringer i hjertefrekvens og blodtrykk. Det har derfor vært av interesse å se om eksponering for elektromagnetiske felt slår ut på nettopp hjertefrekvens og blodtrykk.

Som nevnt tidligere kan elektriske felt iblant føles på grunn av hårvibrasjoner. Dette kan gi stressreaksjoner og dermed tenkes å påvirke hjertefrekvens og blodtrykk. En rekke dyreforsøk har da også vist slike reaksjoner. Magnetfelt sanses ikke i samme grad. Dersom eksponering for magnetfelt, statiske eller tidsvariable gir forandringer i hjertefrekvens og blodtrykk, er det mer sannsynlig at vi står overfor direkte fysiologiske virkninger.

Det er publisert få studier av fysiologiske effekter på hjerte-kar-systemet hos dyr eksponert for *statiske* magnetfelt. Hos forsøksdyr i magnetfelt over 20 mT er det funnet senket hjertefrekvens (Beischer og Knepton 1964, Stamenovic og Majic 1975, Lazetic og Nikin 1988).

Eksponering for ekstremt sterke statiske magnetfelt (av størrelsesorden 1 T) gir tilsynelatende en endring i EKG i form av en økning av T-takken. Endringen er direkte proporsjonal med styrken på magnetfeltet (Tenforde et al. 1983). Dette fenomenet skyldes at det induseres et elektrisk felt i blodstrømmen gjennom aorta under hjertets ejeksjonsfase. Fenomenet opphører så snart personen trer ut av det sterke feltet.

Lavt blodtrykk og ødemer er rapportert hos arbeidere eksponert for statiske magnetfelt over 35 mT (tidlige russiske rapporter ref. av Waskaas 1981, 1982). En gruppe (Graham et al. 1990) fant moderat nedsatt hjertefrekvens ved eksponering for nettfrekvente 9 kV/m elektrisk felt i kombinasjon med 20  $\mu$ T magnetfelt (av/på hvert 15. sekund). Som for EEG-registreringen nevnt foran, var endringene størst når eksponeringen ble satt på eller slått av. Senere studier fra samme gruppe (Graham et al. 1993) fant at forandringene i hjertefrekvens også skjedde ved eksponering for 20  $\mu$ T magnetfelt alene, men at forandringene var individuelle.

Hos mennesker er det også funnet en nedsatt elastisitetsmodul (dvs. en øket tøyelighet) i arteriene med økende magnetfelt inntil 15 mT (Volobuyev et al. 1987).

Ekstreme feltstyrker av *lavfrekvente* magnetfelt (eks. 50 Hz, 2,4 T) kan indusere så kraftige strømmer i hjertet at de forstyrrer, og evt. blokkerer hjertets impulsledning for en kortere tid, selv etter at eksponeringen er opphørt (Silny 1985). Svakere lavfrekvente magnetfelt har i to tilfeller gitt tegn på nedsatt karmotstand. Eksponeringen lå da på hhv. 0,3 og 38 mT (Chitaya & Nadareishvili 1989, Buyavykh et al. 1987).

#### *Påvirkning av pacemakere*

De mest følsomme pacemakere kan påvirkes av nettfrekvente felt av størrelsesorden 2 kV/m og 10  $\mu$ T (Matthes og Bernhardt 1986). IRPA/INIRC (1989) viser til at ingen forstyrrelse av pacemakere er rapportert ved elektrisk felt  $<2,5$  kV/m, og at de selv i verst tenkelig fall ikke kan forstyrres av magnetfelt under 15  $\mu$ T. WHO (1987) regner ikke med forstyrrelse av pacemakere ved magnetfelt under 100  $\mu$ T (50 Hz).

Statiske felt kan også påvirke pacemakere. Et statisk magnetfelt over 10 mT kan stille om pacemakeren til fast frekvens, og således forårsake at den gir hjertet impulser som ikke er synkronisert med hjertets egen aktivitet (ref. av Simon 1992). Det kan i verste fall føre til ventrikkelflimmer (hjerterytmeforstyrrelse).

Dette tilsier at opphold i f.eks. elektrolysehaller eller smelteverk med sterke magnetfelt ikke er å anbefale for pacemakerbrukere, men at ferdsel nær kraftledninger neppe er noe problem for disse pasientene.

## **6.8 Andre effekter**

### *Immunologi, generelt*

Immunsystemet består av forskjellige typer celler som finnes spredt i nesten hele kroppen, men vi omtaler dem sammen som «immunsystemet» fordi de har én felles funksjon: å forsvare oss mot fremmed materiale som kommer inn i kroppen, først og fremst mot infeksjon. Cellene finnes i benmargen, milten, i lymfeknuter og ofte spredt uten å danne noen karakteristiske strukturer. En stor del av cellene finnes i og nær slimhinnen i tarmkanalen hvor kroppens vev kommer i særlig intim kontakt med fremmed materiale og bakterier og derfor er særlig sårbart.

Immunsystemet er av livsviktig betydning i forsvaret mot infeksjon. Dette er dramatisk illustrert de senere år i forbindelse med HIV-infeksjon og AIDS, der man ser en immunsvikt.

Det finnes også en rekke andre alvorlige og veldefinerte former for immunsvikt. Disse sykdommene er som oftest arvelig bestemt og gir sterkt nedsatt motstandskraft med mange, gjentatte alvorlige infeksjoner.

Uten kjente arvelige eller andre disponerende faktorer kan immunsystemets reaksjonsevne sannsynligvis bli noe redusert i perioder. Dette er ofte vanskelig å påvise med sikkerhet og krever inngående undersøkelser, men kan sannsynligvis

ligge bak perioder med økt sykkelighet og gjentatte plagsomme, men ikke alvorlige infeksjoner.

Spørsmålet om immunsystemets rolle i forbindelse med utvikling av kreft har vært studert intenst i mange år. Siden immunsystemet forsvarer oss mot fremmed materiale som mot mikroorganismer ved infeksjon, og forkaster fremmede celler som er overført ved transplantasjon, har mange hevdet at immunsystemet også står for en kontinuerlig overvåkning for å hindre utvikling av ondartede svulster. Det er usikkert hvor viktig dette er hos mennesker.

Hos forsøksdyr kan spesielle virus fremkalle ondartede svulster, kreft. I slike systemer kan det uten tvil vises at immunreaksjoner beskytter mot utvikling av svulster, men ofte blir immunsystemet overmannet, og svulsten kan da vokse, spre seg, og føre til døden. Om, eller i hvilken grad tilsvarende gjelder hos mennesker er ikke klarlagt. Etter transplantasjon for behandling av livstruende sykdom må pasientene få spesielle medikamenter for å hemme immunsystemet og hindre at transplantatet blir forkastet. Vi må altså fremkalle en viss immunsvikt for at f.eks. den overførte nyren skal kunne fortsette å fungere normalt. Slike pasienter har en viss økt tendens til å utvikle spesielle ondartede sykdommer, f.eks. lymfomer. Flere av disse medikamentene har også andre virkninger enn å dempe immunreaksjoner, bl.a. en tendens til å skade arvestoffet, DNA. Det er sannsynlig at dette mer enn immunsvikten fører til økt risiko for utvikling av kreft.

Ytre «fysiske faktorer» kan uten tvil påvirke immunsystemet. Dette gjelder f.eks. ioniserende stråling hvor vi ser en klar dose-responseeffekt i cellestudier, i studier av intakte forsøksdyr, og hos mennesker bl.a. ved reaktoruhell. Mange celletyper i immunsystemet er karakterisert ved hyppig celledeling, og immunsystemet er derfor særlig sårbart for ioniserende stråler som ved økende doser gir økende immunsvikt. I langtidsstudier gir slik stråling også økt risiko for spesielle kreftformer.

#### *Immunologi og elektromagnetiske felt*

En rekke tidligere rapporter har hevdet at immunsystemet påvirkes av såvel statiske som lavfrekvente felt. I hovedsak har det dreiet seg om eksponering for sterke nettfrekvente (50 Hz) elektriske felt. Disse resultatene er ikke blitt bekreftet av senere eksperimenter. Resultatene er i høy grad motstridende. Ingen konsistente og reproducerbare effekter på immunresponsen hos dyr er funnet ved eksponeringsnivåer under 100 kV/m og 100 mT.

Et fåtall studier har undersøkt virkninger av statiske magnetfelt på cellekulturer. Mincheva og medarbeidere (1985) fant nedsatt dannelse av antistoff ved 120 mT. Peteiro-Cartelle og Cabezas-Cerato (1989) undersøkte 10 forsøksoppsett der humane lymfocytter ble eksponert for henholdsvis 45 mT ved 20 °C i 3 timer og 125 mT magnetfelt med påfølgende dyrkning med phytohemagglutinin (PHA). Resultatene viste nedsatt celledeling i et av eksperimentene og økt celledeling i et annet, de 8 andre viste ingen effekt. Eldre undersøkelser (ref. av Simon 1992) viser ingen konsistente resultater.

Eksponering av lymfocytter for lavfrekvente magnetfelt har også vist motstridende resultater, f.eks. med både økt og nedsatt immunologisk respons. Nedsatt funksjon i T-lymfocytter har vært vist ved 60 Hz elektrisk felt over 100 mV/m (direkte stimulert *in vitro*, hvilket tilsvarer et ytre uforstyrret felt i størrelsesorden 100 kV/m) (Lyle et al. 1988). Om en slik virkning kan være av betydning for kreftutvikling vet man ikke, men den aktuelle feltstyrken gjør det lite sannsynlig at det er noe praktisk problem.

### *Hvordan felt kan tenkes å virke på kreft*

Det er kommet flere artikler som vurderer tilgjengelig litteratur med hensyn på hvordan elektromagnetiske felt kan tenkes å påvirke kreft. Det skilles mellom initiering, promotjon og progresjon av kreft som tre separate faser i kreftutvikling. I disse arbeidene pekes det på at det bare finnes få og svake indikasjoner på at felt kan initiere kreft, f.eks. ved direkte virkning på arvestoffet. Dersom feltene har noe å si for utvikling av kreft, må de derfor virke gjennom promotjon eller progresjon mener forfatterne (Murphy et al. 1993, McCann et al. 1993, Cridland 1993).

### *Uttrykk av gener*

Med moderne genteknologi følger det en rekke teknikker som kan gi meget presis informasjon om reguleringsprosesser i en celle. I vår sammenheng er man særlig interessert i hvorvidt elektromagnetiske felt kan endre på hvilke gener som uttrykkes. Med «uttrykk av gener» mener vi hvilke deler av arvestoffet som brukes aktivt for å styrke produksjonen av nye proteiner i cellen.

Weisbrot og medarbeidere (1993) har undersøkt effekt av lavfrekvente elektriske og magnetiske felt på genuttrykk i gjærceller. Det ble funnet en effekt ved 15 min eksponering for 0,8  $\mu$ T 60 Hz felt, men dersom eksponeringen var på kontinuerlig, avtok effekten. Uttrykk av det såkalte SSA1 genet (varmesjokk respons gen) økte både ved påvirkning av magnetfelt og ved raskt økt temperatur. Reaksjonen likner derfor en typisk stressrespons.

Weisbrot og medarbeidere (1993b) har videre vist økt genuttrykk i 17 definerte regioner av kromosomer i spyttkjertler hos bananfluer etter ulike eksponeringer for elektromagnetiske felt.

### *Virksomheter på cellemembranen*

Enhver celle er omgitt av en cellemembran, og den er særdeles viktig for cellens funksjon og dermed også hele kroppens ve og vel. Det er derfor av spesiell interesse også å studere hvorvidt membranen kan påvirkes av elektriske eller magnetiske felt.

I enkelte forsøksreier har man funnet økt membran-permeabilitet («lekkasje») under eksponering for statiske magnetfelt. Særlig synes dette å forekomme i forbindelse med forhøyet temperatur slik at cellemembranen ligger på grensen til en fysisk forandring som kan sammenlignes med smelting, ofte ca. 4-5 grader over cellens normale arbeidstemperatur. De eksperimentelle dataene antyder at nedre terskel for denne effekten under slike spesielle forhold kan ligge på ca. 10 mT (Liburdy et al. 1986).

Eksperimenter på isolerte preparater fra kyllinghjerne mener å ha påvist endret transport av calcium-ioner spesielt ved frekvensen 16 Hz, ikke ved høyere eller lavere frekvenser (Bawin og Adey 1976). For denne effekten hevdes det at det lokale statiske magnetiske feltets retning og styrke på forsøksstedet (ofte jordmagnetfeltet) kan være av betydning for resultatet (Blackman et al. 1985).

Tilsvarende er det i enkelte andre preparater funnet økt mobilitet og permeabilitet gjennom cellemembraner for calcium-ioner ( $Ca^{++}$ ) og enkelte andre ioner under en kombinasjon av statisk og et tidsvariabelt magnetfelt. Sammenheng mellom frekvens på det tidsvariable feltet og styrken på det statiske feltet, følger samme uttrykk som det som gjelder for bevegelsen til partikler i en såkalt syklotron. Effekten er derfor kalt «syklotron-resonans effekten».

Effekten har særlig vært studert på hvite blodceller og visse encellede organismer (Liboff 1985, Liboff et al. 1987, McLeod et al. 1987). Tilsvarende effekt er

også funnet under studier av bindingen mellom Ca-ioner og deres spesifikke intracellulære bindingsproteiner (Lednev 1991).

Under eksperimenter med magnetisk resonans-tomografi (MR) er det funnet økt lekkasje gjennom blod-hjerne-barriæren (Garber et al. 1989, Salford et al. 1989). MR-teknikken benytter statiske magnetfelt av størrelsesorden 1 T (sammen med radiofrekvente felt).

Molekylene som danner en cellemembran har liten mulighet for å bevege seg på tvers av membranen, men bevegelse langs med membranen er langt lettere. Det er vist at elektriske felt kan få proteiner i membranen til å forskyve seg («in situ elektroforese»), men hvorvidt dette har noen biologisk betydning er foreløpig uvisst. McConnell og medarbeidere (Lee et al. 1994) har vist at elektrisk felt også kan påvirke lipid-sammensetning og -organisering langsmed membranen.

### *Endring i enzymaktivitet*

Endring av aktiviteten til spesielle enzymer er funnet etter eksponering for både sterke statiske magnetfelt og tidsvariable elektriske felt.

Gorczyńska og medarbeidere (1986 og 1991) har ved studier av rotter funnet endringer i aktiviteten til flere enzymer på inntil  $\pm 50$  % etter langtids-eksponering for statiske magnetfelt ned til 8 mT.

Byus og medarbeidere (1987) har funnet en liten, men signifikant økning i aktiviteten til enzymet ornitin-dekarboksylase (ODC) i flere kulturer av kreftceller under direkte stimulering med et 60 Hz elektrisk felt. For én celletype (leverkreftceller) fant de denne effekten ned til 10 mV/m, men uten noen entydig sammenheng mellom effekt og eksponering for høyere feltstyrker. ODC er et vesentlig enzym i forbindelse med celle-vekst.

Pulsede felt har i flere preparater vist seg å påvirke effekten av den normale stimuleringen av membranbundne PTH-reseptorer (som stimuleres av det «ben-nedbrytende» parathyroidea hormon) (Luben 1991). Effekten ser ut til å skyldes en forstyrrelse av signaloverføringen gjennom membranen og blir til sist formidlet av et annet intracellulært signalmolekyl, cyklisk adenosin monofosfat (cAMP) (Murray og Farndale 1985, Farndale og Murray 1986). Denne virkningen av pulsede magnetfelt har særlig vært studert på ben- og bindevevs-celler. Den kan være en av flere mulige forklaringer på de positive kliniske erfaringene med eksponering av spesielle typer bruddskader for pulsede magnetfelt (se "*Skjelett, nerver, muskler og hjerte*" i kapittel 6.7).

## **7 MULIGE VIRKNINGSMEKANISMER**

I forrige kapittel refererte vi til en rekke studier der elektriske eller magnetiske felt av og til syntes å ha en biologisk effekt. Bildet var mangfoldig og broket, og det er ikke lett å se felles trekk. Dersom vi forstod de underliggende mekanismene for hvordan feltene kan gi en virkning, ville det bli lettere å systematisere kunnskapen vi sitter inne med og å foreslå nye studier. Foreløpig vet vi relativt lite om hvordan elektromagnetiske felt fører til biologiske effekter. Hensikten med dette kapitlet er å omtale hvilke virkningsmekanismer vi allerede kjenner, hvilke mulige kandidater vi i tillegg har ut fra velkjent teori, og hvilke spekulasjoner som gjøres innen dette fagfeltet idag.

Det er klart at økende kunnskap om virkningsmekanismer vil føre til sikrere vurderinger av hvilke observerte effekter som er relevante for folks helse. Likevel må ønsket om å forstå en effekt ikke bli så sterk at en nekter å godta effekten før en

skjønner den. Begge disse momentene bør vi ha i minne når vi vurderer biologiske virkninger av elektromagnetiske felt.

## 7.1 Generelle virkningsmekanismer

### *Statiske felt*

Statiske elektriske felt trenger ikke inn i en elektrisk ledende gjenstand, som f.eks. en menneskekropp. De fører til at ladninger trekkes ut til huden, og i enkelte tilfeller får vi også en generell oppladning av kroppen. Ladningene i huden og det elektriske feltet vi startet ut med, tiltrekker seg partikler i luften. På denne måten kan kroppen vår bli en slags støvsuger som fanger opp bakterier, virus og allergifremkallende stoffer fra luften, på samme måte som vi kjenner til at en fjernsynskjerm samler opp støv fra luften i hjemmene våre. Denne effekten vet vi finner sted i virkeligheten, men hvor viktig den er i praksis for infeksjoner og allergi er ikke klarlagt.

Statiske elektriske felt påvirker også ionebalansen i luften. Enkelte hevder at dette kan ha noe helsemessig virkning i tillegg til endring i støvavsetningen, men holdepunktene for dette er svake.

Dersom kroppen lades opp til omkring 3000 V eller mer, kan vi merke ubehagelige «støt». Støt av denne typen oppstår gjerne etter oppladning via gnidnings-elektrisitet som nevnt i "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4. I så fall er støtene vanligvis relativt svake, og vi antar at de ikke har noen skadelig virkning. I andre sammenhenger, f.eks. i såkalte elektriske yrker, kan støtene bli kraftigere (også ved kontakt med 50 Hz kilder). Nordensson og medarbeidere (1988) og Skyberg og medarbeidere (1993) holder muligheten åpen for at slike kraftige støt kan føre til kromosomskader i blodceller som passerer gjennom stedet der gnisten til kroppen går.

Statiske magnetfelt trenger praktisk talt uhindret inn i kroppen, og har derfor en helt annen grad av mulighet for påvirkning enn et statisk elektrisk felt. På den annen side er virkningen av magnetfelt på ulike partikler i kroppen ganske svak slik at det er vanskelig å oppnå effekter som er kraftigere enn de fluktasjonene som til enhver tid foregår i kroppen.

Et kraftig statisk magnetfelt kan føre til at positive og negative ioner i blod som beveger seg, blir skjøvet til hver sin side. Det påstås at endringer i EKG som observeres når pasienter undersøkes i en magnet-tomograf, skyldes denne effekten. Effekten opphører så snart pasienten er ute av det kraftige statiske magnetfeltet.

Statisk magnetfelt kan også virke gjennom induksjon på tilsvarende måte som et tidsvariabelt magnetfelt (se nedenfor). Dette skjer når vi roterer kroppen i et statisk magnetfelt, og når vi beveger oss sidelengs fra et sted til et annet hvis det statiske magnetfeltet ikke er like sterkt begge steder. De induserte elektriske spenningene avhenger av hvor meget og hvor fort den magnetiske fluksen gjennom gjenstanden endres. For folk i elektrolysehaller der det statiske magnetfeltet er kraftig (1000-10.000  $\mu\text{T}$ ), kan induserte elektriske spenninger idet en snur seg komme opp i samme verdi som ved eksponering til 10-100  $\mu\text{T}$  ved 50 Hz. Sidelengs bevegelse vil normalt gi enda mindre bidrag. Når en tar hensyn til at en snur seg relativt sjeldent gjennom en arbeidsdag, vil *middelverdien* for induserte spenninger for folk i en elektrolyse-hall tilsvare verdier på mindre enn 1  $\mu\text{T}$  ved 50 Hz.

Statiske magnetfelt har imidlertid en mulighet for å orientere magnetiske partikler i kroppen. Som nevnt i "*Gjeldende lovverk – ansvarlige myndigheter*" i kapittel 6 finnes magnetittkorn i magnetotaktiske bakterier, i bier, duer og mennesker. Jordens magnetfelt på om lag 50  $\mu\text{T}$  greier å rette inn slike korn når omtrent 10 korn kobles til en kjede. Omtrent 500  $\mu\text{T}$  ville kunne rette inn ett slikt korn alene. Anslag over den styrken på magnetfeltet som må til for å overkomme termiske fluktasjoner



i cellene må ikke tas for bokstavelig, idet regnestykket avhenger av en rekke detaljer vi ikke har tilstrekkelig kunnskap om. Dersom de magnetiske partiklene er koblet til enzymer, eller molekyler (porer) i membraner, har vi en mulig virkningsmekanisme for hvordan statiske magnetfelt kan gi en biologisk effekt. Det samme ville gjelde tidsvariable magnetfelt så sant disse har en frekvens innen visse grenser. Foreløpig vet vi ikke om naturen har utnyttet denne muligheten eller ikke.

Statiske magnetfelt kan videre påvirke naturens aller minste magneter, nemlig enkeltelektroner når de opptrer i såkalte radikaler (oftest svært kortlivet) og atomkjerner med et magnetisk moment, så som hydrogenkjernen. Feltet klarer da bare å få til en svak polarisering av disse elektronene eller kjernene. Det er imidlertid vist teoretisk at selv denne svake effekten av statiske magnetfelt kan tenkes å påvirke radikal-par reaksjoner (McLauchlan 1992). Her ligger muligheter for å forklare hvordan magnetfelt kan endre aktiviteten til hormon-reseptorer og enzymer. Foreløpig er det høyst uklart hvor viktig denne mulige virkningsmekanismen er i praksis. Det kan nevnes at radikal-par reaksjoner også kan tenkes å bli påvirket av 50 Hz magnetfelt, idet 50 Hz vil fortone seg som et nærmest statisk felt i den korte tiden hver enkelt reaksjon finner sted.

### *Tidsvariable felt*

Alle tidsvariable elektriske og magnetiske felt induserer elektriske spenninger i levende vev. Spenningene fører til elektriske strømmer i vevet. Blir strømmene store nok (strømtettheten stor nok, se "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4), vil det føre til at nervesignaler blir utløst eller at muskelceller aktiveres. Dette er vel dokumentert, og er en av de sikreste virkningene av elektromagnetiske felt vi kjenner for biologisk effekt. Det er dette som ligger bak de såkalte akutte effekter av feltene.

Induserte strømmer kan også føre til oppvarming av vev. Ved økende frekvens, som f.eks. ved 15 kHz i forbindelse med induksjonsloddning, vil vi anta at dette kan være et minst like stort problem som direkte eksitering av nervevev og muskelvev. Dette kommer av at nerver og muskler reagerer best på forstyrrelser grovt sett innen 10-1000 Hz. Ved lave frekvenser, så som 16 2/3 Hz og 50 Hz, vil oppvarmingseffekten som følge av induserte strømmer vanligvis være neglisjerbar sammenliknet med eksitering av nerver og muskler.

Ved svake elektriske og magnetiske felt vil induserte strømmer ikke komme opp i verdier som overskrider de verdiene som finnes i kroppen fra før (se "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4). For så svake felt er det foreløpig uvisst om virkningsmekanismer via induserte strømmer betyr noe i praksis. Siden induserte strømmer er viktig i diskusjon av enkeltarbeider, skal vi behandle dette emnet i litt mer detalj i neste avsnitt.

## **7.2 Spesielle hypoteser**

### *4.7.2.1 Induserte strømmer*

Som nevnt i "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4 vil tidsvariable elektriske felt føre til at det går en strøm gjennom kroppen. Strømstyrken er avhengig av feltstyrke, frekvens og ledningsevne i kroppen. Feltstyrken avhenger på sin side blant annet av grad av jording og hvordan kroppen forstyrrer feltet. Står vi under en kraftledning, kan det elektriske feltet være omkring 20 ganger så sterkt i hoderegionen som feltet ville vært dersom personen ikke stod der. Dette kaller vi en «spiss-effekt», idet elektriske felt nær en spiss i et ledende legeme vil være større enn rundt en mer avrundet flate. Spisseffekten brukes i lynavledere.

Som nevnt tidligere, vil et ytre statisk elektrisk felt ikke kunne gjenfinnes inne i en menneske-kropp. Lavfrekvente elektriske felt har derimot mulighet til å trenge inn. Feltet inne i kroppen blir likevel svært mye mindre enn det ytre feltet idet dempingsfaktoren er om lag  $10^{-8}$  ved 50 Hz (Polk 1986). Feltet trenger lettere inn etter som frekvensen øker.

Tar vi hensyn til de nevnte effekter, vil vi eksempelvis under en kraftledning med frekvens 50 Hz og et ytre vertikalt elektrisk felt på 10 kV/m, få et elektrisk felt inne i kroppen på en jordet person på ca. 10 mV/m og en total strømstyrke på ca. 100  $\mu$ A. Midlere strømtetthet gjennom ulike kroppstverrsnitt lar seg beregne til ca. 1 – 5 mA/m<sup>2</sup> (Kaune og Phillips 1980).

Tidsvariable magnetfelt inducerer elektriske spenninger og dermed strømmer på tvers av feltretningen i alle elektrisk ledende legemer. Spenningen rundt omkretsen av en flate på tvers av magnetfeltets retning er proporsjonal med arealet av flaten og tidsvariasjonen til magnetfeltets flukstetthet (dB/dt). For sinusvariable felt er størrelsen av denne tidsvariasjonen lik  $2\pi fB$ , dvs. proporsjonal med både flukstettheten og frekvensen.

Ved lave frekvenser skal det derfor (i likhet med elektriske felt) forholdsvis sterke magnetfelt til for å indusere strømmer som er akutt helsefarlige. Eksempelvis må det til et magnetfelt på om lag 2,4 T ved 50 Hz (brukt bare en periode på 0,02s) for å blokkere den elektriske impulsledningen i et hjerte (Silny 1985). Dette gir en spenningspuls i hjertets overflate av størrelsesorden 3-4 V.

Personer som oppholder seg rett under en kraftledning blir typisk utsatt for 50 Hz magnetfelt på om lag 5  $\mu$ T. Dette vil føre til induserte strømmer i kroppen med strømtetthet på ca. 0,01 mA/m<sup>2</sup> (Polk 1986). Vi ser altså at under en kraftledning vil induserte strømmer i kroppen på grunn av elektrisk felt være vesentlig mye større enn induserte strømmer som følge av magnetfeltene.

#### *Naturlig elektrisk aktivitet i celler og vev*

Mange vesentlige prosesser i levende celler er ledsaget av elektriske fenomener. Over de fleste cellemembraner, som er omlag 7 nm (syv milliontedels millimeter) tykke, ligger det normalt en selvprodusert elektrisk spenning på ca. 70 mV. Cellenes liv og en vesentlig del av kommunikasjonen mellom cellene er avhengig av denne spenningsforskjellen over membranen. Elektriske og magnetiske felt fra omgivelsene, som kan påvirke strukturer i cellemembranene eller forårsake elektriske spenninger og strømmer i kroppen, kan derfor tenkes på ulike måter å påvirke cellenes funksjon.

Siden spenningen over en cellemembran er ca. 70 mV og tykkelsen bare 70 nm, er det et svært kraftig statisk elektrisk felt på ca. 10 000 kV/m over membranen. Det er likevel misvisende å betrakte dette sterke feltet som noen form for sperre eller terskel i forhold til hvilke påtrykte felt som kan gi biologiske effekter. Det skyldes først og fremst at strømmer langs membranen vil kunne føre til betydelige spenningsforskjeller langs membranen til f.eks. en nervecelle. I tillegg er enkelte celler så lett eksiterbare at selv små elektriske forandringer er av betydning for cellens aktivitet. Det finnes celler i øyets netthinne som lett lar seg irritere av elektriske endringer. Dette er bakgrunnen for at magnetofosfener er relativt enkle å generere.

Ellers er generelt nerveceller og muskelceller de cellene i kroppen som er mest elektrisk påvirkelige.

#### *Naturlig magnetisk aktivitet i celler og vev*

Ledning av impulser gjennom nerver og muskelaktivitet m.m. er knyttet til elektriske fenomener, og de elektriske strømmene vil i sin tur forårsake magnetiske felt. Disse naturlig forekommende magnetfeltene kan beregnes omtrentlig ut fra strømstyrken gjennom cellenes ioneporer. Strømmene ligger i området  $1 \text{ pA} - 1 \text{ }\mu\text{A}$  avhengig av hvor stor struktur man betrakter (ref. av Woodbury 1965). Ut fra dette kan de lavfrekvente naturlig forekommende magnetfeltene anslås til å ligge i området opptil noen tidels  $\mu\text{T}$  i avstander av samme størrelsesorden som utstrekningen av en synapse ( $0,1 - 1 \text{ }\mu\text{m}$ ), og opptil et titalls  $\mu\text{T}$  i en avstand lik minsteavstanden mellom cellemembraner eller ioneporer ( $3 - 8 \text{ nm}$ ). Utenpå en menneskekropp vil disse magnetfeltene være sterkt dempet først og fremst pga. avstanden til kildene. Disse feltene inneholder frekvenskomponenter stort sett mellom  $1$  og  $3000 \text{ Hz}$ .

Det er mulig å avlese hva slags elektrisk og magnetisk aktivitet det er inne i kroppen ved å plassere måleprober utenpå denne. Mest kjent er bruk av elektroencefalogram (EEG), magnet-encefalogram (MEG), elektro-kardiogram (EKG), eller elektro-myogram (EMG). Registrering av disse elektriske og magnetiske signalene brukes i medisinen og i biologisk forskning som hjelpemidler til å diagnostisere sykdommer og til å forstå de aktuelle organenes funksjon. Gjennom sin egen aktivitet produserer altså kroppen selv en «bakgrunnsstøy» av elektriske strømmer med tilhørende elektriske og magnetiske felt. Den forårsaker strømtettheter i kroppen på mellom ca.  $1$  og  $100 \text{ mA/m}^2$ . Da det er forholdsvis små områder som er elektrisk aktive ad gangen, regnes den gjennomsnittlige strømtettheten å ligge i størrelsesorden  $1 \text{ mA/m}^2$  som tilsvarer en midlere elektrisk feltstyrke på ca.  $5 \text{ mV/m}$  (Bernhardt 1988). Lokalt kan både spenningsfelt og strømstyrker være vesentlig større. I selve de strukturene hvor strømmene dannes (synapser med ioneporer) kan strømtettheten gå opp i  $10 \text{ A/m}^2$ .

Tradisjonelt har man regnet med at biologisk respons på lavfrekvente felt har en terskelverdi, som skyldes at de for å ha noen virkning må overskride den kaotiske støyen av naturlig forekommende spenninger og strømmer som finnes i kroppen fra før. Dette samsvarer med at det innenfor frekvens-området opptil noen få kHz er vist at det kan oppstå enkelte biologiske effekter av felt som induserer strømtettheter i kroppen over ca.  $10 \text{ mA/m}^2$ , plagsomme effekter kan opptre over ca.  $100 \text{ mA/m}^2$  og antagelig helsefarlige effekter over ca.  $1 \text{ A/m}^2$ . Det er ikke funnet *akutte* biologiske effekter ved strømtettheter under  $1 \text{ mA/m}$  (IRPA/INIRC 1989).

#### *4.7.2.2 Samvirke eller kaos*

Vi vet at sterke elektriske og magnetiske felt gir akutte effekter som skyldes induerte strømmer i kroppen. Det har derfor vært nærliggende å anta at induerte strømmer også spiller rolle for langtidseffekter ved eksponering for svakere felt. Dette er selvfølgelig ikke nødvendigvis riktig, men hypotesen kan likevel være interessant å forfølge i litt mer detalj.

Vi vet at ved så svake felt som finnes nær en kraftledning, vil induerte strømmer i kroppen være mindre enn de naturlig forekommende elektriske strømmene i kroppen. Men er denne sammenlikningen helt relevant? Problemet er at kroppens naturlige strømmer varierer temmelig uregelmessig i tid og rom. Induserte strømmer har en helt annen synkronisering over tid og rom. Det er derfor utviklet hypoteser som dels tar utgangspunkt i matematiske modeller, dels i eksperimenter som viser at lavfrekvente felt under spesielle betingelser kan gi biologiske effekter selv ved eksponeringsnivåer som ligger under de terskelverdiene som nivået av kroppens eget bakgrunnsnivå antyder. Effektene det er snakk om omfatter endret ionetransport over cellemembraner, modifisering av biokjemiske prosesser involvert i

syntese av proteiner i cellene, og endringer i hormoners biorytmer. Slike forklaringsmodeller omfatter bl.a.:

- samordning av molekyler på celleoverflaten som skaper områder av samtidig elektrokjemisk aktivering (Adey 1981, 1993);
- resonansforhold som gjør at visse frekvenser og feltnivåer er mer effektive enn andre (Liboff 1985, Lednev 1991, Male og Edmonds 1990 ref. av Male 1992).

Muligheten for at vedvarende eksponering av polariserte koherente felt kan overstyre en kaotisk støy er utledet matematisk av Weaver og Astumian (1990). Hvorvidt slike effekter er virksomme i reelle situasjoner hvor levende organismer blir eksponert for lavfrekvente felt, er fortsatt et spørsmål som må avklares gjennom nøye kontrollerte eksperimenter.

#### 4.7.2.3 Kalsium

For snart et tiår siden ble det publisert arbeider som påstod at permeabilitet for kalsium ioner over cellemembraner endret seg ved eksponering til magnetfelt, men bare for spesielle frekvenser (Liboff 1985). Frekvensene tilsvarte merkelig nok de vi kan regne ut dersom vi bruker den såkalte cyklotron resonans formel i fysikken, som beskriver ladde partiklers bane i vakuum og et konstant magnetfelt. Effekten er derfor kalt cyklotron resonans effekten (Liboff 1985, Lednev 1991, Male og Edmonds 1990 ref. av Male 1992).

Fenomenet viser visse særegenheter, så som effekt bare ved 1., 3., 5. og 15. harmoniske av cyklotron-resonans frekvensen (men ingen av de mellomliggende), og en «pukkel» på responskurven mhp. styrken av det tidsvariable magnetfeltet. Effekten har vært vanskelig å reproducere i ulike laboratorier. Effekten viser seg eksempelvis ikke ved bruk av membraner med kunstig innpodede Ca-porer (Galt et al. 1993b). Det finnes også teoretiske arbeider som avviser en slik effekt (Halle 1988, Galt et al. 1993a). Som ledd i en forklaringsmodell har Liboff foreslått at (naturlige) Ca-porer har en helix-struktur med 15 vindinger.

Fordi Ca-ioner er viktige som intracellulære signalmolekyler kan det ikke utelukkes at en slik effekt under visse forhold kan ha biologisk eller til og med helsemessig betydning. Dersom effekten eksisterer i intakte flercellede organismer, skulle vi vente å finne den igjen f.eks. i form av påvirkning av de hvite blodcellenes evne til å bekjempe infeksjoner, men foreløpig er det stor usikkerhet om hvor reelle disse resonansforholdene egentlig er.

#### 4.7.2.4 Magnetitt

Naturlig forekommende magnetiske korn laget av magnetitt finnes innleiret i en del celler. I prinsippet vil slike magnetitt-aggregater opptre som kompassnåler. Dette er velkjent i de såkalte magnetotaktiske bakteriene nevnt tidligere. Spørsmålet er bare om magnetittkorn som finnes i mennesker, har noen betydning. Hos oss spekuleres det på om magnetitten kan være koblet til bestemte strukturer, f.eks. ionekanaler i cellemembranen, slik at et påtrykket magnetisk felt kan tenkes å påvirke cellens metabolisme og funksjon. For å utvikle tilstrekkelige krefter til å utøve en slik virkning, kreves det imidlertid forholdsvis sterke påtrykte magnetfelt, ved 50-60 Hz ca. 3 ganger jordens magnetfelt (Kirschvink og Kobayashi-Kirschvink 1992). I forhold til daglige eksponeringssituasjoner er dette derfor neppe noen virksom mekanisme, men man kan kanskje ikke se bort fra den i tilfeller hvor man finner klare fysiologiske effekter av feltstyrker som dem man har i kraftkrevende industri.

#### 4.7.2.5 Radikalpar hypotesen

Det er ikke publisert noen klar eksperimentell evidens for at lavfrekvente felt kan initiere kreft ved å indusere forandringer i cellens DNA-struktur. Tvert om taler flere forhold imot at en slik virkning skulle være mulig. En gruppe kjemiske forbindelser er imidlertid spesiell interessant her, nemlig frie radikaler, som er spesielt reaktive forbindelser og derfor ustabile, og som synes å spille en stor rolle i forbindelse med kjemisk carcinogenese. McLaughlan (1992) har påpekt at både statiske og tidsvariable felt vil kunne påvirke radikal-reaksjoner, selv ved feltstyrker som ikke induserer strømmer som overstiger den termiske elektriske støyen (ref. av Adey 1993). Via en slik mekanisme er det derfor en teoretisk mulighet for at lavfrekvente felt indirekte kan initiere kreft. I så fall skulle man også forvente at antioksidanter som ascorbin-syre (C-vitamin) og selen ville hemme prosessen.

Endring i reaksjonsrate for radikalpar reaksjoner kan tenkes å virke inn på en rekke enzymreaksjoner. Av dette er det mulig å tenke seg at det kan skje endringer i genaktivering og enzymaktiviteter som følge av påvirkning fra lavfrekvente felt. I så fall er det igjen mulig at disse feltene kan fremme (promovere) en latent kreft. Noen av de aktiverte genene er såkalte oncogener («kreftgener») (Goodman & Shirley-Henderson 1991) med genprodukter som stimulerer cellevekst. Dersom dette skjer i en kreftcelle, er det tenkelig at eksponeringen kan øke sannsynligheten for at cellen begynner å vokse og dele seg.

Elektriske vekselfelt (altså også induserte strømmer) kan påvirke ODC-aktiviteten. ODC er et enzym som bidrar i syntesen av såkalte polyaminer, en rekke stoffer som binder seg til DNA og er med på å regulere avlesningen av informasjonen i genene, og dermed bl.a. cellevekst. Kjente kreft-promotorer øker aktiviteten av ODC. Økt aktivitet av enzymet ODC kan derfor indikere at en kreftpromosjon er i gang (Byus et al. 1987). Det finnes imidlertid også stoffer som stimulerer ODC-aktiviteten, men ikke er kjent som kreft-promotorer. Økning av ODC-aktiviteten er derfor ikke noen entydig indikasjon på kreftfremkallende evne. Det er forøvrig også nylig (fra de samme forskerne) fremkommet resultater som viser hemming av ODC-aktiviteten under lignende eksponering som ovenfor. Terskelen for påvirkning av ODC-aktiviteten er funnet til 10 mV/m (ved 60 Hz). Dette tilsvarer et ytre uforstyrret elektrisk felt på ca. 10 kV/m for et jordet voksent menneske eller en magnetisk flukstetthet på flere hundre  $\mu$ T, eller enda høyere feltstyrker for barn. Noen umiddelbar forklaring på økt forekomst av kreft hos barn nær kraftledninger gir derfor ikke denne mekanismen.

#### 4.7.2.6 Melatonin

Som nevnt tidligere later det til at den nattlige økningen av melatonin-produksjonen kan hemmes av eksponering for tidsvariable magnetfelt. Som mulige angrepspunkter for magnetfelt-variasjoner er foreslått bl.a. øynene (Leask 1977, Olcese et al. 1988) og pinealorganet selv (Demaine og Semm 1985, Rudolph et al. 1988, Lerchl et al. 1991). Syntesen kontrolleres særlig av enzymet NAT (N-acetyl-transferase) som påvirkes av en gren av det sympatiske nervesystem. Begge steder ligger det mulige angrepspunkter for tidsvariable magnetfelt, fordi både reguleringen av NAT og aktiveringsmekanismen i synscellene i øyets netthinne har flere likhetspunkter med den PTH-avhengige reguleringen i bindevevceller.

I dyreforsøk har melatonin vist seg å kunne hemme utviklingen av brystkreft og til dels også føflekk-svulster (maligne melanomer) (ref. av Blask 1990). Det er også påpekt at melatonin er en antioksydant (som f.eks. selen og C-vitamin), og at denne egenskapen muligens er årsaken til hormonets krefthemmende evne. Det har derfor vært foreslått at lavfrekvente felt gjennom å hemme melatonin-produksjonen indi-

rette kan påskynde en kreftutvikling (Stevens 1987a). Det mangler imidlertid data som forteller om hvorvidt melatonin påvirker kreft hos mennesker.

### 7.3 Problemer med å definere dose

Som det går fram av "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4 er eksponering for statiske og lavfrekvente elektriske felt svært komplisert, f.eks. sammenliknet med eksponering som forekommer ved røyking, asbest og radon. Vi har mange forskjellige frekvenser, elektriske og magnetiske felt og kombinasjonen av begge. Iblant blir bare en hånd kraftig eksponert, iblant hele kroppen. Feltene kan føre til akutte effekter, men vanligvis ikke. Feltene har en retning, og de elektriske feltene påvirkes av kroppen selv, bl.a. om den jordet eller ikke. Feltene kan stå på i lange perioder, eller være bare brøkdeler av et sekund hver gang de forekommer.

I et slikt mylder av eksponeringer er det svært vanskelig å finne ut hvilke parametre som er viktige og hvilke ikke. Siden effektene er relativt svake, og mylderet av eksponerings-parametre så stort, blir oppgaven spesielt uhandterlig. Hva gjør en så i en slik situasjon?

Ved ioniserende stråling bruker strålevernet den antakelse at skadelig effekt er proporsjonal med hvor mye stråling kroppen har tatt imot. De regner da med at mye stråling i kort tid vil gi tilsvarende skade som lite stråling i lang tid. Vi sier at de opererer med en integrert dose (oppsamlet dose). Det diskuteres kraftig hvor riktig denne antakelsen er, men i mangel på en bedre modell er det denne såkalte lineære dose-respons sammenhengen som brukes ved utforming av tiltak i strålevernet. Modellen kan i alle fall vises å holde for moderat store stråledoser, men spørsmålet er først og fremst om den også kan brukes ved lave stråledoser.

Når det gjelder lavfrekvente felt er det enkelte eksperimenter som tyder på at en effekt øker med styrken på feltet eller ved at feltet varer over lang tid. Likevel er det såpass mange eksperimenter som ikke faller inn i et slikt mønster at det ikke er mulig å få en generell aksept på at vi kan bruke lineær dose-respons for f.eks. magnetfelt eksponering. Dette er problematisk selv om vi bare begrenser oss til f.eks. 50 Hz magnetfelt helkroppseksponering. I "*Forslag til tiltak*" i kapittel 8 kommer vi tilbake til dette problemet.

Det er mange måter en kan tenke seg å lage et eksponeringsmål på, eller en «dose». Den enkleste måten er å anta en lineær dose-respons sammenheng, og at vi kan bruke integrert dose. Ved epidemiologiske undersøkelser er dette ofte benyttet. I fall denne antakelsen er riktig, vil langvarig eksponering for svake magnetfelt kunne gi samme dose som kortvarig eksponering av sterke felt.

Ved diskusjoner om hvordan magnetfelt-eksponering helst bør angis, er det ellers følgende spørsmål som går igjen:

- Er det magnetfelt eller induerte strømmer som er av betydning?
- Er det frekvenser som er spesielt virksomme?
- Er det en nedre grenseverdi for hvilke felt som kan gi noen helsefare, og i så fall hvor stor er denne?
- Skal bare eksponering over en viss verdi telle?
- Har det noen betydning om feltet stadig varierer i tid, eller om det er temmelig konstant i tid?
- Er eksponering om dag og natt likeverdige?
- Er det forskjell på eksponering av barn sammenliknet med eksponering av voksne?

Det er hittil ingen gode svar på disse spørsmålene, men resultatene fra de epidemiologiske studiene gir i det minste noen holdepunkter for eksponeringer som muli-

gens kan bety noe for vår helse. Vi kommer tilbake til denne form for vurdering i de to neste kapitlene.

## 8 UTVALGETS VURDERINGER

### 8.1 Helsefare vurdert ut fra litteraturstudier

Som det går frem av "*Gjeldende lovverk – ansvarlige myndigheter*" i kapittel 6, er det stor usikkerhet knyttet til i hvilken grad relativt svake lavfrekvente elektromagnetiske felt kan føre til helseeffekter. Resultater fra de studiene som er gjort peker i litt ulik retning, og resultatene omhandler gjerne såvidt forskjellige systemer at de er vanskelige å sammenholde. Dette har påvirket utvalgets arbeid og vurderinger. I det følgende vil våre vurderinger bli presentert etter omtrent samme inndeling som brukt i "*Gjeldende lovverk – ansvarlige myndigheter*" i kapittel 6.

#### 4.8.1.1 Kreft

##### *Leukemi blant barn*

Leukemi rammer omtrent 4 av 100 000 barn årlig i vestlige industriland. I Norge betyr det at 30-40 barn får leukemi hvert år. Til sammenlikning kan det nevnes at det er totalt omkring 100-120 barn (alder 0-14 år) som får kreft hvert år her i landet.

Man vet lite om årsakene til leukemi. Det er ingenting som tyder på at det økte forbruket av elektrisitet i industriland har vært ledsaget av en parallell økning i den totale forekomst av barneleukemi (Olsen et al. 1993). Barneleukemi er imidlertid i utgangspunktet en sjelden sykdom, og det er relativt få barn som er bosatt nær kraftledninger. Derfor kan man ikke utelukke at feltene øker risikoen for leukemi ved å vise til at nasjonal forekomst av leukemi blant barn ikke har økt.

De nordiske barnekreftstudiene benytter relativt komplette kreftregistre og gode befolkningsregistre med unike personidentifikasjonssystemer. Dette gjør det lettere å finne representative kontroller og det reduserer risikoen for frafall fra undersøkelsene. Den svenske studien (Feychting og Ahlbom 1993) er sannsynligvis den beste hittil. Den har pålitelige eksponeringsdata, men en svakhet er at det er få leukemifeller totalt som er med i studien. Den beregnede økte risiko for barneleukemi baserer seg på syv leukemifeller i tiden 1960-1985 (mot forventet 2,6) i bolig med magnetfelt over 0,2  $\mu$ T.

De metodologiske svakhetene som studiene før 1992 led under, medfører at det er vanskelig å trekke sikre konklusjoner fra disse (tabell 6.1). Kontrollpersonene var ofte ikke helt sammenlignbare med pasientene (ikke-representative kontroller). Dette kan ha ført til at den relative risiko er underestimert, det vil si at den relative risiko kan være høyere enn resultatet av studiene tilsier. I tillegg hadde studiene ofte stort frafall, dvs. at det ikke var mulig å følge opp undersøkelsespersonene (NRPB 1992). Man skal ellers merke seg at den høyeste risiko ble funnet når man brukte strømkonfigurasjon ved bolig som eksponeringsmål. Dette kunne tyde på at strømkonfigurasjon var et bedre mål på historisk eksponering for magnetfelt enn de andre målene (avstand og målte magnetfelt). De senere nordiske studiene, spesielt den svenske, ser ut til å bekrefte nettopp dette.

I Norden mener vi at de som bor nær kraftledninger ikke har levevaner som avviker mye fra andre, verken når det gjelder kosthold, røykevaner eller arbeidsmiljø. Når de nordiske studiene viser en økning i leukemirisiko i nærheten av kraftledninger, peker dette derfor i retning av at det virkelig er eksponeringen knyttet til kraftledninger som øker risikoen.

Muligheten for at det finnes forvekslingsfaktorer kan ikke utelukkes, men man kjenner ikke til andre ytre faktorer som fører til leukemi hos barn, med unntak av ioniserende stråling.

I forbindelse med de tidlige amerikanske studiene ble det hevdet at kraftledningene der ofte gikk langs trafikkerte veier. Det ble derfor hevdet at forurensinger fra trafikken kunne være en mulig forklaring på økt forekomst av leukemi. I Feychting og Ahlboms undersøkelse (1993) ble det funnet at trafikkforurensing ikke samvarierte like godt som gjennomsnittsnivå for magnetfelt med økt forekomst av leukemi. Det er heller ikke vist at leukemi forekommer hyppigere i områder med stor trafikkforurensing enn i renere områder. Totalt sett mener utvalget derfor at trafikkforurensing ikke synes å kunne forklare den økte forekomsten av leukemi blant barn som vokser opp nær kraftledninger.

Relativ risiko (RR) varierer mellom 0,3 og 3,0 i barneleukemistudiene. Doll's samleanalyse av studiene før 1993 viste en RR på 1,4 (NRPB 1992), og Ahlbom's samleanalyse (Ahlbom et al. 1993) av de tre nordiske studiene i 1993 ga en RR på 2,1. Ut fra disse tallene vil utvalget anta at den relative risiko kan ligge i underkant av 2.

#### *Leukemi blant voksne*

En samlet vurdering av tilgjengelige data antyder en økning av risikoen for leukemi i elektriske yrker. I disse studiene er mulighetene for alternative forklaringer store. Sammenholdt med noe sparsomme epidemiologiske data som foreligger, er det i dag ikke mulig å peke på den faktor som skulle forklare en eventuell økt kreftrisiko i elektriske yrker. Andre påvirkninger i disse yrkene kan være av like stor betydning, så som løsemidler, oljer med innhold av polyklorerte bifenyler (PCB), tjærestoffer, ugressmidler m.m. Det er altså en rekke faktorer sammen med elektromagnetiske felt som er mulige årsaker til økt forekomst av leukemi blant voksne.

Et problem er den manglende konsistensen når det gjelder hvilke leukemiformer det er vist økt forekomst av. Noen har vist økning av akutt myelogen leukemi, andre av kronisk lymfatisk leukemi. Ofte er økt forekomst av leukemi fulgt av samtidig redusert forekomst av lymfom. Dette kan skyldes ulike diagnostiske prosedyrer. Det er eksempler på at en vurdering av disse kreftformene sett under ett, ikke viser økt forekomst.

Nyere leukemistudier blant yrkesutsatte har hatt bedre eksponeringsdata enn de tidligere. Noen har foretatt målinger av magnetfelt ved hjelp av personbårne dosimetre, andre har gjort beregninger basert på stasjonære korttids eller langtidsmålinger og beskrivelser av hvordan de enkelte yrkeskategorier jobber. De nyere studiene har i liten utstrekning gitt støtte til antagelsene om at magnetfelt har effekt. Flere studier har ikke vist slik assosiasjon. Unntak er en svensk og en fransk-canadisk studie som har vist en assosiasjon mellom målte magnetfelt (dosimeter) og forekomsten av henholdsvis kronisk lymfatisk leukemi og akutt non-lymfatisk leukemi.

#### *Kreft i sentralnervesystemet*

Det finnes bare én nyere studie som har vist statistisk signifikant risikoøkning for hjernesvulst hos barn med kort målt avstand til høyspentledning. Avstandsmålet var imidlertid heller usikkert (Tomenius 1986). Likevel er det en del konsistens i data også når det gjelder kreft i sentralnervesystemet og bosted nær kraftledning. Fram til 1992 ble økning i hjernesvulst blant barn som vokser opp nær kraftledninger, regnet som minst like veletablert som økning i leukemi. Den nye svenske undersøkelsen (Feychting og Ahlbom 1993) viste imidlertid ingen sammenheng mellom risiko



for hjernesvulst og beregnet magnetfelt. Av denne grunn er kreft i sentralnervesystemet hos barn for tiden mindre vektlagt enn leukemi.

Det finnes studier som antyder en økt risiko for hjernesvulst hos barn av fedre som hadde høy yrkeseksponering. Voksenkreftstudiene gir ikke noen støtte til at magnetfelt i bomiljøet er en risikofaktor for hjernesvulst, men det er gjennomført for få gode studier til at man kan trekke sikre konklusjoner. De publiserte epidemiologiske yrkes-data kan tyde på økt forekomst av hjernesvulst for arbeidstakere i elektriske yrker, men disse yrkesgruppene kan også være utsatt for andre skadelige forhold.

#### *Andre former for kreft*

Få studier har vist sammenheng mellom andre former for kreft og eksponering for elektriske og magnetiske felt. Det er først og fremst brystkreft som er av interesse i denne sammenheng. Noen få epidemiologiske studier antyder at det kan være en sammenheng mellom brystkreft og lavfrekvente felt. Usikkerheten er imidlertid stor, og flere studier trengs for å kunne trekke rimelig sikre konklusjoner.

#### *Dyre- og cellestudier*

Som det går frem av "*Innledning*" i kapittel 6.1, er det gjennomført en rekke studier på dyr og celler for å studere om og hvordan elektriske og magnetiske felt kan påvirke utvikling av kreft. Resultatene fra disse studiene spriker imidlertid mye. Flertallet av studiene viser ingen statistisk signifikant effekt av felt på de parametrene som er studert. Noen resultater tolkes dit at feltene synes å virke hemmende på utvikling av kreft, og andre resultater indikerer at feltene virker stimulerende. I tillegg står vi ovenfor det generelle problem å trekke slutninger fra dyre og cellestudier til mennesket.

Følgen er at dyre og cellestudier hittil har bidratt lite til å avklare hvorvidt elektriske og magnetiske felt virkelig kan fremme utvikling av kreft hos mennesker.

#### *Kommentarer til sammenlikning av ulike eksponeringsforhold*

Det er klart at de mest ekstreme eksponeringer for elektromagnetiske felt forekommer i industrien. På den annen side er det ikke alltid samsvar mellom våre forestillinger om arbeid og eksponering og de virkelige forhold. I "*Praksis og strategier i andre land*" i kapittel 4 ble det gjort et forsøk på å beskrive den eksponering som forekommer i hjem og arbeid. Tallene der er gitt med mange forbehold. Når alt kommer til alt, er det ofte de mest ekstreme felt som gis i slike oversikter, gjerne felt som arbeidstakerne utsettes for få dager i året og som attpåtil er såpass lokale at kun deler av kroppen blir utsatt for denne eksponeringen. Vi har forsøkt å gi denne tilleggsinformasjonen ved å skille mellom tre ulike eksponeringsforhold, slik det er gjort i figur 4.3 og 4.4 (skiller mellom eksponering over hele kroppen eller bare deler av den, eksponering mange timer hvert døgn eller bare korte perioder).

Dette har følger for hvordan vi oppfatter resultater fra epidemiologiske studier av kreft f.eks. for arbeidere i såkalte «elektriske yrker». En større undersøkelse er nettopp publisert med opplysninger om hvilke eksponeringer arbeidere i kraftselskap (eng.: electric utility work) utsettes for (Sahl et al. 1994). Studien ble gjennomført i Los Angeles, USA. Den gruppen arbeidstakere som var *mest* eksponert («electricians») hadde en middelværdi på 2,1  $\mu\text{T}$  og medianverdi på 0,37  $\mu\text{T}$  i løpet av arbeidsdagen. Dette er lavere gjennomsnitts-eksponering enn for folk som bor tett

ved store kraftledninger i Norge, til tross for at dette var den mest eksponerte yrkesgruppen blant de «elektriske yrker» som inngikk i studien til Sahl og medarbeidere.

Eksponeringen i en rekke andre yrker er helt klart høyere enn det Sahl fant blant elektrisitarbeiderne i California. Likevel er nivået for eksponering ofte lite kartlagt f.eks. blant smelteverkarbeidere i Norge. Punkt-målinger kan være gjennomført, men bruk av personbårne måleinstrumenter ville gitt et mer korrekt bilde i de fleste situasjoner. I de tilfeller at eksponeringen er svært lokal, f.eks. for sveisere, er det imidlertid vanskelig å få et godt eksponeringsmål nesten uansett hvilken fremgangsmåte som velges. Når en i tillegg ikke kjenner dose-respons sammenhengen, er ofte utgangspunktet svært mangelfullt når epidemiologiske undersøkelser av yrkesrelatert kreft gjennomføres. Det er derfor forståelig at resultatene hittil spriker en god del.

#### 4.8.1.2 Abort og fosterskader

##### *Epidemiologiske studier*

Når det gjelder risiko for spontanabort har det særlig knyttet seg bekymring for de spesielle feltene som dannes omkring dataterminaler. En stor amerikansk studie som ble publisert i et fremtredende medisinsk tidsskrift i 1989 viste ingen tendens til sammenheng mellom bruk av dataterminal og risiko for spontanabort (Schnorr et al. 1989). Dette ble av mange tolket som en endelig avkreftelse av en mulig sammenheng. En samlet analyse av rapporter fra før 1991 viser heller ingen tendens til sammenheng (Parazzini et al. 1993) og denne statistiske analysen viser også at det er svært lite sannsynlig at en eventuelt øket risiko for spontanabort ved bruk av dataterminal er større enn 20%. Ingen av disse tidligere studiene har imidlertid målt magnetisk feltstyrke. Dette ble gjort i en nyere finsk studie (Lindbohm et al. 1992). Her finner man en tendens til sammenheng mellom magnetisk feltstyrke og risiko for spontanabort blant de som brukte dataterminal. Det var imidlertid ikke forskjell i risiko mellom de som brukte og de som ikke brukte dataterminal. Dette resultatet er litt vanskelig å tolke. Studien har vakt en del oppmerksomhet i forsker-kretser, og en rekke svakheter er blitt påpekt både når det gjelder bestemmelse av eksponeringsnivå (dose) og utvalg av arbeidstakere som er inkludert i studien. Funnene fra studien bør derfor bekreftes i andre uavhengige studier før en sammenheng mellom abortrisiko og styrke på magnetfelt fra skjermterminaler er sannsynliggjort.

De studiene som har vært gjort av elektriske og magnetiske felt knyttet til andre vanlige elektriske installasjoner og risiko for spontanabort gir heller ikke grunnlag for noen sikre konklusjoner, og grunnlaget for å tenke seg en sammenheng er svakt. Den sesong-variasjonen i abortforekomst hos kvinner som benytter elektrisk oppvarmede senger som ble funnet av en gruppe amerikanske forskere (Wertheimer og Leeper 1986, Wertheimer og Leeper 1989) kan ha mange alternative forklaringer og trenger ikke skyldes elektriske eller magnetiske felt. Den finske studien som fant noe sterkere magnetiske felt i hjemmene til kvinner hvor man hadde registrert tidlige aborter (Juutilainen et al. 1993) har også svakheter. Sammenhengen var bare såvidt statistisk signifikant. Studien er foretatt på kvinner som opprinnelig meldte seg som frivillige til en annen studie. Felles for dem var at de ønsket å bli gravide. Den typen tidlige svangerskapsavbrudd som ble studert er ikke uvanlige og skjer i nærmere en tredjedel av alle påbegynte svangerskap. Pasient-kontroll design benyttes vanligvis i forbindelse med sjeldnere sykdommer, og virker noe søkt i denne situasjonen. Fremtidige studier bør imidlertid følge opp denne studiens forsøk på å måle feltstyrke samt registrere spontanabort på en objektiv måte.

Den lange serien av studier av spontanabort og forskjellige kilder til elektriske og magnetiske felt, spesielt dataterminaler, som ikke har funnet noen tendens til

sammenheng indikerer at en sammenheng er lite sannsynlig. Noen nyere finske studier antyder imidlertid en sammenheng, men disse studiene har svakheter. Det er derfor et behov for nye, større studier av abortrisiko og magnetiske felt der både utfallene (spontanabort) og eksponeringsdose (magnetisk feltstyrke) registreres mer presist dersom disse spørsmålene skal bli avklart.

Grunnlaget for å frykte en sammenheng mellom elektriske og magnetiske felt og risiko for medfødte misdannelser er ikke stort, og de fleste studiene som finnes viser ingen sammenheng. De fleste studiene dreier seg om bruk av dataterminaler, men dersom man ser disse studiene samlet er det ingen tendens til sammenheng (Parazzini et al.1993). Studier av elektrisk oppvarmede senger og risiko for medfødte misdannelser viser heller ingen tegn til sammenheng (Milunsky et al.1992; Dlugosz et al.1992). En enkeltstående fransk studie har sett på nærhet til høyspentledninger og risiko for medfødte misdannelser (Robert 1993). Man fant ikke noen sammenheng bortsett fra en mulig lavere forekomst av skjelett- og hjertemisdannelser i nærheten av høyspentledningene. Denne forfatteren nevner at en slik nedsatt risiko teoretisk sett kan forklares ved en forhøyet abortrisiko for misdannede barn i nærheten av høyspentledninger. Samlet sett gir det foreliggende epidemiologiske materialet svært liten grunn til å frykte at elektriske og magnetiske felt gir forhøyet risiko for medfødte misdannelser.

Det finnes ikke tilgjengelig epidemiologiske studier av mødre som arbeider under sterke elektriske og magnetiske felt, for eksempel i elektrolysehaller, og deres risiko for å få barn med misdannelser. Antall kvinner i slike yrker har antagelig vært for lavt til at studier av slike sjeldne tilstander har latt seg gjøre.

Indikasjonene på at eksponering for elektriske eller magnetiske felt fører til genetiske skader i neste generasjon er relativt svake. Studier av barn av fedre med såkalte elektriske yrker har vært brukt for å finne indirekte tegn på slike effekter. Både når det gjelder kjønnsratio og forekomst av medfødte misdannelser tyder studiene samlet sett ikke på noen sammenheng. Det finnes studier som antyder at kromosomskader kan oppstå hos fedre som har yrker med høy eksponering, men andre forhold som kan gi genetisk skade (for eksempel røking) er ikke blitt tatt tilstrekkelig hensyn til i disse studiene. Dette gjelder også for studiene av risiko for kreft i neste generasjon.

### *Dyrestudier*

Eksperimenter på mus, rotter og hønseegg viser iblant indikasjon på at lavfrekvente felt kan påvirke fosterutvikling, bl.a. gi misdannelser. Antall studier av denne typen er imidlertid ikke stort, og det har vist seg vanskelig å oppnå samme resultat i flere uavhengige laboratorier. Et av problemene er å få identiske dyrestammer.

Resultatene fra dyrestudiene kan vanskelig brukes til støtte (eller det motsatte) for at lavfrekvente felt kan medføre aborter eller fosterskader hos mennesker.

#### *4.8.1.3 Adferd*

##### *Depresjon og selvmord*

Når man skal foreta en samlet vurdering av de omtalte epidemiologiske undersøkelsene på dette området, må det understrekes at hver enkelt av dem har åpenbare svakheter. Dette gjelder diagnostikk, utvalg av kontrollgruppe, og mål på styrke av elektriske og magnetiske felt. Det er også vanskelig helt å utelukke at bevisstheten om å bo nær kraftledning kan ha innvirket dels på stemningsleiet, dels på måten å svare på i enkelte undersøkelser (men ikke alle). Hver enkelt undersøkelse sett isolert har derfor begrenset beviskraft.

Ser man alle undersøkelsene under ett, er det likevel en tendens i resultatene. Av de syv refererte undersøkelsene (fra fire forskjellige forskningsgrupper) peker fem i samme retning, nemlig av at det å bo i hus eller leilighet med relativt høy magnetfeltstyrke (i forhold til vanlig gjennomsnittseksposering i boliger) er assosiert med økt risiko for depresjon og selvmord. Det er nødvendig med bedre epidemiologiske undersøkelser for med større sikkerhet å si om det er noen slik sammenheng.

Det er interessant at det finnes enkelte eksperimentelle studier som muligens kan koples til en eventuell økt risiko for depresjon og selvmord ved eksponering for elektromagnetiske felt. De eksperimentelle studiene indikerer at feltene kan påvirke hjernens omsetning av de viktige signalsubstansene melatonin, dopamin og serotonin. Hos endel pasienter med alvorlig depresjon, av den typen som regnes inn under manisk-depressiv lidelse, er det påvist lavt innhold av visse stoffer i spinalvæsken som kan tyde på lav omsetning av de viktige transmitterne serotonin og dopamin. Spesielt er det en sammenheng mellom lav omsetning av serotonin og risiko for alvorlig selvmordsforsøk. (Dette gjelder forøvrig ikke bare ved manisk-depressiv lidelse, men også i forbindelse med lidelser som schizofreni og alvorlig personlighetsforstyrrelse). Lav omsetning av serotonin viser også en sammenheng med karaktertrekk som aggressivitet og impulsivitet.

Når det gjelder melatonin, er det også noen som har funnet nedsatt dannelselse av dette hormonet ved visse depresjoner, men disse funnene er vanskelig å tolke, siden vi vet relativt lite om melatoninets funksjon hos mennesket.

Slike virkninger av elektromagnetiske felt på hjernens stoffskifte, spesielt virkningen på serotonin, kan altså gi en teoretisk forklaring på en mulig sammenheng mellom elektromagnetiske felt (kanskje særlig magnetfelt) og en økt risiko for depressive reaksjoner og selvmordsatferd. Det må imidlertid understrekes at dette foreløpig dreier seg om hypoteser. Det gjenstår f.eks. å vise at de feltstyrker som er relevante i forbindelse med økt depresjonsrisiko, kan fremkalle tilsvarende forandringer i hjernens stoffskifte hos menneske som i dyreforsøk.

#### *Døgnrytme, hormoner*

De publiserte arbeider som omtaler døgnrytme og påvirkning av hormoner så som melatonin, finner utvalget meget interessante. Foreløpig er resultatene svært sentrert rundt Reiter's gruppe i Texas, slik at det ville være en fordel at flere uavhengige laboratorier kunne stadfeste noen av funnene som foreligger.

Dersom det virkelig uomtvistelig kan påvises at moderate eksponeringer for elektriske eller magnetiske lavfrekvente felt faktisk påvirker døgnrytmen i melatoninproduksjonen hos mennesket, vil det ha implikasjoner på flere plan. Vi har allerede nevnt påvirkning av hormoner og signalsubstanser kan virke inn på sinnstilstand (depresjon). I tillegg kommer mulighetene for at melatonin kan virke inn på utvikling av enkelte kreftformer. Dersom eksponering av felt virkelig påvirker døgnrytme, kan det hende at eksponering visse tider på døgnet er viktigere enn andre tider. Dette er en mulighet som en bør ta hensyn til når ulike eksponeringsforhold angis og vurderes mot hverandre.

#### *4.8.1.4 Sansing, hudproblemer, «el-allergi»*

Ut fra eksisterende forskning er det ingen tvil om at særlig sterke lavfrekvente felt, såvel elektriske som magnetiske, medfører reaksjoner i kroppen som gjør det mulig å føle at feltene er til stede. Grensen for hvilke felt som må til for å kunne «føle» dem, er individuelle, men de mest følsomme kan helt sikkert føle et 50 Hz magne-

tisk felt på noen få mT og et 50 Hz elektrisk felt på noen få kV/m (elektrisk felt føles da gjerne fordi feltet får hår til å vibrere).

Felt nær en dataskjerm er svært mye mindre enn disse verdiene. Enkelte personer mener likevel at de kan føle feltene fra dataskjermen og at huden ragerer på feltene.

Undersøkelsene av hudreaksjoner i nærvær av felt fra en dataskjerm har ikke slått fast at følsomme personer virkelig påvirkes av feltene fra dataskjermer. De fleste undersøkelsene har ikke kunnet påvise noen statistisk signifikant endring av hudrespons med elektrisk eller magnetisk felt fra dataskjerm. Dette gjelder såvel studier av personer i vanlig arbeids-omgivelser som spesielle «provokasjonsstudier». Noen få provokasjonsstudier viser imidlertid høy, nesten statistisk signifikant forekomst av symptomer fra hud blant eksponerte sammenlignet med ikke-eksponerte. Disse studiene gjør at det er vanskelig å trekke sikre konklusjoner.

Flere undersøkelser tyder på at selv om elektriske eller magnetiske felt muligens virker inn på hudproblemer, så er det andre faktorer som kan være minst like viktige. Trivsel på arbeidsplassen, arbeidstid nær dataskjerm, elektriske felt i rommet forøvrig og belysningsforhold kan muligens alle spille en rolle for hudreaksjonen eventuelt i tillegg til feltene fra skjermen. Det er ikke mulig idag å tallfeste hvor viktig de ulike faktorene er.

Hudproblemer i forbindelse med arbeid ved dataskjerm kan forventes å gå ned de nærmeste årene *dersom* reaksjonene skyldes statiske eller lavfrekvente elektriske eller magnetiske felt. Dette skyldes at flere og flere dataskjermer blir av den såkalte «lavstråletypen» og at feltene da er redusert i forhold til tidligere skjermer.

Når det gjelder «el-allergi» eller «el-overfølsomhet» generelt, er tilgjengelige forsknings-resultater foreløpig så sparsomme at utvalgets konklusjon må bli temmelig vag. En rekke individuelle beretninger som foreligger kan være interessante nok som eventuell inspirasjonskilde for forskning, men beretningene har ikke tilstrekkelig beviskraft vitenskapelig sett. Dette kommer av at beretningene ikke baserer seg på dobbelt blind forsøk, og derfor lett kan være utslag av den såkalte «placebo-effekten» i en eller annen form, eller av psykosomatiske forhold.

I noen få tilfeller er det gjort forsøk på å stadfeste «el-overfølsomhet» gjennom godt gjennomførte eksperimenter, men resultatene har med få unntak vært negative. Det er følgelig et faktum at:

1. «El-overfølsomhets»-reaksjoner forekommer relativt reproduserbart når pasienten kjenner til hvorvidt feltene er til stede eller ikke.
2. Reaksjonene følger stort sett ikke feltene i kontrollerte dobbelt blind forsøk.

Av dette trekker utvalget den slutning at reaksjonene i all vesentlighet synes å måtte klassifiseres som psykosomatiske reaksjoner. Det betyr ikke at utvalget utelukker at «el-overfølsomhet» i en del tilfeller kan ha opphav i elektromagnetiske felt, men det er ikke vitenskapelig dokumentert. På den annen side indikerer forskningsresultatene at pasientens forventninger og vedkommendes oppmerksomhet på plagene synes å forverre situasjonen, dersom den først har begynt.

Spørsmålene som knytter seg til overfølsomhet for elektromagnetiske felt har av enkelte blitt knyttet sammen med overfølsomhet for amalgam (kvikksølvholdig tannfyllingsmateriale). Enkelte hevder at elektromagnetiske felt kan føre til økt frigjøring av kvikksølv fra slike plomber. Dette er forhold som ikke er vitenskapelig dokumentert pr. i dag.

#### 4.8.1.5 Akutte effekter

Folk flest utsettes ikke for elektriske og magnetiske felt som er sterke nok til å framkalle akutte effekter. I industrien derimot finnes det enkelte arbeidssituasjoner som kan medføre slike virkninger. Som eksempel kan nevnes at elektriske utladninger som følge av sterke elektriske felt kan medføre forbrenninger og eventuelle kromosomskader i enkeltceller. Et annet eksempel er at sterke nok magnetiske felt fører til at nervesignaler utløses, med påvirkning av muskler og med muligheter for obserivering av magnetofosfener.

De mest ekstreme eksponeringene finner vi kanskje i smelteverk, elektrolyseverk, ved sveising, ved induksjonsloddning, og ved testing av høyspenningsutstyr. Eksponeringen nærmer seg imidlertid et nivå som gir akutte effekter bare i spesielle og sjeldne arbeids-situasjoner. I vanlige daglige arbeidsrutiner forekommer vanligvis ikke dette. Unntak fra denne generelle regelen måtte i tilfelle være tilfeller der eksponeringen er svært lokal (f.eks. ved induksjonsloddning). Kun detaljerte studier vil kunne avgjøre hvorvidt akutte effekter inntreffer eller ikke i slike situasjoner.

Enkelte av de ekstreme eksponeringene er vanskelige å unngå, andre langt enklere. Likevel er det ikke alltid at bedriften eller flertallet av arbeidstakerne er særlig opptatt av feltene, og i praksis blir derfor ofte lite gjort med eksponeringen selv om den med enkle midler kunne vært redusert betydelig.

De foreslåtte grenseverdier (se f.eks. undervedlegg 1) tar sikte på å unngå akutte effekter. Idag er det i disse forslagene lagt inn detaljer om eksponeringstid og hvilke deler av kroppen som eksponeres. Likevel har forslagene til grenseverdier begrenset verdi fordi de delvis bygger på hypotetiske forutsetninger. Det er nemlig ikke sikkert hvor skadelig det er at felt kan utløse nervesignaler og muskelkontraksjoner, og hvorvidt denne skaden blir større og større jo lengre eksponeringen varer. Det er heller ikke kartlagt i hvor stor grad skaden avhenger av hvilken del av kroppen som er eksponert. Forslagene til grenseverdier kan derfor på lengre sikt vise seg å ikke være strenge nok eller ikke differensiere tilstrekkelig.

Konsekvensene ved å innføre grenseverdier i Norge på linje med forslagene fra IRPA (se vedlegg 1), vil antakelig bli små. Få eksponeres for høyere felt enn grenseverdiene som nå er foreslått. Grenseverdier vil likevel kunne virke motiverende for å eliminere ekstreme eksponeringer. Konsekvenser ved innføring av grenseverdier må utredes i større detalj enn det utvalget har gjort, dersom en skulle ønske å vurdere denne muligheten nærmere.

#### 4.8.1.6 Andre effekter

##### *Benheling, regenerering av nerver*

Det er relativt godt dokumentert at eksponering for relativt kraftige magnetfelt kan føre til endret vekst, f.eks. i benvev og ved regenerering av nerver. Begge disse forhold kan ansees som positive effekter for kroppen. Magnetfelteksponering (vanligvis pulsede felt) er da også med hell blitt benyttet i klinikken for å påskynde benbrudd som har vanskelig for å gro. Kan det da hende at magnetfelt generelt sett har en mer positiv enn en negativ helseeffekt?

Vi har ikke noe svar på dette spørsmålet, men kan bare henviser til at i visse sammenhenger, f.eks. barn nær kraftledninger, er økt forekomst av sykdom assosiert med økte felt. Det er forøvrig ikke nødvendigvis noe motsetningsforhold mellom økt forekomst av kreft og heling av beinbrudd. I begge tilfeller forekommer nemlig endring i vekst av celler; i det ene tilfelle økt vekst av kreftceller, i det andre tilfelle av benceller.

### *Kalsium ( $Ca^{++}$ )*

Det er svært interessant at lavfrekvente magnetfelt av moderat styrke synes å kunne påvirke kalsium-reguleringen i celler. Kalsium er nemlig en viktig signalsubstans i flere av cellenes aktiviteter. Det er imidlertid vanskelig å forutsi hva endringer i kalsiumregulering på cellenivå vil føre til av helseeffekter i en hel organisme.

Forsøk på dyr og celler som viser at magnetfelt kan virke inn på kalsium-permeabilitet o.l. har fremfor alt to viktige implikasjoner. For det første kan disse forsøkene kanskje hjelpe oss å forstå hvordan og hvilke magnetfelt som kan føre til reaksjoner i kroppen. For det andre minner eksperimentene oss om at magnetfelt synes å kunne gi effekter selv i tilfeller der induserte elektriske strømmer er mindre enn de som vanligvis finnes i kroppen. Det at flere laboratorier nå hevder å ha relativ god reproducerbarhet i sine kalsium-eksperimenter, tolker vi som en støtte til at moderate magnetfelt faktisk har biologiske virkninger, selv om vi ikke skjønner hvordan dette skjer.

### *Magnetitt, radikalpar*

Eksperimentelle studier og teoretiske betraktninger angående magnetitt og radikalpar, er i øyeblikket umulig å koble direkte til helsefare for mennesker. Arbeidene er likevel interessante idet de har potensiale til å forklare hvordan magnetfelt kan virke i kroppen på annet vis enn via indusering av elektriske strømmer.

### *Immunologi, transkripsjon av gener*

Forsøk hittil kan ikke sies å ha vist at elektriske eller magnetiske felt fører til endringer i immunrespons eller endring i transkripsjon av gener. Enkelte eksperimenter kan tydes i denne retning, men andre eksperimenter viser ingen effekt. Fremtidig forskning i denne retning, bl.a. ved bruk av genteknologi, har store potensialer. Blant annet vil de kunne gi interessante opplysninger om hvorvidt elektromagnetiske felt kan føre til en slik forstyrrelse i avlesning av arvematerialet at enkelte celler kan utvikle seg til kreftceller.

### *Hjerte, hjerne*

En rekke studier tyder på at sterke magnetfelt (over 10 mT), såvel statiske som lavfrekvente, kan ha virkning på hjerteaktivitet, blodsirkulasjon og hjerneaktivitet. Dette faller sammen med akutte effekter beskrevet tidligere, i det minste for lavfrekvente felt.

## **8.2 Estimat av risiko**

Det er velkjent at statistiske metoder kan brukes på en misvisende måte for å skape et bestemt inntrykk. I det følgende vil vi vise hvordan et bestemt tallmateriale kan gi opphav til to svært forskjellige fremstillinger.

Utvalget har vurdert det slik at det først og fremst er for leukemi blant barn det er mulig å gi et mål for økt risiko i forbindelse med oppvekst nær kraftledninger, og dermed også eksponering for elektromagnetiske felt. Vi har derfor tatt utgangspunkt i ulik risiko blant barn for å få et bredest mulig bilde av hva den økte risikoen egentlig innebærer.

Analysen tar utgangspunkt i Statistisk Årbok 1993 med tall som viser Norges befolkning fordelt på aldersgrupper, tabeller over dødsårsak m.m., informasjon fra Trygg Trafikk og Statistisk Sentralbyrå over antall barn skadet i trafikken, samt

informasjon fra Kreftregisteret over fordeling av kreft blant barn. For det meste er tallene basert på oppgaver for året 1991.

#### 4.8.2.1 Kollektiv risiko

Den første måten å presentere risiko på er å angi *antall tilfeller* av død og skade som forekommer *i landet sett under ett*. Dette er gjort i tabell 8.1 for barn i aldersgruppen 0-14 år, inkludert det året de er 14.

Det bør bemerkes at i denne oversikten er det ikke tatt med dødsfall som skyldes medfødte misdannelser, «tilstander med begynnelse i perinatal perioden», og plutselig død (krybbedød), som alle er sterkt knyttet til første leveår. Nesten 70% (387 av 561 i 1991) av alle dødsfall blant barn i Norge faller inn i disse tre kategoriene. I 1991 ble det født vel 60 000 barn her i landet.

Det er om lag 30-40 nye leukemifall i Norge pr. år blant barn i aldersgruppen 0-14 år. Dersom om lag 1 % av alle barn her i landet bor nær en kraftledning, og dersom relativ risiko for leukemi blant disse barna er dobbelt så stor som for andre barn, vil vi forvente 0,3-0,4 ekstra nye leukemifall blant barn i Norge pr. år pga kraftledningene. Det er dette tallet som er ført opp i tabell 4.8.1.

Tabell 4.8.5: Total forekomst av diverse helseskader og død hos barn (alder 0-14 år) i Norge.

Faremoment	Antall tilfeller i 1991
Død i trafikkulykker	23
Meget alvorlig skade i trafikken	16
Alvorlig skade i trafikken	114
Lettere skade i trafikken	861
Død ved ulykker i hjemmet (inkl. brann)	16
Død pga. drukning	5
Meldt nye tilfeller av kreft	97
Død pga. kreft	19
Meldt nye tilfeller av leukemi	34
Leukemifall som kanskje kunne vært unngått dersom mødre ikke hadde røkt i svangerskapet*	8
Leukemifall som kanskje kunne vært unngått dersom barn ikke vokste opp nær kraftledninger **	~ 0,3

\* Basert på en antakelse at omlag 1/3 av mødrene røyker under svangerskap og en relativ risiko på 2,0 ut fra en undersøkelse av John og medarbeidere (1991).

\*\* Basert på antakelse at maksimum 1% av barn i Norge vokser opp nær en kraftledning og en relativ risiko på 2,0, ut fra indikasjoner fra epidemiologiske undersøkelser over kreft blant barn som vokser opp nær kraftledninger.

Dette er et viktig tall fordi det forteller hvorfor det er vanskelig å gjennomføre epidemio-logiske undersøkelser med stor nok statistisk styrke til å få stadfestet eller avkreftet sammenhengen mellom leukemi og kraftledninger. Legg merke til at det er to grunner til at tallet er lavt. For det første er risikoen for å få leukemi liten, og for det andre bor få barn nær kraftledninger.



#### 4.8.2.2 Individuell risiko

I forrige avsnitt anga vi den kollektive risiko i form av antall tilfeller pr. år. Dette er et viktig mål ved samfunnsøkonomiske analyser av prioritering av tiltak. En oversikt av den typen som er gitt i tabell 4.8.1, kan likevel skjule forhold av mer etisk og individuell betydning. Dette skjer i tilfeller der svært få personer i landet blir utsatt for en økt risiko. I slike tilfelle vil samletall for hele landet ikke gjenspeile den risikoen disse få personene virkelig løper. Ta et eksempel: Anta at vi har fire personer i landet som håndterer høyaktivt radioaktivt avfall og at prosedyrene som brukes er kritikkverdige. Anta at det skjer et uhell og at disse fire personene blir eksponert for relativt store stråledoser. Anta at strålingen fører til at to av disse får en eller annen form for kreft. Disse to ekstra dødsfallene vil ikke gi noen merkbar økning i det totale antall krefttilfeller i Norge pr. år, og er derfor samfunnsøkonomisk en bagatell. Likevel medførte lagringsprosedyrene en høy risiko for nettopp disse fire arbeidstakerne. Er det da etisk forsvarlig at få enkeltpersoner løper en høy risiko selv om det samfunnsøkonomisk ikke spiller nevneverdig rolle at deres risiko er høy?

Med dette eksemplet ønsker vi å vise at kollektiv risiko i form av antall tilfeller hvert år, og individuell risiko som gjenspeiler enkeltindividers reelle risiko, forteller om to ulike sider av ett og samme saksforhold. Det er utvalgets oppfatning at begge disse betraktningmåtene må vurderes når beslutninger og prioriteringer skal foretas av politikere.

Når vi skal angi individuell risiko, er det mest aktuelt å bruke sannsynlighet for at en skade eller død skal oppstå. De fleste sannsynlighetene det her er tale om er som regel små. For å få passe store tall i våre oversikter, angis derfor gjerne sannsynligheten i form av forventet antall tilfeller av skade eller død dersom det hadde vært 100.000 personer som løp samme risiko som den vi betrakter.

I oversikten som følger er begrepet «risiko» derfor definert som forekomst pr. 100.000. For dødsfall som skyldes kreft blir utregningen som følger: Det var 19 dødsfall i 1991 blant barn i aldersgruppen 0-14 år, og det var 813.920 barn i denne aldersgruppen i 1991. Følgelig vil risiko pr. år for å dø av kreft være 2,3 pr. 100.000. I dette anslaget er det antatt at risiko for kreft er like stor for alle barn i landet.

På likende måte er de øvrige tallene fremkommet, og her er fortsatt risiko for skade i trafikk, drukning m.m. regnet som den samme for alle barn i landet. I to tilfeller er det identifisert spesielle grupper barn som antas å ha en høyere risiko enn barn flest. Det gjelder leukemi blant barn til mødre som røyker i svangerskapet, og barn som vokser opp nær kraftledning. I disse tilfellene tar vi utgangspunkt i risiko for andre barn, og multipliserer med relativ risiko slik den er beregnet på grunnlag av epidemiologiske studier. For leukemi blant barn til mødre som røyker er analysen litt mer komplisert siden dette gjelder en betydelig del av det totale antall leukemier pr. år.

La oss nå se hvordan de individuelle risikomålene kommer ut:

Tabell 4.8.6: Risiko for diverse helseskader og død blant barn alder 0-14 år i Norge.

Faremoment	Risiko pr. 100.000
Død i trafikkulykker	2,8
Meget alvorlig skade i trafikken	2,0
Alvorlig skade i trafikken	14,0
Lettere skade i trafikken	105,8
Død ved ulykker i hjemmet (inkl. brann)	2,0

Tabell 4.8.6: Risiko for diverse helseskader og død blant barn alder 0-14 år i Norge.

Faremoment	Risiko pr. 100.000
Død pga. drukning	0,6
Kreft (nytt tilfelle)	11,9
Død pga. kreft	2,3
Leukemi (nytt tilfelle)	4,2
Leukemi blant barn til mødre som røyker i svangerskapet*	6,3
Leukemi blant barn som vokser opp nær kraftledninger**	~ 8

\* og \*\* : Basert på samme forutsetninger som i tabell 8.1.

Tabell 4.8.1 og 4.8.2 forteller at barn i Norge har et temmelig trygt liv. Det forekommer ulykker i hjem og i trafikken, og barn får sykdommer som i noen tilfeller fører til død. Selv om vi selvfølgelig må forsøke å øke sikkerheten til barna ytterligere, kan det være nyttig å være klar over at sikkerheten i vårt land nå er svært god i forhold til hva den var for noen tiår siden, og i forhold til store deler av verden i dag.

Betrakter vi de ulike faktorene som er angitt i tabell 4.8.2, ser vi at anslått individuell risiko for leukemi for et barn som vokser opp nær kraftledninger er litt mer enn halvparten av risiko for alvorlig skade i trafikken. Faren for leukemi blant barn som vokser opp nær kraftledninger er likevel større enn risiko for død eller meget alvorlig skade i trafikken. Videre er faren for leukemi blant barn som vokser opp nær kraftledninger større enn fare for død på grunn av ulykker i hjemmet og fare for død etter drukning.

Analysen er basert på en relativ risiko på om lag 2,0. Tallene og konklusjonene vil selvfølgelig endre seg etter hvert som nye anslag for den relative risiko foreligger.

Det ville kanskje være mer informativt å betrakte tilleggsrisiko (utover den som finnes i «normalbefolkningen») i stedet for total risiko for leukemi for barn nær kraftledninger. Tilleggsrisikoen ville da vært om lag 4 (pr. 100.000 pr. år) i stedet for 8 som nå står i tabellen. Selv med denne endringen vil sammenlikning med andre risikofaktorer komme ut omtrent som den som allerede er gitt.

Sammenstillinger av typen gitt i tabell 4.8.2 kan utføres også på mange andre måter, og tallene vil variere fra år til år. Tallene må derfor ikke tas for bokstavelig. Hensikten er først og fremst å vise at barn som vokser opp nær kraftledning har en økt risiko for leukemi som ikke kommer fram når vi kun betrakter kollektiv risiko. Tilleggsrisikoen er på omtrent samme nivå som andre kjente risiki i vårt samfunn, og kan derfor ikke bagatelliseres.

### 8.3 Synspunkter på videre forskning

Som det går fram av rapporten, drives det idag omfattende og svært variert forskning for å kartlegge bedre hvilke effekter statiske og lavfrekvente elektriske og magnetiske felt har på biologisk vev. Utvalget har vanskelig for å uttale seg om omfanget av denne forskningen i forhold til problemets størrelse, men i Norge gis det støtte til flere grupper som driver aktiv forskning på dette området.

I Norden foregår det forskning innen det aktuelle fagfelt i alle land muligens unntatt Island. Sverige har utvilsomt størst aktivitet, og deres virksomhet spenner over et meget vidt spekter. Det er etablert en Nordisk møteserie for å bedre på kom-

munikasjon mellom de ulike forskningsmiljøene her. Møter har til nå vært arrangert i Oslo, Aalborg og Umeå.

Iblant fremkommer sterke synspunkter på hvilke typer forskning som bør prioriteres. Noen mener f.eks. at videre epidemiologisk forskning er uforholdsmessig ressurskrevende i forhold til den informasjon en kan få på denne måten.

I vårt arbeid har utvalget blitt overbevist om at det er mangfoldet i forskningen som på lang sikt vil sikre en grundigere vurdering av omfanget av problemet, hvilke situasjoner som medfører høyest risiko for helseeffekter, og forståelse av hva som skjer på organisme-, celle- og molekyl-nivå. Vi kan derfor ikke se noen grunn til å styre forskningen inn til mer eller mindre celledstudier, mer eller mindre epidemiologi, mer eller mindre teoretiske beregninger. Kravet som må stilles til forskningen i den nåværende situasjonen må først og fremst være kvalitet på alle nivåer.

I videre forskning er celledstudier kanskje de som gir mest presis informasjon, men samtidig en informasjon som ikke nødvendigvis er relevant for en hel organisme. Celledstudier kan likevel være nyttige idet slike systemer gir en relativ reproducerbar effekt, og forsøkene tar relativ kort tid. Det vil derfor være mulig å eksperimentere for å finne hvordan effekter avhenger av type eksponering, dvs. for å finne en såkalt dose-respons. Resultatene vil da forventes å gi indikasjoner på hvilke virkningsmekanismer som gjelder.

En rekke problemstillinger kan likevel ikke løses med celledkulturer. Dette gjelder forhold som reproduksjonsforskning, så som risiko for misdannelser m.m. I slike tilfeller er det ikke til å unngå at flercellede organismer dvs. intakte dyr må benyttes. Forsøkene krever presis eksponering, og resultatene kan forventes å si noe om dose-respons.

I dyrestudier er det viktig å ha gode modeller. Dyr med forskjellig genetisk bakgrunn kan ha ulike måter å respondere på. I forsøkene er det mulig å bevisst variere mellom ulik genetisk bakgrunn. Resultatene vil da kunne gi en pekepinn om hvor store forskjeller det kan være i respons for f.eks. magnetfelt fra ett individ til et annet. Forskning de siste årene har gitt økt oppmerksomhet på betydningen og omfanget av variasjon i individuell respons. Kanskje er det slik at enkelte personer reagerer lettere på elektromagnetiske felt enn andre.

I studier av dyr vil det også være mulig å undersøke hvorvidt elektromagnetiske felt kan virke som en *tilleggs*faktor for utløsning av sykdom. F.eks. kan en studere hvorvidt reparasjon av skader etter ioniserende stråling blir påvirket av lavfrekvente elektromagnetiske felt. Det er en selvfølge at forskeren må være åpen for såvel «positive» som «negative» effekter.

I studier av mennesker vil det fortsatt være behov for undersøkelser av små grupper, f.eks. individer som selv mener de har «el-allergi». Presise mål for eksponering er viktig, men like viktig er krav om at forsøkene gjennomføres «blindt». Undersøkelsene må ha en ordentlig statistisk analyse, og individene kan gjerne være sin egen kontroll gjennom forsøkkssituasjonen. Både rendyrkede forsøk med mennesker i et laboratorium og undersøkelser der mennesket er i mer vante omgivelser må gjennomføres.

Epidemiologiske undersøkelser kan gi opplysninger som vanskelig kan fanges opp fra modellsystemer. I de siste år har det blitt uttrykt sterkt ønske om bedre eksponeringsdata sammenliknet med hva som var vanlig i tidligere studier. Dette ønsket blir mer og mer tilfredsstilt, men i enkelte situasjoner er det umulig å gi noe godt mål så lenge vi ikke kjenner virkningsmekanismer og dose-respons forløp. Det ville være interessant om slike studier kan gjennomføres på en slik måte at to eller flere ulike modeller for dose-respons kan testes mot hverandre.

#### 8.4 Helsefare og tiltak, noen refleksjoner

Av utvalgets vurderinger går det fram at det fortsatt er mye uklart om helsefare ved eksponering for statiske og lavfrekvente elektromagnetiske felt. Studier tyder på en økt risiko for leukemi hos barn som vokser opp nær en kraftledning. Enkelte studier peker også i retning av økt forekomst av visse kreftformer for voksne i elektriske yrker. Av en rekke mulige forklaringer på disse fenomenene, peker studiene mest i retning av magnetfelt.

I denne situasjonen der utvalget finner det umulig å gi et helt klart svar, har vi derfor sett det nødvendig å nevne noen mulige tiltak for å konkretisere den grad av oppmerksomhet utvalget mener vår vurdering av helsefare tilsier.

Utvalget finner at usikkerheten angående helsefaren knyttet til elektromagnetiske felt er for stor til at krav om svært kostnadskrevenne tiltak kan forsvares. Som eksempel på kostnadskrevenne tiltak kan nevnes en generell, storskala omlegging av kraftledninger til jordkabler.

På den annen side mener utvalget at dokumentasjonen er tilstrekkelig for at varsomhetsstrategien uttrykt i Helsedirektoratets brev til Oslo kommune 3.okt.1990 bør få reelt innhold når det gjelder nyanlegg, spesielt i de tilfeller der det er tale om beskjedne merkostnader med å velge løsninger som gir reduserte felt.

Når det gjelder nyanlegg for kraftledninger er utspillet fra danskenes elektrisitetsverk (se 3.3.1) et eksempel på mulig lavkost-tiltak for å redusere eksponering.

Når det gjelder eksponering for andre kilder for felt, vil vi trekke fram ett eksempel, elektriske varmekabler i gulv. Det finnes i dag to ulike typer varmekabler på markedet, såkalt enleder og såkalt toleder varmekabler. Magnetfelt nær gulv med enleder varmekabler kan komme opp i minst samme verdi som magnetfelt i boliger som ligger helt inn til byggeforbudsgrensen nær store kraftledninger. Magnetfeltene nær gulv med toleder varmekabler er generelt sett vesentlig lavere (se figur 4.7).

I dag brukes gjerne enleder varmekabler i de tilfeller store gulv skal varmes opp. Typisk anvendelse er barnehager. Små barn oppholder seg ofte nær gulvet, og eksponeringen av disse kan bli betydelig.

Det er fullt mulig å bruke toleder varmekabler også i store gulv. Det må da legges flere sett kabler i ulike deler av rommet, og kablene må kobles sammen i en ekstra koblingsboks. Med enleder kabler kunne en klart seg med bare én kabel. Løsningen med toleder kabler vil derfor bli noe dyrere enn ved enledere. For materialer og arbeidstid vil meromkostningene med elektrikerarbeidet for legging av varmekabler bli maksimalt 20-30% høyere enn ved enledere (iflg. samtale med elektroinstallatører). Totalt sett vil dette representere en merutgift ved bygging av en barnehage på maksimum 5%.

Det en ville få igjen for denne beskjedne ekstra investeringen ved bygging av barnehagen, ville kanskje bli at de små barna fikk en gjennomsnittlig magnetfelt eksponering i barnehagen på mindre enn 0,1  $\mu\text{T}$  over vinterhalvåret. Ved å velge den løsningen som er mest vanlig i dag, ville de samme barna ha en om lag 20 ganger sterkere gjennomsnittlig eksponering (ca. 2  $\mu\text{T}$ , tallene vil variere med en rekke detaljer).

I slike og liknende tilfeller vurderer utvalget at mulig helsefare er tilstrekkelig dokumentert til at varsomhetsstrategien med fordel kunne bli anvendt. Det må likevel presiseres at det ikke finnes noen direkte studier som viser helsefare for barn som oppholder seg i magnetfelt fra enleder varmekabler. Det er derfor ikke grunn til *unødig* bekymring over eksisterende installasjoner av denne typen. Det er mer en generell usikkerhet om magnetfelts betydning som gjør at vi kunne ønske at den generelle eksponeringen av befolkningen ble redusert der dette lett lar seg gjennomføre.

Det er forøvrig interessant å merke seg at det er mange veier å gå for å redusere eksponering for felt i praksis (jmf. "*Historikk og nå-situasjonen i Norge*" i kapittel 3). En mulighet er at myndighetene kommer med lovgivning som fører til endringer i praksis. En annen mulighet er at utbyggere av kraftledninger og elektroinstallatører på eget initiativ velger og utvikler nye løsninger etter som bevisstheten om felt blir større. Informasjon er svært viktig, og tiltak på dette området kan bety en god del. Videre kan karakterisering av elektrisk utstyr etter hvor sterke felt det omgir seg med virke heldig på tilsvarende måte som det ble gjort for dataskjermer i den såkalte MPR II normen i Sverige ("*Storingsbehandling av Dok.nr. 8:6 om mer miljøvennlige retningslinjer for fremføring av høyspentforbindelser gjennom/ved tettbebyggelse og i estetisk sårbart landskap med betydelig allmenn ferdsel.*" i avsnitt 3.3.3). Et slikt prinsipp kunne gjennomføres også for barbermaskiner, hårføner, mikrobølgeovner, komfyrer osv. Folk flest ville da ha bedre mulighet for selv å velge produkter som gir lavere felt.

Utvalget mener at det i dagliglivet er mange muligheter for å redusere eksponering for felt, spesielt ved nyanlegg og nyanskaffelser. Ved å se til at det oppstår aktivitet på flest mulig av de nevnte innsatsområdene, er vi viss på at selv en moderat innsats fra myndighetenes side på sikt kunne medføre betydelig lavere eksponering av befolkningen. Hvor stor helsegevinst dette faktisk vil føre til er usikkert, men utvalget mener at mulighetene for helsefare er tilstrekkelige til at det nå må være naturlig å påse at utviklingen går i retning av lavere felt i tiden som kommer.

## 9 NOEN KONKLUSJONER

### *Epidemiologiske studier*

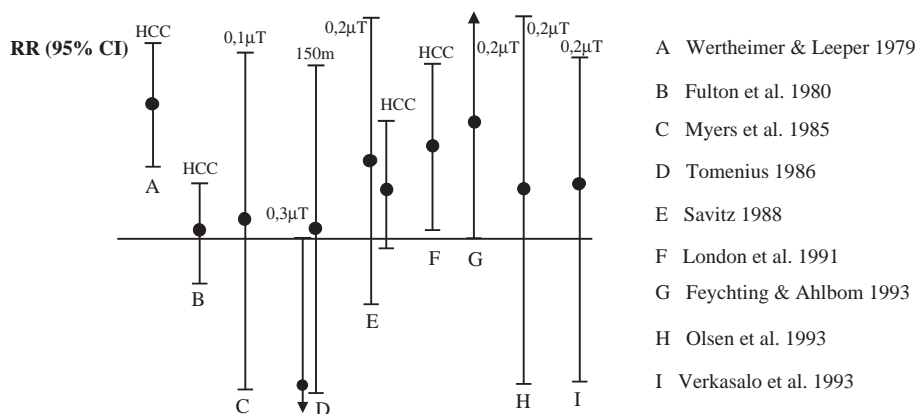
Utvalget finner at epidemiologiske studier anvendt på flere ulike forhold, viser en samvariasjon mellom eksponering for elektriske og magnetiske felt og økt forekomst av kreft. Med betydelig mindre grad av sikkerhet finner vi at dette også er vist for depresjon, mens assosiasjon mellom felt og abort eller misdannelser synes svak.

Den kanskje sterkeste indikasjonen på en assosiasjon mellom felt og økt forekomst av kreft finner vi for leukemi hos barn. Dette betyr ikke at det er påvist noen sikker årsaks-sammenheng mellom f.eks. magnetfelt og kreft. Årsakene til leukemi hos barn er ukjente. De aktuelle funn blant barn som vokser opp nær kraftledning kan ha ukjente årsaker som det ikke har vært mulig å kontrollere for i de statistiske analysene. Dersom lavfrekvente magnetfelt likevel medvirker til økt forekomst av kreft, antar vi ut fra hittil kjente biologiske mekanismer at magnetfeltet *ikke kan initiere* (igangsette) en kreftutvikling i motsetning til påvirkninger fra spesielle kjemiske forbindelser og ioniserende stråling fra f.eks. radioaktive kilder. Andre forutsetninger synes nødvendige for igangsettelsen av kreft, men magnetfelt vil likevel kunne ha effekt på den videre utviklingen av kreft ved å virke som en «promotor».

De ulike epidemiologiske studiene viser iblant statistisk signifikant økning i én kreftform, og iblant ikke. Dette kan tolkes dithen at det er en motsetning mellom de ulike funn. Iblant *er* det virkelig en slik motsetning, men oftest er tilfellet det at f.eks. to studier peker i samme retning, men et av resultatene er statistisk signifikant og det andre ikke.

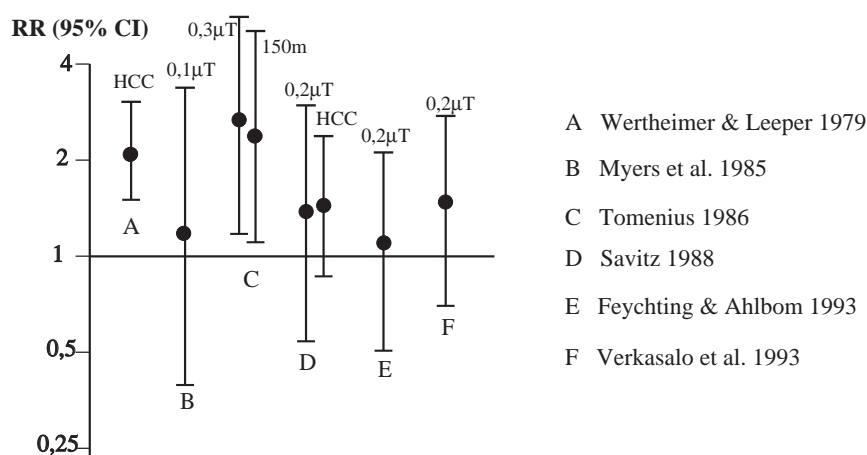
I figur 9.1 er det vist hvordan resultatene kommer ut for de viktigste studiene av leukemi hos barn som har vokst opp nær kraftledninger. Vi ser her at resultatene varierer fra studie til studie, men at det likevel er en klar konsistens i dataene når studiene vurderes under ett. Utvalget finner i denne situasjonen at det er rimelig godt dokumentert at det er høyere forekomst av leukemi hos barn som vokser opp nær kraftledninger. Vi har også ut fra foreliggende litteratur anslått relativ risiko for

leukemi i dette tilfellet vil være i underkant av 2,0. Det vil si at barn som vokser opp nær en kraftledning, har nær dobbelt så stor risiko for å få leukemi som andre barn.



Figur 9.1 Relativ risiko for leukemi hos barn som har vokst opp nær kraftledninger. Resultater fra alle de viktigste epidemiologiske studier til dags dato er vist. Strekene viser det såkalte 95% konfidensintervallet. Dette er en statistisk størrelse som sier omtrent som så: Verdien for relativ risiko angitt ved fylte sirkler er usikker, men verdien vil med 95% sikkerhet ligge et eller annet sted innenfor området markert med strekene. Dersom hele streken ligger over 1,0, sier vi at det er nåvist en statistisk signifikant økning i leukemi. For noen studier er resultatene vist for ulike måter å gruppere personene som innvekk, i «eksponert» og «ikke-eksponert». HCC=«High current configuration» (strømkonfigurasjon).

Figur 9.2 viser tilsvarende resultater for all kreft hos barn. Her er det også rime- lig konsistente data, men ikke like klare som for leukemi. En liknende oversikt for voksne som bor nær kraftledninger, viser at det for denne befolkningsgruppen ikke er grunn til å anta økt forekomst av noen kreftformer.



Figur 9.2 Relativ risiko for kreft (alle former tilsammen), hos barn som har vokst opp nær kraftled- ningene. Resultater fra alle de viktigste epidemiologiske studier til dags dato er vist. Se forøvrig figur 9.1 for ytterligere forklaringer. Det er en viss konsistens i dataene siden alle ligger over streken RR=1,0.

En rekke epidemiologiske undersøkelser tyder på overhyppighet av visse sykdommer og plager i bestemte yrker der arbeidstakerne blir eksponert for spesielle elektriske eller magnetiske felt. Dersom disse resultatene forsøkes samlet i en figur liknende 9.1, finner vi enda mindre konsistens i dataene enn i figur 9.2. Dette betyr at utvalget er mer usikker på assosiasjon mellom felt og disse sykdommene enn mellom felt og leukemi blant barn nær kraftledninger. Siden likevel enkelte studier peker på en økning i leukemi i enkelte yrker, kan vi ikke se bort fra at en assosiasjon mellom eksponering for lavfrekvente felt og enkelte kreftformer muligens kan påvises også for voksne.

Eksperimentelle studier på dyr og celler gir ikke noen klar støtte til antakelsen om at eksponering for elektriske og magnetiske felt, statiske eller lavfrekvente, fører til økt forekomst av kreft. Eksperimentene kan likevel heller ikke brukes som støtte for det motsatte syn.

Det er generelt sett vanskelig å trekke slutninger om eventuelle helseeffekter hos mennesket ut fra eksperimentelle studier på dyr og celler. Resultatene fra eksperimentelle studier omhandler da også svært forskjellige aspekter av biologi, fra misdannelser hos kyllingfostre til endring i avlesing av arvestoffet DNA. Mange resultater er bare vist i ett laboratorium, og resultatene varierer ofte fra et laboratorium til et annet. Likevel synes det som det i de siste årene er rapportert om enkelte reaksjoner som er rimelig reproducerbare og som kan påvises i flere uavhengige laboratorier. Dette gjelder f.eks. forsøk med eksponering av celler for magnetfelt og måling av deres respons med endring av kalsiumkonsentrasjonen inne i cellene. Dersom dette inntrykket vil holde seg og forsterkes i de kommende år, vil slike eksperimentelle studier indirekte gi en støtte til at lavfrekvente (eller statiske) felt virkelig har en biologisk effekt og dermed også en mulig helseeffekt. Vi mener dette er viktig idet vi hittil ikke kjenner noen detaljert virkningsmekanisme for hvordan felt av den styrke vi her omtaler, kan ha noen biologisk effekt. I en slik situasjon er det viktig å kunne vise til uomtvistelige resultater, selv om de ikke kan forklares ut fra dagens viten.

#### *Ulike eksponeringssituasjoner*

Utvalget har forsøkt å peke på hvilke kilder som finnes i dagens samfunn for lavfrekvente elektriske og magnetiske felt, og har pekt på at eksponering enkelte steder i industrien er langt høyere enn for folk flest.

Til tross for en meget høy eksponering i enkelte yrker, er det ikke påvist mer markant økt forekomst av enkelte kreftformer for arbeidstakerne som utsettes for de kraftige feltene, enn når det gjelder leukemi hos barn som vokser opp nær kraftledninger med moderate felt. Dette kan ha sammenheng med at barn er mer utsatt for påvirkninger av felt siden de er i vekst, men det kan i tillegg også ha sammenheng med at eksponering på ulike tider av døgnet kan virke forskjellig.

Utvalget fant å måtte vurdere både statiske og lavfrekvente elektriske og magnetiske felt siden det iblant er en glidende overgang mellom statiske og lavfrekvente felt. Utvalget har likevel konsentrert seg mest om 50 Hz elektriske og magnetiske felt. Generelt sett gir litteraturen støtte til at lavfrekvente felt gir klart større effekt enn statiske felt av samme styrke. Dette er ikke nødvendigvis riktig for alle effekter.

#### *Årsakssammenheng mellom magnetfelt og kreft?*

Sammenhengen mellom leukemi hos barn og bolig nær kraftledninger kan ha flere årsaker. Lavfrekvente magnetfelt og lavfrekvente elektriske felt er mulige årsaker, men andre faktorer kan også spille inn. Idag gjøres det undersøkelser om hvorvidt

det skjer en kondensering av luftforurensinger på grunn av feltene nær kraftledninger (Statnett, Universitetet i Bergen, NTH). Det undersøkes også om kosmisk stråling kan «fokuseres» av feltene nær kraftledninger (Statens strålevern, Universitetet i Oslo). Det er lite trolig at disse alternative effektene kan forklare økt kreftforekomst, men eksemplene viser at det fortsatt er stor usikkerhet om årsaksforhold mellom det å bo nær kraftledning og økt kreftforekomst hos barn.

Studiene tyder som vi har sett på at det er en assosiasjon mellom det å bo i nærheten av en kraftledning og øket forekomst av barneleukemi. Selv om den statistiske usikkerheten er stor for risikomålene hver for seg, peker de konsistent i samme retning. Om kreftrisikoen er knyttet til egenskaper ved kraftledningen som sådan, eller til andre faktorer som spesielt rammer boliger med slik beliggenhet, er fortsatt noe uvisst. Vi har sett at luftforurensing neppe spiller noen rolle ut fra undersøkelser som er gjort på nettopp dette. Andre faktorer, så som mødrenes røykevaner og sosiale faktorer, er mindre trolige etter at de skandinaviske studiene viste samme resultater som de amerikanske.

Dersom årsaken ligger i selve kraftledningen, er det imidlertid også flere alternative faktorer som kan spille inn. Elektriske felt fra kraftledningen dempes imidlertid i betydelig grad av vegger og tak i boligen, og elektriske felt forventes å ha en vesentlig dårligere samvariasjon med amerikanernes tidligere eksponeringsmål («ledningskonfigurasjon») enn magnetfelt.

På bakgrunn av en samlet vurdering av mulige årsaker til økt forekomst av leukemi blant barn som vokser opp nær kraftledninger, mener derfor utvalget at studiene synes å peke mest i retning av magnetfelt. Denne oppfatningen kan endre seg med videre forskning.

#### *Hvilken type eksponering er viktig?*

I et mylder av ulike eksponeringssituasjoner og ulike forskningsresultat, kan det være interessant å vurdere om enkelte typer eksponeringer synes mer helsefarlig enn andre.

Sammenlikninger av *ulike typer eksponering* kan gjøres på flere ulike måter, f.eks. mellom:

- elektrisk felt vs. magnetisk felt
- statisk felt vs. tidsvariabelt felt
- langvarig eksponering vs. eksponering bare i korte perioder
- felt som varer ved vs. felt som stadig endrer styrke
- eksponering på dagtid vs. kveld eller natt
- bare deler av kroppen betydelig eksponert vs. hele kroppen

Utvalget har funnet at resultater fra epidemiologiske og eksperimentelle studier ikke gir gode svar på noen av disse spørsmålene. Noen resultater peker i en retning, andre i den motsatte, men eksperimentene omhandler ofte såvidt forskjellige biologiske effekter at det ikke nødvendigvis er noe motsetningsforhold mellom resultatene.

Eksponering nær en kraftledning er likevel av spesiell interesse idet oppvekst nær kraftledning synes å gi rimelig konsistente data når det gjelder leukemi hos barn. Som gjort rede for tidligere er det mange forhold som kan være spesielle nær kraftledninger, men likevel synes 50 Hz magnetfelt å være den mest interessante faktoren. Disse feltene, slik de opptrer i boliger nær kraftledninger, kan karakteriseres ved:

- tidsvariable felt (50 eller 60 Hz)
- mellom 0,2 og 5  $\mu$ T



- magnetfeltene varierer lite i tid (i sekund og minutt målestokk)
- feltet er praktisk talt det samme over hele kroppen
- eksponering finner sted også om kvelden og natten
- dersom personen som bor nær kraftledningen går på daghjem, skole eller arbeid langt fra en kraftledning, vil døgnet kunne deles inn i markante perioder med klart ulik eksponering
- eksponering foregår dag etter dag, år etter år.

Siden det er en reell mulighet for at det virkelig er magnetfelt som er årsak til den observerte økning i leukemi blant barn som bor nær kraftledninger, kan vi i det minste si at vi må være spesielt oppmerksomme på nettopp denne kombinasjonen gitt ovenfor. Kanskje er det langvarig eksponering som er av betydning, og kanskje er det eksponering om kveld og natt (relatert til melatonin-hypotesen)? Her er det rom for spekulasjoner som kanskje kan testes i videre forskning.

Utvalget mener at det i øyeblikket ikke finnes tilsvarende beskrivelse av andre former for magnetfelt-eksponering som i like sikker grad er assosiert med økt forekomst av kreft. For eksempel gir ikke epidemiologiske studier fram til dags dato like konsistente funn av økt kreftforekomst i forbindelse med kortvarige kraftigere feltpåvirkninger i løpet av dagtid.

Eksperimentelle studier kan indikere at eksponering med en viss varighet, men som brått veksler mellom en lav og en høy verdi kan være minst like virksomme i modell-systemene som en mer konstant eksponering. Hvorvidt dette også vil gjelde for f.eks. utvikling av kreft hos mennesker, er foreløpig et åpent spørsmål.

#### *Grense ved 0,2 $\mu$ T?*

Iblant hevdes det at magnetfelt over 0,2  $\mu$ T kan føre til kreft, og at boliger bør ligge slik at gjennomsnittlig magnetfelt i boligen på grunn av kraftledningen, ikke bør overskride denne verdien. Dette er på én måte et rimelig argument siden det er denne eller en nærliggende verdi som ofte er brukt som skille mellom «eksponerte» og «ikke-eksponerte» i de epidemiologiske undersøkelsene.

Likevel må vi se på 0,2  $\mu$ T som en relativt vilkårlig verdi. Den er ikke basert på nøye studier gjennomført med det for øye å gi en grenseverdi. Det er derfor ikke riktig å si at 0,2  $\mu$ T er en grenseverdi for økt kreftrisiko.

Det mest korrekte må være å si at *barn som vokser opp så nær kraftledningene at magnetfeltet er over 0,2-0,3  $\mu$ T, synes å ha en høyere forekomst av leukemi enn andre barn*. I en slik formulering ligger det ingen bastant påstand om at magnetfelt er årsak, men formuleringen har likevel visse klare implikasjoner.

Dersom en søker å overføre tallene 0,2-0,3  $\mu$ T til andre situasjoner enn kraftledninger, er det et langt vanskeligere problem.

#### *Risikoomfang*

Det finnes indikasjoner på at økt forekomst av enkelte sykdommer og plager er assosiert til eksponering for elektriske og magnetiske felt, men utvalget har funnet det vanskelig å angi hvor stort helseproblem dette egentlig er. Bare ved én sykdom, leukemi hos barn, har vi kunnet forsøke å tallfeste hva resultatene antas å si for norske forhold.

Dersom vi betrakter kollektiv risiko finner vi at mindre enn ett leukemifelle hvert annet år i Norge forventes å «skyldes» oppvekst nær kraftledning. Dette er et meget lavt tall, og det kommer av at risiko for leukemi hos barn generelt er liten samtidig med at det er få barn i Norge som bor langs kraftledninger.

Ved å betrakte individuell risiko får vi et annerledes bilde, det som er knyttet til risiko for enkeltindivider. I en slik fremstilling fant vi under visse forutsetninger at et barn som vokser opp nær en kraftledning har en *tilleggsrisiko* for å få leukemi som er omtrent av samme størrelse som f.eks. risiko for død eller svært alvorlig skade etter trafikkulykker.

Disse resultatene forteller at en eventuell helsefare som følge av eksponering for elektriske eller magnetiske felt ikke kan karakteriseres som svært alvorlig, neppe heller som alvorlig. På den annen side kan heller ikke dette helseproblemet lenger karakteriseres som uvesentlig. Dersom rent samfunnsøkonomiske overveielser legges til grunn basert på vurderinger av kollektiv risiko, vil riktignok kraftledningene ha lite krav på oppmerksomhet. Dersom etiske overveielser derimot legges til grunn basert på individuell risiko, vil problemet med barn nær kraftledninger ha krav på omtrent samme oppmerksomhet som hjemmeulykker og nær samme oppmerksomhet som alvorlige ulykker i trafikken.

### *Varsomhetsstrategi*

Utvalget er ikke sikre på at det er lavfrekvente magnetfelt som er årsak til f.eks. økt forekomst av leukemi hos barn som vokser opp nær kraftledninger. Det er derfor en mulighet for at tiltak for å fjerne magnetfelt ikke vil ha noen som helst verdi. Utvalget finner likevel at magnetfelt er den faktoren som idag sterkest peker seg ut som en mulig årsak. En generell reduksjon i folks, og kanskje spesielt barns eksponering for f.eks. 50 Hz magnetfelt, har derfor et potensiale i seg til å forebygge helseskader. Mest aktuelt vil det være å søke å redusere magnetfelt med verdier (vesentlig) høyere enn 0,2  $\mu\text{T}$ , til verdier så lave som de folk flest utsettes for (0,05-0,1  $\mu\text{T}$ ).

Med dagens viten mener derfor utvalget at det er grunn til å vise varsomhet når det gjelder planlegging av menneskers ferdsel og virke i relasjon til elektriske installasjoner og prosjektering av nye anlegg. På den annen side er det neppe grunnlag for store og kostnadskrevede tiltak på eksisterende anlegg.

Utvalget har pekt på at det finnes mange veier å gå for å få til en generell reduksjon av folks eksponering for elektriske og magnetiske felt, uten at det behøver å koste så mye. Det har vist til at tiltak er gjennomført på høyst ulike nivå i andre land, men at faktisk ingen land hittil har innført generelle offentlige grenseverdier på dette området.

### *Forslag til eksponeringsgrenser foreslått av IRPA (International Radiation Protection Association) for 50 Hz elektriske og magnetiske felt*

	Elektrisk felt [kV/m]	Magnetisk felt [ $\mu\text{T}$ ]
<b>YRKESEKSPONERING:</b>		
Hel arbeidsdag	10	500
Max. 2 timer pr. arbeidsdag		5000
Max 80/[E] timer pr. arbeidsdag	30	
Lemmer (armer og bein)		25000

	Elektrisk felt [kV/m]	Magnetisk felt [ $\mu$ T]
<b>PUBLIKUM:</b>		
Inntil 24 timer pr. dag	5	100
Få timer pr. dag	10	1000

Alle verdier er gitt som såkalte effektivverdier (mest vanlig måte å angi veksel-felt). Elektriske felt er å forstå som «uforstyrret» felt.

Grensene er basert på å unngå akutte effekter pga. induerte strømmer. IRPA tar ikke stilling til muligheten for eventuelle langtidseffekter av eksponering for svakere felt.

*Forslag til eksponeringsgrenser foreslått av IRPA for statisk magnetiske felt*

	Magnetisk felt [mT] (!)
<b>YRKESEKSPONERING:</b>	
Åtte timers arbeidsdag, hele kroppen	200
Max. verdi, hele kroppen	2000
Max. 5 min, armer og bein	5000
<b>PUBLIKUM:</b>	
Inntil 24 timer pr. dag	40
Pacemaker-pasienter	0,5

*Tabell 1: Studier av kreftrisiko og felteksponering i hjemmesituasjonen*

Prosjektansvarlig	Studiedesign	Eksponeringsmål	Krefittype	Risiko-estimat	95 % CI
<b>Barnekraft:</b>					
Wertheimer (1979)	Case control	Wire code	Leukemi	OR=2,28	1,97 – 2,65
			Nervesystem	2,48	1,16 – 2,36
			Lymfom	2,36	1,66 – 3,35
Fulton (1980)	Case-control	Wire code	Leukemia	OR=1,09	1,00 – 1,16
Tomenius (1986)	Case-control	Måling av felt	Alle	OR=2,12	1,73 – 2,59
			Nervesystem	3,86	1,63 – 8,39
			Leukemi	0,34	0,17 – 0,68

Tabell 1: Studier av kreftisiko og felteksponering i hjemmesituasjonen

Prosjektansvarlig	Studiedesign	Eksponeeringsmål	Krefttype	Risiko-estimat	95 % CI
Savitz (1988)	Case-control	Wire code	Alle	OR=1,54	1,04 – 2,26
			Nervesystem	2,04	1,11 – 3,76
			Leukemi	1,54	0,90 – 2,63
Coleman (1989)	Case-control	Avstand	Leukemi	OR=1,68	0,76 – 3,68
Savitz (1990)		El. varmeteppe i svangerskapet	Leukemi	1,7	0,8 – 3,6
			Hjerne	2,5	1,1 – 5,5
		El. varmeteppe de første leveår	Leukemi	1,5	0,5 – 5,1
			Akutt lymf. leu	1,9	0,6 – 6,5
London (1991)	Case-control	Wire code (VHC)	Hjerne	1,2	0,3 – 5,7
			Leukemi	2,15	1,08 – 4,26
		Wire code (OHC+VHC)		1,68	1,40 – 2,02
Feychting (1992)	Case-control	Beregnet felt (historisk strøm)	Alle	1,1	0,5 - 2,1
			Leukemi	2,7	1,0 - 6,3
			Hjerne	1,3	0,2 - 5,1
Olsen (1992)	Case-control	Beregnet (0,25 µT) (gjennomsnitt- strøm)	Tre kreftformer	1,5	0,6 – 4,1
			Leukemi	1,5	0,3 – 6,7
			Hjernesvulst	1,0	0,2 – 5,0
			Lymfom	5,0	0,3 -82,0
Verkassalo(1993)	Cohort	Beregnet felt	Tre kreftformer	1,5	0,7 – 2,7
			Leukemi	1,6	0,3 – 4,5
			Hjernesvulst	2,3	0,8 – 5,4
			Lymfom	0,0	0,0 – 4,2
<b>Voksenkreft:</b>					
Wertheimer (1982)	Case-control	Wire code	Alle	OR=1,39	1,21 – 1,58
McDowall (1986)	Kohort	Avstand	Alle	menn: SMR=0,87	0,78 – 0,95
				kvinne: 0,92	0,83 – 1,01
			Leukemi	menn: 0,61 kvinne: 1,54	0,07 – 2,19 0,42 – 3,94
Stevens (1987b)	Case-control	El. varmepute	AML	OR=1,47	0,9 - 2,4
Severson (1988)	Case-control	Wire code	AML	OR=0,79	0,22 – 2,89
Preston-Martin (1988)	Case-control	El. varmeteppe	AML	OR=0,9	0,5 - 1,6

Tabell 1: Studier av kreftisiko og felteksponering i hjemmesituasjonen

Prosjektansvarlig	Studiedesign	Eksponeeringsmål	Krefttype	Risiko-estimat	95 % CI
			KML	0,8	0,4 - 1,6
Coleman (1989)	Case control	Avstand til krftl.	Leukemi	OR=1,45	0,54 - 3,88
		Avstand til underst.	Leukemi	1,00	0,76 - 1,31
Verreault (1990)	Case control	El. varmeteppe	Testikkel	OR=1,0	0,7 - 1,4
Feychting (1992)	Case control	Beregnete felt	Leukemi	OR=1,0	0,7 - 1,7
			Hjerne	0,7	0,1 - 1,3

Tegnforklaring: AML: Akutt myelogen leukemi, KML: Kronisk myelogen leukemi, VHC: Very high current configuration, OHC: Ordinary high current configuration. Se ellers tabell 2a.

Tabell 2a: Leukemi-studier av yrkeseksponerte

Prosjektansvarlig	Yrke	Krefttype	Risikoestimat	95 % CI
Wiklund (1981)	Telefonoperatører	Leukemi	SMR=1,03	0,53 - 1,65
Milham (1982)	Elektriske yrker	Leukemi	PMR=1,37	1,12 - 1,67
		Akutt leukemi	1,63	0,93 - 2,93
Wright (1982)	Elektriske yrker	Akutt myelogen	PMR=1,29	0,85 - 1,88
		Leukemi	1,73	0,93 - 2,93
		Lymfatisk	2,07	1,02 - 3,75
		Myelogen	0,98	0,78 - 1,21
		Akutt myelogen	1,00	0,66 - 1,45
McDowall (1983)	Elektriske yrker	Leukemi	1,07	0,81 - 1,44
		Akutt lymfatisk	OR= 2,1	1,30 - 3,60
		Kronisk lymfatisk	PRR=1,17	0,96 - 1,41
		Akutt myelogen	1,46	0,75 - 1,79
		Kronisk myelogen	1,29	0,89 - 1,81
Coleman (1983)	Elektriske yrker	Leukemi	1,23	0,86 - 1,76
		Akutt myeloid	0,91	0,52 - 1,76
Pearce (1985)	Elektriske yrker	Leukemi	OR=1,70	0,97 - 2,97
		Akutt myelogen	1,19	0,42 - 3,38
Milham (1988a)	Radioamatører	Leukemi	PMR=1,91	1,22 - 2,84
		Akutt myelogen	2,89	1,61 - 4,55
		Kronisk myelogen	2,67	0,72 - 6,82
Calle (1985)	Elektroingeniører	Leukemi	PMR=1,86	0,99 - 3,18
		Akutt leukemi	2,57	1,11 - 5,06
Flodin (1986)	Elektriske yrker	Akutt myelogen	OR=3,8	1,50 - 9,50
Stern (1986)	Elektrikere	Leukemi	OR=3,0	1,29 - 6,98

Tabell 2a: Leukemi-studier av yrkeseksponerte

Prosjektansvarlig	Yrke	Krefttype	Risikoestimat	95 % CI
		Myelogen	2,33	0,77 – 7,06
		Lymfatisk	6,00	1,47 -24,45
	Sveisere	Leukemi	2,25	0,92 – 5,53
		Myelogen	3,83	1,28 -11,46
Pearce (1989)	Elektriske yrker	Leukemi	OR=1,62	1,04 – 2,52
		Kronisk	2,12	1,19 – 3,76
		Akutt	1,25	0,62 – 2,54
		Lymfatisk	1,73	0,89 – 3,37
		Myelogen	1,22	0,60 – 2,48
		Akutt myelogen	1,16	0,48 – 2,84
Loomis (1989)	Elektriske yrker	Leukemi	OR=0,9	0,60 – 1,30
		Akutt myelogen	0,9	0,50 – 1,80
Juutilainen (1990)	Elektriske yrker	Leukemi	1,85	1,0 - 3,5
		Akutt myelogen	1,47	0,5 - 4,7
Floderus (1992)	Elektriske yrker	Leukemi	RR=1,60	1,07 – 2,37
		Kron. lymf. leuk.	3,04	1,58 – 5,84
Sahl (1993)	Elektriske yrker	Leukemi	RR=1,09	0,59 – 2,29

Forklaringer: OR: Odd ratio, RR: Relative risk, PMR: Proportional mortality ratio, SMR: Standard mortality ratio, PRR: Proportional risk ratio

Tabell 2b: Leukemi-risiko fra studier av alle kreftformer

Prosjektansvarlig	Yrke	Krefttype	Risikoestimat	95 % CI
Milham (1985)	Elektriske yrker	Leukemi	PMR=1,36	1,14 – 1,59
		Akutt	1,62	1,26 – 2,08
Olin (1985)	Elektroingeniører	Leukemi	SMR=0,9	0,10 – 3,20
Törnqvist (1986)	Linjearbeidere	Leukemi	SMR=1,3	0,70 – 2,10
Milham (1988a)	Radioamatører	Leukemi	SMR=1,24	0,87 – 1,72
		Akutt myelogen	1,76	1,03 – 2,85
Tynes (1992)	Elektriske yrker	Leukemi	1,41	1,1 - 1,8

Tabell 3a: Hjernesvulst og andre kreftformer blant yrkeseksponerte

Prosjektansvarlig	Yrke	Krefttype	Risikoestim at	95 % CI
<b>Hjernesvulst:</b>				
Preston-Martin (1982)	Elektrikere	CNS	PIR=1,42	0,71 – 2,54
Lin (1985)	Elektriske yrker	Gliom	OR=1,00	

Tabell 3a: Hjernesvulst og andre kreftformer blant yrkeseksponerte

Prosjektansvarlig	Yrke	Krefttype	Risikoestim at	95 % CI
	mulig eksponering		1,44	1,06 – 1,95
	sanns. eksponering		1,95	0,94 – 3,91
	abs. eksponering		2,15	1,10 – 4,00
			Test for trend:	p<<0,05
Thomas (1987)	Elektronisk arb.	Gliom	OR=4,6	1,9 – 12,20
	Elektrisk salg		1,8	0,80 – 3,90
Speers (1988)	Elektriske yrker	Gliom	OR=3,94	1,52 -10,20
Pearce (1989)	Elektriske yrker	Hjerne	OR=1,01	0,56 – 1,82
	Elektrikere		1,91	0,84 – 4,33
	Elektroingeniører		4,74	1,65 -13,63
Loomis (1989)	Elektriske yrker	Hjerne	OR=1,5	1,00 – 2,10
Preston-Martin (1990)	Elektriske yrker	Astrocytom	OR=10,3	1,30 – 80,8
		Gliom	1,7	0,7 - 4,4
Juutilainen (1990)	Elektriske yrker	Hjerne	1,31	0,7 - 2,3
Sahl (1993)	Elektriske yrker	Hjernerkeft	1,09	0,44 – 2,69
<b>Andre kreftformer:</b>				
Vågerö (1983)	Elektronikkarbeidere	Alle	RR=1,15	1,10 – 1,20
		Larynx	1,46	1,05 – 2,03
		Mesopharynx	2,30	1,11 – 4,79
		Lunge	1,52	1,35 – 1,72
		Tykkertarm	1,20	1,02 – 1,43
		Blære	1,22	1,02 – 1,47
		Livmorhals	1,14	1,04 – 1,26
		Melanom	1,64	1,05 – 1,76
Cammarano (1984)	Varmekraftverkarb.	Alle	SMR=2,76	1,43 – 4,82
Milham (1985)	Elektriske yrker	Pancreas	PMR=1,17	1,00 – 1,35
		Resp.organer	1,14	1,06 – 1,22
		Lymfom	1,64	1,22 – 2,16
Olin (1985)	Elektroingeniører	Alle	SMR= 0,5	0,3 - 0,7
		Melanom	3,2	0,7 - 9,4
Vågerö (1985)	Telekomm.arb.	Alle	SMR=1,03	0,8 - 1,2
		Melanom	2,5	1,1 - 4,9
Sorahan (1985)	Semikonduktorarb.	Alle	SMR=1,03	0,76 – 1,36
		Melanom	4,4	1,58 -15,05
Törnqvist (1986)	Linjearb.	Alle	SMR=1,1	1,0 - 1,2
Milham (1988b)	Radioamatører	Alle	SMR=0,89	0,82 – 0,95
Sahl (1993)	Elektriske yrker	Alle	RR=1,08	0,92 – 1,28
		Lymfom	1,25	0,68 – 2,31

Forklaringer: Se tabell 2a, og PIR: Proportional incidence ratio

Tabell 3b: Hjernekreft-risiko fra studier av alle kreftformer

Prosjektansvarlig	Yrke	Krefttype	Risikoestim at	95 % CI
Cammarano (1984)	Varmekraftverkans.	Hjerne	SMR=4,76	0,06 – 26,5
Milham (1985)	Elektriske yrker	Hjerne	PMR=1,23	1,00 – 1,50
	Elektrikere		1,55	1,13 – 2,05
Olin (1985)	Elektroingeniører	Hjerne	SMR=1,0	0,1 - 3,7
Vågerö (1985)	Telekomm.arb.	Nervesystem	SMR=1,03	0,3 - 2,3
Törnqvist (1986)	Linjearbeidere	Nervesystem	SMR=1,5	0,9 - 2,4
Milham (1988b)	Radioamatører	Hjerne	SMR=1,39	0,93 – 2,00
Tynes (1992)	Elektriske yrker	Hjerne	SIR=1,14	0,9 - 1,4

### Litteraturliste

Først gis referanser til noen oversiktsartikler som kan egne seg for generell innføring i ulike emner. Disse artiklene er ikke så spesialiserte som en del av den resterende litteratur.

#### *Fra Norge:*

Thommesen, G. og Tynes, T. Statistiske og lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. Biologiske effekter og yrkeshygienisk betydning. Statens strålevern rapport 1994:1. Statens strålevern, postboks 55, 1345 Østerås. 43 sider pluss vedlegg.

#### *Fra Danmark:*

SEIIS Rapport No.1 1993. Rapport om risiko for kreft hos barn med bopæl eksponert for 50 Hz magnetfelter fra højspændingsanlæg. Sundhedsstyrelsens 1. afdeling, Amaliegade 13, 1012 København K. 74 sider.

SEIIS Rapport No.2 1993. Rapport om risiko for kreft ved utsættelse for ekstremt lavfrekvente magnetfelter i arbejdet. Sundhedsstyrelsens 1. afdeling, Amaliegade 13, 1012 København K. 103 sider.

#### *Fra England:*

«Doll rapporten», NRPB, 1992. Electromagnetic Fields and the risk of cancer, Report of an advisory group on non-ionising radiation, National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon OX11 0RQ. Volume 3, No1, 1992. 138 sider.

Cridland, N.A. 1992. Electromagnetic fields and cancer: A review of relevant cellular studies. National Radiation Protection Board rapport NRPB-R256. 61 sider.

#### *Fra USA:*

National Institutes of Health, gir ut en serie publikasjoner kalt «Environmental



- health perspectives». En rekke artikler i Volum 101, Supplement 4, Desember 1993 kan være av interesse. Her er disse nevnt fortløpende:
- Savitz, D. Health effects of electric and magnetic fields: overview of research recommendations. s71-72.
- Kaune, W. Introduction to power-frequency electric and magnetic fields. s73-82.
- Savitz, D. Epidemiologic studies of electric and magnetic fields and cancer: strategies for extending knowledge. s83-92.
- Stevens, R. Biologically based epidemiological studies of electric power and cancer. s93-100.
- Paneth, N. Neurobehavioral effects of power-frequency electromagnetic fields, s101-106.
- Shaw, G.M. og Croen, L. Human adverse reproductive outcomes and electromagnetic field exposures: review of epidemiologic studies. s107-120.
- Kaune, W. Assessing human exposure to power-frequency electric and magnetic fields. s121-134.
- Siemiatycki, J. Problems and priorities in epidemiologic research on human health effects related to wiring code and electric and magnetic fields. s135-142.

*Liste over litteratur som det er henvist til i rapporten.*

- Abdullakhozhdaeva, M.S. og Razykov, S.R. 1986. Structural changes in the central nervous system under the influence of a permanent magnetic field. Byull. Éksp. Biol. Med. 102:600-602.
- Adey, W.R. 1981. Tissue interactions with nonionizing electromagnetic fields. Physiol. Rev. 61:435-514.
- Adey, W.R. 1993. Biological effects of electromagnetic fields, J. Cell. Biochem. 51:410-416.
- Ahlbom A, Feychting M, Koskenvuo M et al. 1993. Electromagnetic fields and childhood cancer. Letter to the editor. Lancet. 2:1295-1296.
- Aldrich, T.E., Laborde, D., Griffith, J. og Easterly, C. 1992. A meta-analysis of the epidemiological evidence regarding human health risks associated with exposure to electromagnetic fields. Electr. Magnetobiol. 11:127-143.
- Andersen, Aa., Dahlberg, B.E., Magnus, K. og Wannag, A. 1982. Risk of cancer in the Norwegian aluminium industry. Int. J. Cancer 29:295-298.
- Asanova, T.P. og Rakov, A.N. 1966. The state of health of persons working in the electric field of outdoor 400 kV and 500 kV switchyards. Gigiena Truda, Professiona rye Zabolevaniia (Moskva) 1966: 50-52.
- Bardasano J.L. 1986. Der Recessus suprapinealis des Hamsters *Cricetus cricetus* unter der Wirkung von künstlichen Magnetfeldern. Z. mikrosk.-anat. Forsch. 100:961-972.
- Bardasano J.L., Meyer, A.J. og Picazo, L. 1986. Pineal cells with multipolar spindles in chicken embryos exposed to magnetic fields – first trials. Z. mikrosk.-anat. Forsch. 100:85-92.
- Barker, A. 1992. Electromagnetic therapies – real or imaginary? Physics World, Jan. 1992:14-15.
- Barker, A.T. og Lunt, M.J. 1983. Effects of pulsed magnetic fields of the type used in the stimulation of bone fracture healing. Clin. Phys. Physiol. Meas. 4:1-27.
- Baroncelli P, Battisti S, Ceccucci A, Comba P, Grandolfo M, Serio A, Vecchia P. 1986. A health examination of railway high-voltage substation workers exposed to ELF electromagnetic fields. Am. J. Ind. Med. 10:45-55.
- Barregård, L., Järvholm, B. og Ungethüm, E. 1985. Cancer among workers exposed to strong static magnetic fields. Lancet N8460:892.

- Barregård, L., Sällsten, G. og Järholm, B. 1990. Mortality and cancer incidence in chloralkali workers exposed to inorganic mercury. *Br. J. Ind. Med.* 47:99-104.
- Bassett, C.A.L. 1989. Fundamental and practical aspects of therapeutic uses of pulsed electromagnetic fields (PEMFs). *CRC Critical Rev. Biomed. Eng.* 17:451-529.
- Bawin S.M. og Adey W.R. 1976. Sensitivity of calcium binding in cerebral tissue to weak environmental electric fields oscillating at low frequency. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 73:1999-2003.
- Beischer, D.E. og Knepton, J.C. 1964. Influence of strong magnetic fields on the electrocardiogram of squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). Pensacola Fl. (NAV-SAM-MR005. 13-9010-1-8). Naval School of Aviation Medicine.
- Beniashvili et al. 1991. Low-frequency electromagnetic radiation enhances the induction of rat mammary tumors by nitrosomethyl urea. *Cancer Lett.* 61:75-80.
- Berg M, Lidén S, 1993. Arnetz B. Bildskärmsallergi – ett svenskt problem? *Nord. Med.* 108:194-6.
- Bergqvist U. 1993. Health problems during work with visual display terminals. *Arbete och Hälsa* 1993:28.
- Berman, E., Chacon, L., House, D., Koch, B.A., Koch, W.E., Leal, J., Løvtrup, S., Mantiply, E., Martin, A.H., Martucci, G.I., Mild, K.H., Monahan, J.C., Sandström, M., Shamsaifar, K., Tell, R., Trillo, M.A., Ubeda, A. og Wagner, P. 1990. Development of chicken embryos in a pulsed magnetic field. *Bioelectromagnetics* 11:169-187.
- Bernhardt, J.H. 1988. The establishment of frequency dependent limits for electric and magnetic fields and evaluation of indirect effects. *Radiat. Environ. Biophys.* 27:1-27.
- Blackman, C.F., Benane, S.G., Rabinowitz, J.R., House, D.E. og Joines, W.T. 1985. A role for the magnetic field in the radiation-induced efflux of calcium ions from brain tissue in vitro. *Bioelectromagnetics* 6:327-337.
- Blask, D.E. 1990. The emerging role of the pineal gland and melatonin in oncogenesis. I: Wilson, B.W., Stevens, R.G. og Anderson, L.E. (eds.): «Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields: The Question of Cancer», Battelle Press, ISBN 0-935470-48-4, pp 319-335.
- Bregadze, M.A. 1988. Effect of constant magnetic field on the brain in Guinea pigs. *Soobshch. Akad. Nauk. Gruz. SSR* 129:169-172.
- Broadbent, D.E., Broadbent, M.H.P., Male, J.C. og Jones, M.R.L. 1985. Health of workers exposed to electric fields. *Brit. J. Ind. Med.* 42:75-84.
- Bruce, G.K., Howlett, C.R. og Huckstep, R.L. 1987. Effect of a static magnetic field on fracture healing in a rabbit radius. *Clin. Orthoped. Related Res.* 222:300-306.
- Buckley, J.D., Robison, L.L., Swotinsky, R. et al. 1989. Occupational Exposures of Parents of Children with Acute Nonlymphocytic Leukemia: A Report from the Childrens Cancer Study Group. *Cancer Research* 49:4030-4037.
- Bunin, G.R., Ward, E., Kramer, S. et al. 1990. Neuroblastoma and Parental Occupation. *Am. J. Epidemiol.* 131:776-780.
- Buyavykh, A.G., Medvedev, O.S. og Stukanov, A.F. 1987. Effect of a low-frequency magnetic field on the systemic arterial pressure of spontaneously hypertensive rats. *Bull. Exp. Biol. Med.* 104:905-906.
- Byus, C.V., Pieper, S.E. og Adey, W.R. 1987. The effects of low energy 60-Hz environmental electromagnetic fields upon the growth-related enzyme, ornithine decarboxylase. *Carcinogenesis* 8:1385-1389.
- Carstensen, E.L., Buettner, A., Genberg, V.L. og Miller, M.W. 1985. Sensitivity of the human eye to power frequency electric fields. *IEEE Trans. Biomed. Eng.*

- BME-32:561-565.
- Chernoff, N., Rogers, J.M. og Kavet, R. 1992. A review of the literature on potential reproductive and developmental toxicity of electric and magnetic fields. *Toxicol.* 74:91-126.
- Chitaya, T.P. og Nadareishvili, K. Sh. 1989. Cardio-hemodynamic changes in rabbits after single whole-body exposure to 50 Hz magnetic field. *Izv. Akad. Nauk. Gruz. SSR ser. Biol.* 15:293-301.
- Coleman, M.P., Bell, C.M.J., Taylor, H.-L., Primic-Zakelj, M. 1989. Leukemia and residence near electricity transmission equipment: A case-control study. *Br. J. Cancer* 60:793-798.
- Cook, M.R., Graham, C., Cohen, H.D. og Gerkovich, M.M. 1992. A replication study of human exposure to 60-Hz fields: Effects on neurobehavioral measures. *Bioelectromagnetics* 13:261-285.
- Cormier-Parry, M.L., Karakashian, G.V. og Burnett, J.W. 1988. Dermatological Manifestations in Users of Video Display Terminals. *Cutis* 42:16-17.
- Cridland, N.A. 1992. Electromagnetic fields and cancer: A review of relevant cellular studies. National Radiation Protection Board rapport NRPB-R256. 61 sider.
- De Guire, L., Thériault, G., Iturra, H., Provencher, S., Cyr, D. og Case, B.W. 1988. Increased incidence of malignant melanoma of the skin in a telecommunications industry. *Br. J. Ind. Med.* 45:824-828.
- Demaine, D. og Semm, P. 1985. The avian pineal gland as an independent magnetic sensor. *Neurosci. Lett.* 62:119-122.
- Demers, P.A. et al. 1991. Occupational exposure to electromagnetic radiation and breast cancer in men. *Am. J. Epidemiol.* 134:340-347.
- Dlugosz, L., Vena, J., Byers, T. et al. 1992. Congenital Defects and Electric Bed Heating in New York State: A Register-based Case-Control Study. *Am. J. Epidemiol.* 135:1000-1011.
- Dowson, D.I., Lewith, G.T., Campbell, M. et al. 1988. Overhead high-voltage cables and recurrent headache and depressions. *The Practitioner* 232:435-436.
- Easley, S.P., Coelho, A.M.Jr og Rogers, W.R. 1991. Effects of exposure to a 60-kV/m, 60-Hz electric field on the social behavior of baboons. *Bioelectromagnetics* 12:361-375.
- Easley, S.P., Coelho, A.M.Jr og Rogers, W.R. 1992. Effects of a 30 kV/m, 60 Hz electric field on the social behavior of baboons: A crossover experiment. *Bioelectromagnetics* 13:395-400.
- Ericson, A. og Källén, B. 1986. An Epidemiological Study of Work with Video Screens and Pregnancy Outcome:I A Registry Study. *Am. J. Ind. Med.* 9:447-457
- Ericson, A. og Källén, B. 1986. An Epidemiological Study of Work with Video Screens and Pregnancy Outcome:II A Case-Control Study. *Am. J. Ind. Med.* 9:459-475
- Farndale, R.W. og Murray, J.C. 1986. The action of pulsed magnetic fields on cyclic AMP levels in cultured fibroblasts. *Biochim. Biophys. Acta* 881:46-53.
- Faye-Lund, P. 1984. Muskelsmerter etter arbeid i magnetfelt ved ca. 10 000 Hz. *Norsk bedr.h.tj.* 1:7-12.
- Feychting, M. og Ahlbom, A. 1993. Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high voltage power lines. *Am. J. Epidemiol.* 7:467-481.
- Floderus, B., Persson, T. et al. 1993. Occupational exposure to electromagnetic fields in relation to leukemia and brain tumors. A case-control study in Sweden. *Cancer Causes and Control.* 4:465-476.
- Floderus, B., Persson, T. et al. 1993. Incidence of selected cancers in Swedish rail-

- way workers, 1961-79. *Cancer Causes and Control*. 5:189-194.
- Flodin, U., Fredriksson, M., Axelson, O., Persson, B. og Hardell, L. 1986. Background radiation, electrical work, and some other exposures associated with acute myeloid leukemia in a case-referent study. *Arch. Environ. Health* 41:77-84.
- Franzen et al. 1992. Denne referansen fikk ikke sekretæren tak i fra utvalgsmedlemmer ved sluttskrivingen av rapporten. Interesserte henvender seg til sekretæren i utvalget Tel 22855646.
- Frölén, H., Svedenstål, B.-M. og Paulsson, L.-E. 1993. Effects of pulsed magnetic fields on the developing mouse embryo. *Bioelectromagnetics* 14:197-204.
- Fulton, J.P., Cobb, S., Preble, L., Leone, L. og Forman, E. 1980. Electric wiring configuration and childhood leukemia in Rhode Island. *Am. J. Epidemiol.* 111:292-296.
- Galt, S., Sandblom, J. og Hamnerius, Y. 1993a. Theoretical study of the resonant behavior of an ion confined to a potential well in a combination of AC and DC magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 14:299-314.
- Galt, S., Sandblom, J., Hamnerius, Y., Höjevik, P., Saalman, E. og Nordén, B. 1993b. Experimental search for combined AC and DC magnetic field effects on ion channels. *Bioelectromagnetics* 14:315-327.
- Gamberale, F., Olson, B.A., Eneroth, P., Lindh, T. og Wennberg, A. 1989. Acute effects of ELF electromagnetic fields: a field study of linesmen working with 400 kV power lines. *Br. J. Ind. Med.* 46:729-737.
- Garber, H.J., Oldendorf, W.H., Braun, L.D., Lufkin, R.B. 1989. MRI gradient fields increase brain mannitol space. *Magn. Res. Imaging* 7:605-610.
- Goodman, R. og Shirley-Henderson, A. 1991. Transcription and translation in cells exposed to extremely low frequency electromagnetic fields. *Bioelectrochem. Bioenerget.* 25:335-355.
- Gorczyńska, E., Galka, G., Wegrzynowicz, R. og Mikosza, H. 1986. Effect of magnetic field on the process of cell respiration in mitochondria of rats. *Physiol. Chem. Phys. Med. NMR* 18:61-69.
- Gorczyńska, E. og Wegrzynowicz, R. 1991. Structural and functional changes in organelles of liver cells in rats exposed to magnetic fields. *Environ. Res.* 55:188-198.
- Graham, C., Cohen, H.D. og Cook, M.R. 1990. Immunological and biochemical effects of 60-Hz electric and magnetic fields in humans. MRI Report. Project No. RA-338-C. Midwest Research Institute.
- Graham, C., Cook, M.R., Cohen, H.D., Riffle, D.W., Hoffman, S.J., McClernon, F.J., Smith, D. og Gerkovich, M.M. 1993. EMF supression of nocturnal melatonin in human volunteers. Presentasjon på «Contractors Review» konferanse okt/nov 1993, Savanna, USA.
- Grandolfo, M. og Vecchia. P. 1989. Existing safety standards for high voltage transmission lines, i: Franceschetti, G., Gandhi, O.P. og Grandolfo, M. (Eds) «Electromagnetic biointeraction, Mechanisms, safety standard, protection guides». Plenum Press, NY. ISBN 0-306-43328-1.
- Gruner, O. 1977. Methods of electro- and radiosleep. *Balneo. Bohem.* 6:33-44.
- Grünner, O. 1989. The cerebral application of constant magnetic fields: A brief review of the Jesenik procedure. *J. Bioelectr.* 7:209-218.
- Guenel P., Raskmark P., Bach Andersen J, Lyng E . 1993. Incidence of cancer in persons with occupational exposure to electromagnetic fields in Denmark. *Br. J. Ind. Med.* 50:758-764.
- Gunnarson, L-G., Bodin, L., Söderfeldt, B., Axelson, O. 1992. A case-control study of motor neurone disease: its relation to heritability, and occupational

- exposures, particularly to solvents. *Br. J. Ind. Med.* 49:791-798.
- Halle, B. 1988. On the cyclotron resonance mechanism for magnetic field effects on transmembrane ion conductivity. *Bioelectromagnetics* 9:381-385.
- Hamnerius, Y., Agrup, G., Galt, S., Nilsson, R., Sandblom, J. og Lindgren, R. 1992. Provocation study of hypersensitivity reactions associated with exposure to electromagnetic fields from VDUs. *Work with display units '92*. Technische Universität Berlin 1-4 Sept. 1992.
- Hamnerius, Y. og Sjöberg, P. 1994. Are hypersensitivity reactions provoked by a VDU? Foreløpig presentasjon på «3:rd Nordic Workshop for Biological effects of low frequency electromagnetic fields», Umeå, mars 1994.
- Hansson, H.-A. 1981. Lamellar bodies in Purkinje nerve cells experimentally induced by electric field. *Brain Res.* 216:187-191.
- Haysom, C., Dowson, D., and Campbell, M.J. 1990. The relevance of headaches and migraine in populations resident near overhead power lines – an epidemiological study. *Complementary Med. Res.* 4:12-15.
- Hess, C.W., Mills, K.R. og Murray, N.M.F. 1987. Responses in small hand muscles from magnetic stimulation of the human brain. *J. Physiol.* 388:397-419.
- Hong, C.Z. 1987. Static magnetic field influence on human nerve function. *Arc. Phys. Med. Rehabil.* 68:162-164.
- Hotz, M.A. et al. 1992. Human auditory evoked potential before and after magnetic resonans imaging. *Eu. Arc. Otorhinolaryngol.* 249:85-86.
- Hufnagel, A., Elger, C.E., Durwen, H.F., Böker, D.K. og Enzian, W. 1990. Activation of the epileptic focus by transcranial magnetic stimulation of the brain. *Ann. Neurol.* 27:49-60.
- Huuskonen, H., Juutilainen, J. og Komulainen, H. 1993. Effects of low frequency magnetic fields on fetal development in rats. *Bioelectromagnetics* 14:205-213.
- Ieran, M., Zaffuto, S., Bagnacani, M., Annovi, M., Moratti, A og Cadossi, R. 1990. Effect of low frequency pulsing electromagnetic fields on skin ulcers of venous origin in humans: a double-blind study. *J. Orthop. Res.* 8:276-282
- IRPA/INIRC 1989. Interim guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields. *Health Phys.* 58:113-122.
- Jansson E. 1993. Re: Congenital Defects and Electric Bed Heating in New York State: A Register-based Case-Control Study. *Letter. Am. J. Epidemiol.* 137:585-586
- Jentsch, A., Lehmann, M., Schøne, E. et al. 1993. Weak magnetic fields change extinction of a conditioned reaction and daytime melatonin levels in the rat. *Neuroscience Letters* 157:79-82.
- John, E.M., Savitz, D.A. og Sandler, D.P. 1991. Prenatal exposure to parents' smoking and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.* 133:123-132. (evt. 135:713-714, sprikende informasjon ikke sjekket i sluttskriving).
- Johnson, C.C. og Spitz, M.R. 1989. Childhood nervous system tumors: An assessment of risk assosiatet with parental occupations involving use, repair and manufacture of electrical equipment. *Int. J. Epidemiol.* 18:756-762.
- Juutilainen, J., Björk, E. og Saali, K. 1988. Epilepsy and electromagnetic fields: effects of simulated atmospherics and 100-Hz magnetic fields on audiogenic seizure in rats. *Int. J. Biometeorol.* 32:17-20.
- Juutilainen, J., Läärä, E. og Pukkala, E. 1990. Incidence of leukemia and brain tumors in Finnish workers exposed to ELF magnetic fields. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 62:289-293.
- Juutilainen, J., Matilainen, P., Saarikoski, S., Läärä, E. og Suonio, S. 1993. Early pregnancy loss and exposure to 50-Hz magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 14:229-236.

- Kalmijn, A.J. 1982. Electric and magnetic field detection in elasmobranch fishes. *Science* 218:916-918.
- Kanje, M., Rusovan, A., Siske, B. og Lundborg, G. 1993. Pretreatment of rats with pulsed electromagnetic fields enhances regeneration of the sciatic nerve. *Bioelectromagnetics* 14:353-359.
- Kaune, W.T. og Phillips, R.D. 1980. Comparison of the coupling of grounded humans, swine and rats to vertical, 60-Hz electric fields. *Bioelectromagnetics* 1:117-129.
- Kavaliers, M. og Ossenkopp, K.-P. 1987. Calcium channel involvement in magnetic field inhibition of morphine-induced analgesia. *Naunyn-Schmiedeberg's Arch. Pharmacol.* 336:308-315.
- Kavet, R. 1991. An alternate hypothesis for the association between electrical wiring configuration and cancer. *Epidemiology* 2:224-229.
- Kirschvink, J.L. og Kobayashi-Kirschvink, A. 1992. Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) biomineralization in human tissues: A solution to the thermal noise problem of ELF bio-effects. Abstract, The First World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine. Lake Buena Vista, Florida, 14.-19. juni 1992.
- Knave, B., Gamberale, F. og Bergström, S. 1979. Long-term exposure to electric fields. A cross-section epidemiological investigation on occupationally-exposed high-voltage substations. *Scand. J. Work Environ. Health* 5:115-125.
- Knave, B.G., Wibom, R.I., Voss, M., Hedström, L.D. og Bergquist, U.O.V. 1985. Work with video display terminals among office employees. I. Subjective symptoms and discomfort. *Scand. J. Work Environ. Health* 11:457-466.
- Laforge, H., Sadeghi, M.R. og Seguin, M.K. 1986. Magnetostatic field effect: stress syndrome pattern and functional relation with intensity. *J. Psychol.* 120:299-304.
- Langård, S., Andersen, A. og Ravnstad, J. 1990. Incidence of cancer among ferromagnetic and ferrosicon workers: an extended observation period. *Br. J. Ind. Med.* 47:14-19.
- Lazetic, B. og Nikin, B. 1988. The effect of electromagnetic field on the heart rate of rabbits. *Gen. Physiol. Biophys.* 7:529-536.
- Leask, M.J.M. 1977. A physicochemical mechanism for magnetic field detection by migratory birds and homing pigeons. *Nature* 267:144-145.
- Lee, J.M., Stormshak, F., Thompson, J.M. et al. 1993. Melatonin secretion and puberty in female lambs exposed to environmental electric and magnetic fields. *Biology of Reproduction* 49:857-864.
- Lednev, V.V. 1991. Possible mechanism for the influence of weak magnetic fields on biological systems. *Bioelectromagnetics* 12:71-75.
- Lee, K.Y.C., Klinger, J.F. og McConnell, H.M. 1994. Electric field-induced concentration gradients in lipid monolayers. *Science* 263:655-658.
- Lerchl, A., Nonaka, K.O. og Reiter, R.J. 1991. Pineal gland «magneto-sensitivity» to static magnetic fields is a consequence of induced electric currents (eddy currents). *J. Pineal Res.* 10:109-116.
- Leung, F.C., Rommereim, D.N. Stevens, R.G. og Anderson, L.E. 1986. Effects of electric field or constant light on rat mammary tumor development induced by 7,12-dimethylbenz(a)anthracene (DMBA). Meeting abstract, Contractors Review 1986.
- Liboff, A.R. 1985. Geomagnetic cyclotron resonance in living cells. *J. Biol. Physics* 13:99-102.
- Liboff, A.R., Rozek, R.J., Sherman, M.L., McLeod, B.R. og Smith, S.D. 1987.  $\text{Ca}^{2+}$ -45cyclotron resonance in human lymphocytes. *J. Bioelectr.* 6:13-22.
- Liburdy, R.P., Tenforde, T.S. og Magin, R.L. 1986. Magnetic field-induced drug

- permeability in liposome vesicles. *Radiat. Res.* 108:102-111.
- Lin, R.S., Dischinger, P.C., Conde, J. og Farrel, K.P. 1985. Occupational exposure to electromagnetic fields and the occurrence of brain tumors: an analysis of possible associations. *J. Occ. Med.* 27:413-419.
- Lindbohm, M-L., Hietanen, M., Kyynönen, P. et al. 1992. Magnetic fields of video display terminals and spontaneous abortion. *Am. J. Epidemiol.* 136:1041-1051.
- Lidén, C., Wahlberg, J.E. 1985. Work with video display terminals among office employees. Dermatological factors. *Scand. J. Work Environ. Health* 11:489-493.
- Lidén S. Elöverkänslighet – gammal företeelse med nytt ansikte. I: Hälsoeffekter av el? Källa 41, Forskningsrådsnämnden, Stockholm, 1993, ss 33-41.
- London, S.J., Thomas, D.C., Bowman, J.D., Sobel, E., Cheng, T.-C. og Peters, J.M. 1991. Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia. *Am. J. Epidemiol.* 134:923-937.
- Loomis, D.P. og Savitz, D.A. 1989. Mortality from brain cancer and leukemia among electrical workers. *Br. J. Ind. Med.* 47:633-638.
- Lowengart, R.A., Peters, J.M., Cicioni, C. et al. 1987. Childhood Leukemia and Parents' Occupational and Home Exposures. *JNCI* 79:39-46.
- Luben, R.A. 1991. Effects of low-energy electromagnetic fields (pulsed and DC) on membrane signal transduction processes in biological systems. *Health Physics* 61:15-28.
- Lyle, D.B., Ayotte, R.D., Sheppard, A.R. og Adey, W.R. 1988. Suppression of T-lymphocyte cytotoxicity following exposure to 60-Hz sinusoidal electric fields. *Bioelectromagnetics* 9:303-313.
- Lyskov, E., Juutilainen, J. Jousmaki, V. et al.: Influence of short-term exposure of magnetic field on the bioelectrical processes of the brain and performance. *Int. J. Psychophysiology* 1993: 14: 227-231.
- MacKay Rossignol, A., Morse, P.E., Summers, V.M. og Pagnotto, L.D. 1987. Video Display Terminal Use and Reported Health Symptoms Among Massachusetts Clerical Workers. *J. Occup. Med.* 29:112-118.
- Male, J. 1992. Biological effects of magnetic fields: a possible mechanism? *Biologist* 39:87-89.
- Mariott, I.A. og Stuchly, M.A. 1986. Health Aspects of Work With Visual Display Terminals. *J. Occup. Med.* 28:833-848.
- Matthes, R. og Bernhardt, J. 1986. Funktionsbeeinflussung unipolarer Herzschrittmacher durch elektrische und magnetische Felder. *Tätigkeitsbericht 1986 des Bundesgesundheitsamtes*, s. 95-97.
- Matanoski, G.M., Breyse, P.N. og Elliot, E.A. 1991. Electromagnetic field exposure and breast cancer. *Lancet* 337:737.
- McCann, J., Dietrich, F., Rafferty, C. og Martin, A.O. 1994. A critical review of the genotoxic potential of electric and magnetic fields. *Mutation Res.* 297:61-95.
- McCormack, P.D. og Swenberg, C.E. 1985. Increase in öX174 DNA radiation sensitivity due to electric fields. *Radiat. Res.* 104:293-302.
- McDowall, M.E. 1983. Leukemia and mortality in electrical workers in England and Wales. *Lancet* 8318:246
- McDowall, M.E. 1986. Mortality of persons resident in the vicinity of electricity transmission facilities. *Br. J. Cancer* 53:271-279.
- McLauchlan, K. 1992. Are environmental magnetic fields dangerous? *Physics World Jan.* 1992: 42-45.
- McLeod, B.R., Smith, S.D., Cooksey, K.E. og Liboff, A.R. 1987. Ion cyclotron resonance frequencies enhance Ca<sup>++</sup>-dependent motility in diatoms. *J. Bioelectr.* 6:1-12.

- McMahan, S., Ericson, J. og Mayer, J. 1994. Depressive symptomatology in women and residential proximity to high-voltage transmission lines. *Am. J. Epidemiol.* 139:58-63.
- Microwave News 1993. Cancer excess at aluminum plant in Washington State. *Microwave News* 8:3
- Milham, S. 1982. Mortality from leukaemia in workers exposed to electrical and magnetic fields. *New Engl. J. Med.* 307:249.
- Milham, S. 1985. Mortality from leukaemia in workers exposed to electromagnetic fields. *Environ. Health Perspective* 62:297-300.
- Milham, S. 1988a. Increased mortality in amateur radio operators due to lymphatic and hematopoietic malignancies. *Am. J. Epidemiol.* 127:50-54.
- Milham, S. 1988b. Mortality by licence class in amateur radio operators. *Am. J. Epidemiol.* 128:1175-1176.
- Milunsky, A., Ulcickas, M., Rothman, K.J. et al. 1992. Maternal Heat Exposure and Neural Tube Defects. *J. Am. Med. Ass.* 268:882-885.
- Mikhail, E. og Fam, W. 1991. Development of lymphoma in laboratory mice exposed to low frequency electromagnetic field. *Clin. Investig. Med.* 14:19-23.
- Mincheva, T., Ishev, V og Genkov, D. 1985. Influence of a constant magnetic field on antibody formation in experimentally immunized white rats. *Folia Med.* 27:44-47.
- Mur, J.M. et al. 1987. Mortality of aluminium reduction plant workers in France. *Int. J. Epidemiol.* 16:257-264.
- Murphy, J.C., Kaden, D.A., Warren, J. og Sivak, A. 1993. Power frequency electric and magnetic fields: A review of genetic toxicology. *Mutation Res.* 296:221-240.
- Murray, J.C. og Farndale, R.W. 1985. Modulation of collagen production in cultured fibroblasts by a low-frequency, pulsed magnetic field. *Biochim. Biophys. Acta* 838:98-105.
- Myers, A., Clayden, A.D., Cartwright, R.A., Cartwright, S.C. 1990. Childhood cancer and overhead powerlines: A case-control study. *Br. J. Cancer* 62:1008-1014.
- Mäkinen, P., Järvinen, P. og Valjus, J. 1991. 50 Hz sähköja magneettikenttäaltistus suurjännitöissä (finsk, engelsk abstrakt). Imatran Voima Oy forskningsrapport IVO-A-01/91, 54 sider.
- Nakagawa, M. 1979. Effect of magnetic fields on fertility, general reproductive performance and growth of mice. *Jpn. J. Hyg.* 34:488-495.
- Nakagawa, M. og Matsuda, Y. 1988. A strong static-magnetic field alters operant responding by rats. *Bioelectromagnetics* 9:25-37.
- Nasca, P.C., Baptiste, M.S., MacCubbin, P.A. et al. 1988. An Epidemiologic Case-Control Study of Central Nervous System Tumors in Children and Parental Occupational Exposures. *Am. J. Epidemiol.* 128:1256-1265.
- Nilsen, A. 1982. Facial rash in visual display unit operators. *Contact Dermatitis* 8:25-28.
- Nilsson R. «Elöverkänslighet». Rapport nr 49, 1993, Yrkesmedicinska Kliniken, Sahlgrenska Sjukhuset, Göteborg.
- Nilsson, R., Galt, S., Hamnerius, Y., Lindgren, R., Sandblom, J. og Agrup, G. 1992. Provocation study of persons who claim to be hypersensitive to electromagnetic fields from VDUs. Abstract, International Occupational Hygiene Association, Brussels, 1992.
- Nordenson, I., Mild, K.H., Nordström, S., Sweins, S. og Birke, E. 1984. Clastogenic effects in human lymphocytes of power frequency electric fields: in vivo and in vitro studies. *Radiat. Environ. Biophys.* 23:191-201.



- Nordenson, I., Mild, K.H., Östman, U. og Ljungberg, H. 1988. Chromosomal effects in lymphocytes of 400 kV-substation workers. *Radiat. Environ. Biophys.* 27:39-47.
- Nordenson I., Mild, K.H., Sandström, M. og Mattsson, M.-O. 1989. Genetic effects on human cells after exposure to weak low frequency magnetic fields. Abstract, 11th meeting of the Bioelectromagnetics Soc., 18-22 June, Tucson, Arizona, USA.
- Nordström, S., Birke, E. og Gustavsson, L. 1983. Reproductive Hazards Among Workers at High Voltage Substations. *Bioelectromagnetics* 4:91-101
- NRPB 1992. Electromagnetic fields and the risk of cancer. Documents of the NRPB 3. ISBN 0-85951-346-7.
- Oftedal, G., Vistnes, A.I., Ryggen, K. og deFrancisco, P. 1993. Elektriske felt fra dataskjermer – hudplager: Dobbelt blindforsøk. Sintef unimed rapport STF23 A93043.
- Olcese, J., Reuss, S., Stehle, J., Steinlechner, S. og Vollrath, L. 1988. Responses of the mammalian retina to experimental alterations of the ambient magnetic field. *Brain Res.* 448:325-330.
- Olin, R., Vågerö, D. og Ahlbom, A. 1985. Mortality experience of electrical engineers. *Br. J. Ind. Med.* 42:211-212.
- Olsen, J.H., Nielsen, A., Schulgen. 1993. Residence near high-voltage facilities and the risk of cancer in children. *Brit. Med. J.* 307:895-899. (evt. 891-895, sprikende informasjon ikke sjekket i sluttskriving)
- Ossenkopp, K.-P. og Kavaliers, M. 1989. Clinical and applied aspects of magnetic field exposure: A possible role for the endogenous opioid system. *J. Bioelectr.* 7:189-208.
- Ossenkopp, K.-P. og Cain, D.P. 1991. Inhibitory effects of powerline-frequency (60-Hz) magnetic fields on pentylenetetrazol-induced seizures and mortality in rats. *Behav. Brain Res.* 44:211-216.
- Parazzini, F., Luchini, L., La Vecchia, C. et al. 1993. Video display terminal use during pregnancy and reproductive outcome – a meta analysis. *J Epidemiol, Comm. Health* 47:265-268.
- Perry, F.S., Reichmanis, M., Marino, A.A. og Becker, R.O. 1981. Environmental power-frequency magnetic fields and suicide. *Health Physics* 41:267-277.
- Perry, S. og Pearl, L. 1988. Power frequency magnetic field and illness in multi-storey blocks. *Public Health* 102:11-18.
- Perry, S., Pearl, L. og Binns, R. 1989. Power frequency magnetic field; depressive illness and myocardial infarction. *Public Health* 103:177-180.
- Peteiro-Cartelle, F.J. og Cabezas-Cerato, J. 1989. Absence of kinetic and cytogenetic effects on human lymphocytes exposed to static magnetic fields. *J. Bioelectr.* 8:11-19.
- Polk, C. 1986. Introduction, i «CRC Handbook of biological effects of electromagnetic fields», C.Polk og E.Postow (Eds.) CRC Press, Boca Raton, Florida, ISBN 0-8493-3265-6. s1-24 (av 503 sider).
- Poole, C., Kavet, R., Funch, D.P. et al. 1993. Depressive symptoms and headache in relation to proximity to residence to an alternating-current transmission line right-of-way. *Am. J. Epidemiology* 137:318-330.
- Preston-Martin, S. et al. 1988. Myelogenous leukaemia and electric blanket use. *Bioelectromagnetics* 9:207-213.
- Preston-Martin, S., Mack, W. og Henderson, B.E. 1989. Risk factors for gliomas and meningiomas in males in Los Angeles county. *Cancer Res.* 49:6137-6143.
- Ramberg, G., Bjørnevik, L.R., Vistnes, A.I., Tynes, T. og Haldorsen, T. 1994. Magnetfelteksponering av barn. Hvor mye betyr felter fra kraftledninger sam-

- menliknet med felter fra andre kilder? Fysisk institutts rapportserie (blir først ferdig sommeren 1994).
- Rannug, A., Ekström, T., Mild, K.H., Holmberg, B., Gimenez-Conti, I. og Slaga, T.J. 1993. A study in skin tumor formation in mice with 50 Hz magnetic field exposure. *Carcinogenesis* 14:573-578.
- Reichmanis, M., Perry, F.S., Marino, A.A. og Becker, R.O. 1979. Relation between suicide and the electromagnetic field of overhead power lines. *Physiol. Chem. Phys.* 11:395-403.
- Reiter, R.J. 1990. Effects of light and stress on pineal function. I: Wilson, B.W., Stevens, R.G. og Anderson, L.E. (eds.): «Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields: The Question of Cancer», Battelle Press, ISBN 0-935470-48-4, pp 87-107.
- Reiter, R.R. 1993. A review of neuroendocrine and neurochemical changes associated with static and extremely low frequency electromagnetic field exposure. *Integrative Physiol. Behav. Sci.* 28:57-75.
- Roberg, P.F. 1976. Study on the state of health of electric maintenance workers on Hydro-Quebec 735 kV power transmission system. Report on of Health Dept, Hydro-Quebec, Montreal 1976
- Robert, E. 1993. Birth defects and high voltage power lines: an exploratory study based on registry data. *Reprod. Toxicol.* 7:283-287.
- Rockette, H.E. og Arena, V.C. 1981. Mortality studies of aluminium reduction plant workers: Potroom and carbon department. *J. Occup. Med.* 25:549-57.
- Rosen, A.D. 1993. Membrane response to static magnetic fields: effect of exposure duration. *Biochim. Biophys. Acta* 1148:317-320.
- Rosenbaum, P. et al. 1990. Risk factors for male breast cancer. State University of New York at Buffalo. Transmission/Distribution Health og Safety Rep. 8:21.
- Rudolph, K., Kräuchi, K., Wirz-Justice, A. og Feer, H. 1985. Weak 50-Hz electromagnetic fields activate rat open field behavior. *Physiol. Behav.* 35:505-508.
- Rudolph, K., Wirz-Justice, A., Kräuchi, K. og Feer, H. 1988. Static magnetic fields decrease nocturnal pineal cAMP in the rat. *Brain Res.* 446:159-160.
- Sahl, J.D., Kelsh, M.A. og Greenland, S. 1993. Cohort and nested case-control studies of hematopoietic cancers and brain cancer among electric utility workers. *Epidemiol.* 4:104-114.
- Sahl, J.D., Klesh, M.A., Smith, R.W. og Aseltine, D.A. 1994. Exposure to 60 Hz magnetic fields in the electric utility work environment. *Bioelectromagnetics* 15:21-32.
- Salford, L.G. et al. 1989. Konferanse-foredrag på «Interaction Mechanisms of Low Level Electromagnetic Fields in Living Systems – Resonant Phenomena», Kungliga Vetenskapsakademien, Stockholm 25.-27. mai 1989.
- Saltzinger, K., Freimark, S., McCullouch, M., Phillips, D. og Birenbaum, L. 1990. Altered operant behavior of adult rats after perinatal exposure to a 60-Hz electromagnetic field. *Bioelectromagnetics* 11:105-116.
- Sandström, M., Mild, K.H., Ericsson, N., Höög, J., Stenberg, B., Sundell, J. og Wall, S. 1992. The healthy office – do we need to worry about EM fields? Poster, First World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine. Lake Buena Vista, Florida, 14.-19. juni 1992.
- Savitz, D.A., Wachtel, H., Barnes, F.A., John, E.M. og Tvrđik, J.G. 1988. Case-control study of childhood cancer and exposure to 60-Hz magnetic fields. *Am. J. Epidemiol.* 128:21-38.
- Savitz, D.A. og Feingold, L. 1989. Association of childhood cancer with residential traffic density. *Scan. J. Work Environ. Health* 15:360-363.
- Savitz, D.A., John, E.M. og Kleckner, R.C. 1990. Magnetic field exposure from

- electric appliances and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.* 131:763-773.
- Saunders, R.D., Sienkiewicz, Z.J. og Kowalczyk, C.I. 1991. Biological effects of magnetic fields and radiation. *J. Radiol. Prot.* 11:27-42.
- Schnorr, T.M., Grajewski, B.A., Hornung, R.W. et al. 1991. Video display terminals and the risk of spontaneous abortion. *N. Engl. J. Med.* 324:727-733
- Seegal, R.F., Wolpaw, J.R. og Dowman, R. 1989. Chronic exposure of primates to 60-Hz electric and magnetic fields: II Neurochemical effects. *Bioelectromagnetics* 10:289-301.
- Severson, R.K., Stevens, R.G. et al. 1988. Acute nonlymphocytic leukaemia and residential exposure to power frequency magnetic fields. *Am. J. Epidemiol.* 128:10-20.
- Sharrard, W.J. 1992. Bone repair – clinical application and validity. Abstract, The First World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine. Lake Buena Vista, Florida, 14.-19. juni 1992.
- Shibib, K., Brock, M., Gosztonyi, G., Erne, S.N., Hahlbohm, H.-D. og Schoknecht, G. 1987. The geomagnetic field: a factor in the cellular interactions? I. Magnetism and Schwann cell-axon interaction in the peripheral nerves of the newborn rat. *Neurol. Res.* 9:225-235.
- Silny, J. 1984. Changes in VEP caused by strong magnetic field. I: Nodar, R.H. og Barber, C. (eds.): «Evoked Potentials» II2, Butterworth Publishers, pp 272-279.
- Silny, J. 1985. The influence threshold of the time-varying magnetic field in the human organism. I: Biological Effects of Static and Extremely low Frequency Magnetic Fields. MMV Medizin-Verlag München, 1985.
- Simon, N.J. 1992. Biological Effects of Static Magnetic Fields. *A review*. International Cryogenic Materials Commission, Inc., Boulder CO., ISBN 1-881160-04-1, (284 pp.)
- Skyberg, K., Hansteen, I-L og Vistnes, A.I. 1993. Chromosome aberrations in lymphocytes og high-voltage laboratory cable splicers exposed to electromagnetic fields. *Scand. J. Work Environ. Health* 19:29-34.
- Speers, M., Dobbins, J.G. og Miller, V.S. 1988. Occupational exposure and brain cancer mortality. A preliminary study of East Texas residents. *Am. J. Ind. Med.* 13:629-638.
- Spinelli, J.J., Band, P.R., Svirchev, L. og Gallagher, R.P. 1991. Mortality and cancer incidence in aluminum reduction plant workers. *J. Occup. Med.* 33:1150-1155.
- Spitz, M.R. og Johnson, C.C. 1985. Neuroblastoma and paternal occupation. A case-control analysis. *Am. J. Epidemiol.* 121:924-929.
- Stamenovic, B. og Majic, V. 1975. An evidence of the impairment of heart function by constant magnetic field. *Period. Biol.* 77:82.
- Stern, R.M. 1987. Cancer incidence among welders: Possible effects of exposure to extremely low frequency electromagnetic radiation (ELF) and to welding fumes. *Environ. Health Perspect.* 76:221-229.
- Stevens, R.G. 1987a. Electric power use and breast cancer: a hypothesis. *Am. J. Epidemiol.* 125:556-561.
- Stevens, R.G. 1987b. Epidemiological studies of cancer and residential exposure to electromagnetic fields. Contractors Final Report. pt.1. New York Powerlines Project. Albany, NY.
- Stollery, B.T. 1986. Effects of 50 Hz electric currents on mood and verbal reasoning skills. *Br. J. Ind. Med.* 43:339-349.
- Stollery, B.T. 1987. Effects of 50 Hz electric currents on vigilance and concentration. *Br. J. Ind. Med.* 44:111-118.
- Stuchly, M.A. 1993. Tumor co-promotion studies by exposure to alternating mag-

- netic fields. *Radiat. Res.* 133:118-119.
- Swanbeck, G. og Bleeker, T. 1989. Skin problems from visual display units. *Acta Derm. Venerol. (Stockh)* 69:46-51.
- Tenforde, T.S., Gaffey, C.T., Moyer, B.R. og Budinger, T.F. 1983. Cardiovascular alterations in macaca monkeys exposed to stationary magnetic fields: Experimental observations and theoretical analysis. *Bioelectromagnetics* 4:1-9.
- Teskey, G.C., Prato, F.S., Ossenkopp, K.-P. og Kavaliers, M. 1988. Exposure to time varying magnetic fields associated with magnetic resonance imaging reduces fentanyl-induced analgesia in mice. *Bioelectromagnetics* 9:167-174.
- Thériault, G., Goldberg, M., Miller, A.B., Armstrong, B., Guénel, P., Deadman, J., Imbernon, E., To, T., Chevalier, A., Cyr, D. og Wall, C. 1994. Cancer risk associated with occupational exposure to magnetic fields among utility workers in Ontario and Quebec, Canada, and France: 1970-1989. *Am.J. Epidem.* 139:550-572.
- Thomas, J.R., Schrot, J. og Liboff, A.R. 1986. Low-intensity magnetic fields alter operant behavior in rats. *Bioelectromagnetics* 7:349-357.
- Thomas, T.L., Stolley, P.D. et al. 1987. Brain tumor mortality risk among men with electric and electronics jobs: A case control study. *JNCI* 79:233-238.
- Thommesen, G. 1988. Lavfrekvente elektriske og magnetisk felt – spørsmålet om kreft. SIS-rapport 1988:2, Statens strålevern.
- Thommesen, G. 1989. Lavfrekvente elektriske og magnetisk felt – virkning på fruktbarhet og fosterutvikling. SIS-rapport 1989:6, Statens strålevern.
- Thommesen, G. og Bjølseth, P.S. 1992. Statistiske og lavfrekvente magnetfelt i norske smelte- og elektrolyseverk. SIS-rapport 1992:1, Statens strålevern.
- Thommesen, G. og Tynes, T. 1994. Statistiske og lavfrekvente elektriske og magnetiske felt. Biologiske effekter og yrkeshygienisk betydning. Strålevernrapport 1994:1, Statens strålevern.
- Tikkanen, J., Heinonen, O.P., Kurppa, K. et al. 1987. Cardiovascular malformations and exposure to video display terminals during pregnancy. (In Finnish) *Journal of Social Medicine* 24:311-316.
- Tomenius L. 1986. 50-Hz electromagnetic environment and the incidence of childhood tumours in Stockholm County. *Bioelectromagnetics* 7:191-207.
- Tribukait, B., Cekan, E. og Paulsson, L.-E. 1986. Effects of pulsed magnetic fields on embryonic development in mice. Abstract, Work With Display Units, Stockholm 12.-15. mai 1986.
- Tynes, T. og Andersen, Aa. 1990. Electromagnetic fields and male breast cancer. *Lancet* 336:1596.
- Tynes, T., Andersen, Aa. og Langmark, F. 1992. Incidence of cancer in Norwegian workers potentially exposed to electromagnetic fields. *Am. J. Epidemiol.* 136:81-88.
- Tynes, T., Jynge, H. og Vistnes, A.I. 1993. A nested case-control study of leukaemia and brain tumours in Norwegian railway workers. *Br. J. Ind. Med.*, innsendt manuskript.
- Tynes, T. og medarbeidere. 1994. Denne referansen fikk ikke sekretæren tak i fra utvalgsmedlemmer ved sluttskrivingen av rapporten. Interesserte henvender seg til sekretæren i utvalget Tel 22855646.
- Törnqvist, S., Norell, S., Ahlbom, A. og Knave, B., 1986. Cancer in the electric power industry. *Br. J. Ind. Med.* 48:597-603.
- Törnqvist, S., Knave, B., Ahlbom, A. og Persson, T. 1991. Incidence of leukemia and brain tumors in some «electrical occupations». *Br. J. Ind. Med.* 48:597-603.
- Verkasalo, P.K., Pukkala, E., Hongisto, M.Y., et al. 1993. Risk of cancer in Finnish children living close to powerlines. *Brit. Med. J.* 307:895-99.

- Verreault, R., Weiss, N.S., Hollenbach, K.A., Strader, C.H. og Daling, J.R. 1990. Use of electric blankets and risk of testicular cancer. *Am. J. Epidemiol.* 131:759-762.
- Volobuyev, A.N., Ovichinnikov, E.L., Trufanov, L.A., Pirogov, V.P. og Koshev, V.I. 1987. Magnetic field influence on the effective modulus of vessel wall elasticity. *Vestn. Akad. Med. Nauk. SSSR.* 12:50-54.
- Vågerö, D. og Olin, R. 1983. Incidence of cancer in the electronics industry: Using the new Swedish Cancer Environment Registry as a screening instrument. *Br. J. Ind. Med.* 40:188-192.
- Vågerö, D., Ahlbom, A., Olin, R. og Sahlsten, S. 1985. Cancer morbidity among workers in the telecommunication industry. *Br. J. Ind. Med.* 42:191-195.
- Wahlberg et al. 1992. Denne referansen fikk ikke sekretæren tak i fra utvalgsmedlemmer ved sluttskrivingen av rapporten. Interesserte henvender seg til sekretæren i utvalget Tel 22855646.
- Walsh, M.L., Harvey, S.M., Facey, R.A. og Mallette, ?. 1991. Hazard assessment of video display units. *Am. Ind. Hyg. Ass. J.* 8:324-331.
- Warburton, D. 1987. Chromosomal causes of fetal death. *Clinical Obstetrics and Gynecology* 30:268-277.
- Waskaas 1981. Biologiske virkninger av elektriske og magnetiske felt fra kraftledningene – med vurdering av mulig helsefare. SIS-rapport 1981:6, Statens strålevern.
- Waskaas 1982. Biologiske virkninger av magnetfelt. SIS-rapport 1982:7, Statens strålevern.
- Weaver, J.C. og Astumian, R.D. 1990. The response of living cells to very weak electric fields: The thermal noise limit. *Science* 247:459-462.
- Weisbrot, D.R., Khorkova, O., Lin, H., Henderson, A.S. og Goodman, R. 1993a. Bioelectrochem. *Bioenergetics* 31:167-177.
- Weisbrot, D., Uluc, A., Henderson, A. og Goodman, R. 1993b. Bioelectrochem. *Bioenergetics* 31:39-47.
- Weiss, J., Herrick, R.C., Taber, K.H. og Plishker, G.A. 1990. Bio-effects of high magnetic fields. *Magn. Reson. Imaging* 8(suppl. 1):166.
- Wellage, L.C. 1991. No childhood brain tumor risk found from paternal occupational EMF exposure. Ref. i *Transmission Distribution Health og Safety Rep.* June/July 1991 p. 13.
- Wennberg A, Franzén O, Paulsson L-E. Deteksjon av elektriska och magnetiska fält. En undersökning av personer med rapporterad «el-överkänslighet». Undersökningsrapport, Arbetsmiljöinstitutet, Solna, Stockholm 1990:20.
- Wever, R. 1973. Human circadian rhythms under the influence of weak electric fields and the different aspects of these studies. *Int. J. Biometeor.* 17:227-237.
- Wertheimer, N. og Leeper, E. 1986. Possible effects of electric blankets and heated waterbeds on fetal development. *Bioelectromagnetics* 7:13-22.
- Wertheimer, N. og Leeper, E. 1979. Electrical wiring configuration and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.* 109:273-284.
- Wertheimer, N. og Leeper, E. 1982. Adult cancer related to electrical wires near the home. *Int. J. Epidemiol.* 11:345-355.
- Wertheimer, N. og Leeper, E. 1989. Fetal loss associated with two seasonal sources of electromagnetic field exposure. *Am. J. Epidemiol.* 129:220-224.
- Wertheimer, N., Leeper, E., Vena, J.E., Graham, S., Hellmann, R., Swanson, M. og Brasure, J. 1993. Re: «Use of electric blankets and risk of testicular cancer» and «Use of electric blankets and risk of postmenopausal breast cancer». *Am. J. Epidem.* 137:252-257.
- Wiklund, K., Einhorn, J. og Eklund, G. 1981. An application of the Swedish Can-

- cer Environment Registry: Leukemia among telephone operators at the Telecommunication Administration in Sweden. *Int. J. Epidemiol.* 10:373-376.
- Wilcox, A.J., Weinberg, C.R., O'Connor, J.F. et al. 1988. Incidence of early loss of pregnancy. *New Engl. J. Med.* 319:189-194.
- Wilkins, J.R. og Koutras, R.A. 1988. Paternal occupation and brain cancer in offspring: A mortality-based case-control study. *Am. J. Ind. Med.* 14:299-318.
- Wilkins, J.R. og Hundley, V.D. 1990a. Paternal occupational exposure to electromagnetic fields and neuroblastoma in offspring. *Am. J. Epidemiol.* 131:955-1008.
- Wilkins, J.R. og Spinks, T. 1990b. Parental occupation and intracranial neoplasms of childhood: Results of a case-control interview study. *Am. J. Epidemiol.* 132:275-292.
- Wilson, B.W. 1988. Chronic exposure to ELF fields may induce depression. *Bioelectromagnetics* 9:195-205.
- Wilson, B.W. et al. 1989. Minireview: Neuroendocrine mediated effects of electromagnetic-field exposure: Possible role of the pineal gland. *Life Sci.* 45:1319-1332.
- Wilson, B.W., Anderson, L.E. og Stevens, R. 1990. Extremely low frequency electromagnetic fields: The question of cancer. Columbus, Ohio: Batelle press. ISBN 0-935470-48-4.
- WHO 1987. Magnetic fields. Environmental Health Criteria no. 69. World Health Organization, Geneve. ISBN 92-4-154269-1.
- Woodbury, J.W. 1965. The cell membrane: Ionic and potential gradients and active transport. Action potential: Properties of excitable membranes. I: Ruch, T.C. og Patton, H.D. (eds.): «Physiology and Biophysics», W.B. Saunders Co., SBN 0-7216-7816-5, pp 1-53.
- Wright, W.E., Peters, J.M. og Mack, T.M. 1982. Leukemia in workers exposed to electrical and magnetic fields. *Lancet* Nov. 20.:1160-1161.
- Örtendahl, T.W. og Högstedt, P. 1989. Magnetic field effects on dental amalgam in divers welding and cutting electrically underwater. *Undersea Biomed. Res.* 13:429-441.

# Andre utgaver av dokumentet

## Hent opp dokumentet i HTML-format

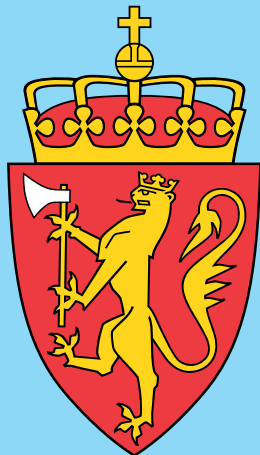
Slik ser det ut med Internett browser mot CD-ROM'en

 NORGES OFFENTLIGE UTREDNINGER NOU 1994:4
<b>Kontrollen med «de hemmelige tjenester»</b>
Instilling fra EØS-kommisjonen, oppnevnt ved Kgl. resolusjon 24. september 1993 Avgitt 7. februar 1994
<ul style="list-style-type: none"><li>• <a href="#">Utsendelsesrett</a></li><li>• <a href="#">Innholdsfortegnelse</a></li></ul>
<small>Utgiver: STATENS FORVALTNINGSTJENESTE SEKSJON STATENS TRYKKING</small>
<small>Trykt utgave: ISSN: 0333-2306 ISBN: 82-583-0279-5 Trykk: Falch Hartvigrykk as, Oslo OSLO 1994</small>
<small>Elektronisk utgave: ISSN: 0806-2633 (NOU Computerfile) = ISBN: 82-583-0279-5 / DOCUMENT NOU 1994: 4/NO HTML-versjon: Falch Infotek as, Oslo</small>

Du må ha en Internett browser for å gjøre dette

## Hent opp i tekstformat (RTF)

 <b>NOU</b> NORGES OFFENTLIGE UTREDNINGER
<b>TITTEL</b>
<b>INNLEDNING</b>
<b>KAPITLER</b>
<b>VEDLEGG</b>



# NOU

NORGES OFFENTLIGE UTREDNINGER

1994

1995

1996

ODIN

HVIS DU HAR INTERNETT

HJELP

BRUKERDOKUMENTASJON



MEDIE UAVHENGIG PUBLISERING