

Energinet.dk

**MAGNETFELTER FRA
HØJSPÆNDINGSANLÆG -
Viden om virkning på
mennesker, februar 2010**

Teknisk baggrundsnotat

Energinet.dk

MAGNETFELTER FRA HØJSPÆNDINGSANLÆG - Viden om virkning på mennesker, februar 2010

Teknisk baggrundsnotat

Dokument nr. 63724-TB01
Revision nr. 04
Udgivelsesdato 24. marts 2010

Udarbejdet Christoffer Johansen
Kontrolleret Mette Mejsen Westergaard og Jan Fischer Rasmussen
Godkendt Signe Nepper Larsen

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	3
2	Sammenfatning	5
3	Elektromagnetiske felter	10
3.1	Generelt	10
3.2	Felter fra højspændingsanlæg og husinstallationer	11
3.3	Fysisk påvirkning af biologiske materialer	12
3.4	Eksposering	13
4	Sundhedseffekter	14
4.1	Kræft	14
4.2	Neurologiske sygdomme	23
4.3	Hjertesygdomme	24
4.4	Reproduktionsskader	24
4.5	Hypersensitivitet og depressioner	25
5	Årsagssammenhæng	26
5.1	Melatonin teorien	26
5.2	Magnetit kornteorien	28
5.3	Aerosoler og radon nedbrydningsprodukter	28
6	Myndigheders udtalelser	29
6.1	Internationale grænseværdier	29
6.2	IARC's vurdering	30
6.3	WHO's standpunkt	32
6.4	Danske sundhedsmyndigheder	32
6.5	Svenske og britiske myndigheder	32
7	Forkortelser	34
8	Referencer	36

Bilagsfortegnelse

Appendix I: Noter om nye undersøgelser vedrørende kræft hos børn og eloverfølsomhed i perioden 2000 til juni 2006

Appendix II: Noter om nye undersøgelser indenfor notatets område i perioden 2006 til udgangen af 2009

1 Indledning

Energinet.dk (ENDK) renoverer og udvider løbende det danske højspændingsnet. Større ændringer påkræver altid gennemførelsen af en miljøkonsekvensvurdering. En sådan vurdering af virkning på miljøet (VVM) skal blandt andet indeholde informationer om eventuel sundhedsrisiko for mennesker, der eksponeres for ekstremt lavfrekvente magnetfelter fra højspændingsanlæg.

Denne tekniske rapport sammenfatter resultatet af en detaljeret udredning, som COWI tidligere har udført om emnet. Rapporten indeholder desuden en opsummering af de seneste videnskabelige undersøgelser indenfor emnet frem til udgangen af 2009. Udredningen er fremstillet i rapporten "Magnetfelter fra højspændingsanlæg - status om viden om virkning på mennesker". Rapporten kan i sin fulde længde ses og downloades på hjemmesiden:

<http://www.energinet.dk/NR/rdonlyres/DBC1E6B6-E985-444B-B6E2-12606C118751/0/TekniskRapportjanuar2005.pdf>

Der er i de sidste 25 år publiceret adskillige videnskabelige rapporter om biologiske effekter efter eksponering for elektriske og magnetiske felter i det ekstremt lavfrekvente område (50/60 Hz). Det er dog endnu ikke fuldstændig afklaret, om der er en sundhedsrisiko ved at opholde sig i nærheden af anlæg og apparater, der er omgivet af ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter. Denne usikkerhed udspringer dels af, at undersøgelser har vist en statistisk øget risiko for leukæmi hos børn, der i deres bopæl er udsat for magnetfelter på mere end 0,3 til 0,4 mikroTesla i visse undersøgelser og i andre undersøgelser, der har anvendt afstand til højspændingsanlæg som mål for udsættelsen, har vist denne øgede risiko hos børn med bopæl tæt på disse anlæg., Dels af at det ikke har været muligt at etablere en eller flere biologiske mekanismer, der kan forklare, hvordan påvirkning fra de meget energisvage lavfrekvente elektromagnetiske felter kan fremkalde en kræftsygdom. Der er ikke påvist en øget kræftsygdom for voksne, der arbejder i stærke elektromagnetiske felter eller blandt voksne, der i deres bopæl er udsat for denne eksponering.

Udover den øgede risiko for kræft har en række undersøgelser vist, at der i erhverv karakteriseret ved særligt høje magnetfelter er en øget risiko for forskellige sygdomme i centralnervesystemet. Der er ikke klarlagt nogen mekanismer, der kan forklare denne sammenhæng, men det har været foreslået, at det udover de elektromagnetiske felter kunne være udsættelse for elektriske stød i forbindelse med arbejdet, der kunne forklare den øgede risiko for disse sygdomme.

Sundhedsministeriets ekspertgruppe vedrørende ikke-ioniserende stråling (SEIIS) udsendte i 1993 en rapport om risikoen for kræft hos børn med bopæl nær højspændingsanlæg og en rapport om risiko for kræft ved udsættelse for ekstremt lavfrekvente magnetfelter i arbejdsmiljøet. Den før omtalte detaljerede redegørelse "Magnetfelter fra højspændingsanlæg - status om viden om virkning på mennesker" har taget udgangspunkt i disse to danske rapporter samt de vigtigste internationale rapporter og den væsentligste internationale videnskabelige litteratur, der er offentliggjort frem til december 2009 indenfor dette forskningsområde. Redegørelsen er ikke en udtømmende gennemgang af alle undersøgelser, men det er forfatterens opfattelse, at de vigtigste undersøgelser er inddraget.

Der har gennem årene været foretaget en del uafhængige videnskabelige vurderinger af den samlede viden indenfor området. Disse vurderinger er blevet foretaget af Verdenssundhedsorganisationen (WHO) eller andre nationale og internationale organisationer. Samlet set er vurderingen af sammenhængen mellem elektromagnetiske felter i det ekstremt lavfrekvente område og sundhedsrisici, at børn, der udsættes for kraftige magnetfelter på deres bopæl, muligvis har en øget risiko for at få leukæmi, mens der ikke er observeret en øget risiko for hjernesvulster og lymfeknudekræft. Samtidig er der på baggrund af den samlede videnskabelige evidens ikke mistanke om, at kraftige magnetfelter i bolig eller arbejdsmiljø medfører en øget risiko for kræft hos voksne. Der er i en række undersøgelser påvist en øget risiko for visse sygdomme i centralnervesystemet hos voksne, der arbejder i et miljø karakteriseret ved ekstremt høje niveauer af elektromagnetiske felter. Det er Alzheimers sygdom og ALS, der har været i fokus i disse undersøgelser

Professor, overlæge, ph.d., dr.med. Christoffer Johansen har deltaget i udredningsarbejdet og har herunder forestået opdateringen med nye forskningsresultater siden 1995 og aktuelt opdateret dokumentet fra 2006 og frem til december 2009. Professor, ph.d. Jørn Olsen, University of California Los Angeles, USA har tidligere foretaget en ekstern kvalitetsvurdering af den udgave, der blev offentliggjort i 1995 i en tidligere fase af VVM procedurerne i forbindelse med renovation og udvidelser af det danske højspændingsnet.

2 Sammenfatning

Dette tekniske notat sammenfatter kort den eksisterende viden om sundhedsrisici i forbindelse med ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter (ELF), med særlig vægt på den mulige kræftisiko og risikoen for visse sygdomme i centralnervesystemet. Emnet har tidligere været behandlet af Sundhedsministeriets ekspertgruppe vedrørende ikke-ioniserende stråling (SEIIS), som vurderede kræftisiko, dels hos børn med bopæl eksponeret for magnetfelter fra højspændingsanlæg, dels hos voksne, der udsættes for ekstremt lavfrekvente magnetfelter i arbejdsmiljøet. Ud over den mulige kræftisiko er andre mulige sundhedsrisici gennemgået kortfattet. En mere fyldig gennemgang findes i rapporten "Magnetfelter fra højspændingsanlæg - status om viden om virkning på mennesker".

Kræft

De fleste forskningsprojekter har fokuseret på, hvorvidt udsættelse for denne miljøfaktor betyder, at den enkelte udsatte har en større risiko for kræft sammenlignet med personer, der ikke er udsat for mere end dagligdagens elektromagnetiske felter. Det har været antaget, at denne eksponering særligt kunne være en risikofaktor for leukæmi hos børn og leukæmi, hjernetumorer og brystkræft hos voksne.

Sundhedsministeriets ekspertgruppe vurderede i 1993, at de foreliggende epidemiologiske undersøgelser støtter antagelsen om, at der er en øget risiko for kræft hos børn med bolig nær højspændingsanlæg, men at det ikke kan udelukkes, at de statistiske sammenfald skyldes tilfældigheder.

Verdenssundhedsorganisationens (WHO) internationale agentur for kræftforskning (IARC) vurderede i 2001, at der er begrænset evidens for, at eksponering for ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter kan fremkalde leukæmi hos børn, og at der er utilstrækkelig evidens for, at ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter kan forårsage andre kræftformer hos børn og kræft hos voksne (IARC, 2002). I en senere gennemgang af den videnskabelige litteratur peger Feychting på (Feychting & Forssén 2006), at risiko for brystkræft ikke er øget ved eksponering for ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter.

Der er muligvis en sammenhæng mellem børns bopæl tæt på højspændingsanlæg og risiko for leukæmi. Denne øgede risiko omfatter i givet fald sandsynligvis kun børn, der er udsat for kraftige elektromagnetiske felter i størrelsesordenen større eller lig med 0,4 μ Tesla (mikrotesla). Dette peger tre større gennemgange af forskningen på (Ahlbom *et al.*, 2000; Greenland *et al.*, 2000; Feychting & Ahlbom 2005).

I Danmark drejer det sig om mindre end 700 børn, der antages at være eksponeret for magnetfelter i denne størrelse, men der er ikke foretaget egentlige undersøgelser af dette størrelsesforhold siden starten af 1990'erne. Den mulige øgede risiko er dermed meget lille og svarer til ét ekstra tilfælde af kræft hvert 5. år for børn under 15 år.

Ekspertgruppen under IARC finder, at der ikke er evidens for, at eksponering for ELF kan fremkalde *andre* kræftsygdomme hos børn eller kræftsygdom hos voksne, hverken voksne med bopæl tæt på højspændingsanlæg eller voksne der er eksponeret i arbejdsmiljøet. Ekspertgruppen bemærker, at der er utilstrækkelig evidens, hvilket kan fortolkes sådan, at man ikke udelukker, at senere undersøgelser vil kunne forandre konklusionen.

Undersøgelser af *erhvervsmæssig* udsættelse for elektromagnetiske felter i det lavfrekvente område viser ikke en øget risiko for kræft. I særdeleshed er erhvervsgrupper, som *a priori* må antages at være højt udsatte for magnetfelter, ikke fundet at have en forøget risiko for kræftsygdom (Johansen, 2004). Styrken af det elektromagnetiske felt er i forbindelse med erhverv ofte større end de niveauer, der ses ved eksponering i boliger.

Med særlig fokus på undersøgelser af risiko for leukæmi hos børn boende tæt på højspændingsanlæg besluttede ekspertgruppen under IARC at tildele ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter klassifikationen 2B (muligvis kræftfremkaldende for mennesker).

De epidemiologiske undersøgelser kan ikke stå alene, og de er endnu ikke støttet af en eller flere veldokumenterede biologisk(e) teori(er), der kan forklare, hvordan de meget energisvage felter i 50 Hz-området kan fremkalde kræftforandringer i humane celler. Resultaterne af de hidtil gennemførte undersøgelser er ikke sammenfaldende og er for visse sammenhænge ikke tilstrækkelige til at drage endelige konklusioner om sammenhængen mellem forekomsten af kræft og eksponeringen for elektromagnetiske felter. Dog synes de undersøgelser, der er publiceret indenfor de sidste år (2002 - 2009), at understøtte konklusionerne fra tidligere rapporter, om at denne eksponering ikke medfører en øget risiko for de omtalte kræftformer (leukæmi, hjernetumorer og brystkræft) blandt voksne hverken ved eksponering i bopæl eller erhvervsmæssig eksponering.

Neurologiske sygdomme

Der er gennemført en række undersøgelser, der har belyst forekomsten af neurodegenerative sygdomme i centralnervesystemet hos personer, der har været udsat for kraftige elektromagnetiske felter i arbejdslivet. Der har særligt været fokus på, om forekomsten af Alzheimers sygdom, motorneuron sygdomme - særligt amyotrof lateral sclerose (ALS), Parkinsons sygdom, dissemineret sclerose og epilepsi var øget i disse erhvervsgrupper.

Erhvervsmæssig udsættelse for elektromagnetiske felter har været sat i forbindelse med en øget forekomst af Alzheimers sygdom, der er en sygdom med en forekomst på omkring 15.000 nye tilfælde årligt i Danmark og ALS, som angriber motoriske områder i hjernen og rygmærven og er en dødelig sygdom, der rammer 50-100 personer i Danmark hvert år. Med udgangspunkt i de hidtil gennemførte undersøgelser er det endnu ikke muligt at afklare i, hvilket omfang

denne form for eksponering medfører en øget risiko for Alzheimers sygdom og ALS. Som gennemgået i Appendix II er der en enkelt undersøgelse, der har vist, at voksne med bopæl tæt på højspændingsanlæg har en højere risiko for Alzheimers sygdom.

På baggrund af den videnskabelige litteratur, der hidtil er publiceret, er der ikke påvist en øget risiko for Parkinsons sygdom, dissemineret sclerose og epilepsi for personer, der i erhverv eller på bopæle udsættes for høje elektromagnetiske felter i 50/60 Hz-området.

Sammenfattende kan det konstateres, at der er observeret en større forekomst af visse neurodegenerative sygdomme (Alzheimers sygdom og ALS) blandt personer med *erhvervsmæssig* udsættelse for elektromagnetiske felter. Den kausale sammenhæng mellem denne eksponering og risiko for Alzheimers sygdom og ALS er svag.

De eksponeringsniveauer for elektromagnetiske felter, der er i boliger i Danmark, er betydeligt mindre end den erhvervsmæssige eksponering, som er beskrevet i de her omtalte undersøgelser. Der har derfor først for nylig været gennemført undersøgelser af eksponering i boliger og risiko for de omtalte neurologiske sygdomme.

Hjertesygdomme

Det har været antaget, at erhvervsmæssig udsættelse for elektromagnetiske felter kunne øge risiko for rytmeforstyrrelser i hjertet og dermed akut myokardieinfarkt ('hjerteslag').

Der er gennemført flere epidemiologiske undersøgelser, fordi denne sammenhæng ville have stor betydning, hvis den var sand, idet forekomsten af hjertesygdom er relativt høj. I en netop publiceret oversigt af samtlige hidtil gennemførte undersøgelser af dette emne bliver det konkluderet, at det ikke er muligt at eftervise denne hypotese i en række, velgennemførte undersøgelser. Hypotesen betragtes derfor som afvist (Kheifets *et al* 2007).

Andre sundheds-effekter

I forbindelse med udsættelse for elektromagnetiske felter i arbejdsmiljøet er der rapporteret en øget forekomst af psykiske og neurologiske effekter herunder el-overfølsomhed, nedsat hjertefrekvens, hovedpine og depressioner. Endelig er der foretaget undersøgelser af risikoen for reproduktionsskader herunder spontan abort og fosterskader. Forskningen peger ikke på en klar sammenhæng, og med udgangspunkt i de foreliggende resultater synes mistanken om sammenhæng mellem forældres eksponering før og under graviditeten og skader på fostre eller børn at hvile på et spinkelt grundlag.

Påvirkningsmekanismer

Der er opstillet forskellige teorier om mekanismerne bag sundhedspåvirkningen, idet simple fysiske mekanismer ikke kan give en rimelig forklaring på biologiske effekter. Det har været foreslået, at måden, hvorpå såkaldte 'vagabonderende' strømme opstår, kunne forklare de observerede sammenhænge (Kavet, 2005). Det har desuden været diskuteret, om forstyrrelser af det elektriske felt, der opstår, når der dannes corona-ioner, kunne forstyrre produktionen af melatonin i knoglekirtelen i hjernen (Henshaw, 2005, 2008), eller om nedbrydningsprodukter fra radon, der er en radioaktiv gas, som findes i jorden, og som frigi-

ves ved jordens overflade, kunne medføre, at aerosoler under højspændingsledninger blev 'ladet' med radon nedbrydningsprodukter (Fews, 1999). En anden teori er hypotesen om, at forekomsten af magnetitkorn i levende celler muliggør en reaktion på svage magnetiske felter. Sidst nævnte teori er ikke længere en del af mekanismedebatten indenfor dette forskningsområde.

Myndigheders udtalelser

Den internationale kommission for beskyttelse mod ikke-ioniserende stråling (ICNIRP) publicerede i 1998 et sæt retningslinjer for begrænsning af eksponeringen, der fortsat er gældende i januar 2010, og som følges af medlemsstaterne i EU. Heri indgår et sæt såkaldte referenceværdier, som myndigheder kan udmånte i grænseværdier. Referenceniveauerne er afhængige af frekvensen. For felter på 50 Hz er værdierne:

- For arbejdsmiljø: 500 μ T
- For den alm. offentlighed: 100 μ T

Referenceværdierne er baseret på dokumenterede skader ved kortvarig akut eksponering og ligger væsentlig højere end de niveauer, man finder i nærheden af højspændingsanlæg (typisk 0,2 - 10 μ T).

Der er vedtaget en EU-henstilling om begrænsning af befolkningens eksponering, som afspejler ICNIRP's referenceniveauer for den almindelige offentlighed. I 2004 har EU vedtaget et direktiv om eksponering for elektromagnetiske felter i arbejdsmiljøet (Europa-parlamentet og Rådet, 2004). De grænseværdier, der ifølge ICNIRP gælder i arbejdslivet, tager udgangspunkt i dette direktiv. EU-direktivet om eksponering for elektromagnetiske felter i arbejdsmiljøet skal være implementeret i medlemslandene senest i 2012.

Det internationale agentur for kræftforskning IARC vurderede i juni 2001 (IARC 2002), at elektromagnetiske felter i 50/60 Hz-området *muligvis* kan fremkalde leukæmi hos børn, men ikke andre kræftformer hos børn eller voksne. På dette grundlag besluttede ekspertgruppen under IARC at tildele ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter klassifikationen 2B (muligvis kræftfremkaldende for mennesker).

Verdenssundhedsorganisationen (WHO) har taget IARC's vurderinger til efterretning og anbefaler på det grundlag, at emnet følges op med fokuseret forskning. Indtil videre peger WHO på forsigtighedstiltag på frivillig basis som et redskab til at begrænse risikoen i forbindelse med nyanlæg. WHO etablerede i efteråret 2005 en større ekspertgruppe, der gennemgik den videnskabelige litteratur publiceret indtil udgangen af 2005. Ekspertgruppens samlede rapport blev offentliggjort i 2007 og er omtalt i Appendix II.

Den danske Sundhedsstyrelse har baseret sin vurdering af eventuelle sundhedseffekter på to rapporter, der blev udarbejdet af en ekspertgruppe i 1993, om henholdsvis risiko for kræft hos børn med bopæl i nærheden af højspændingsanlæg og risikoen for kræft ved udsættelse for ekstremt lavfrekvente magnetfelter i arbejdsmiljøet. Sundhedsstyrelsen vurderede på baggrund af ekspertgrup-

pens arbejde, at magnetfelter i sig selv ikke kunne klassificeres som kræftfremkaldende.

På denne baggrund blev det besluttet ikke at fastsætte grænseværdier for magnetfeltseksponeringen fra højspændingsanlæg eller minimumsgrænser for afstanden mellem højspændingsanlæg og boliger. I forbindelse med fremtidige anlæg indførtes et generelt forsigtighedsprincip om at undgå linjeføringer af højspændingsledninger tæt på bebyggelse. Begrebet "tæt på" forudsættes at bero på en pragmatisk sammenligning med gennemsnitlig udsættelse for magnetfelter ved at bo i hjem med almindelige elektriske installationer og blev ikke nærmere defineret. Forsigtighedsprincippet henvender sig også til regioner og kommuner, der ønsker at bygge eller udstykke grunde nær eksisterende ledninger.

Sundhedsstyrelsen har siden da ikke fundet videnskabelig baggrund for at ændre anbefalingen fra 1993. Med udgangspunkt i rapporten fra IARC (2002) har Sundhedsstyrelsen ikke ændret sin sundhedsfaglige vurdering. Sundhedsstyrelsen har løbende overvåget den videnskabelige litteratur, der offentliggøres, og de undersøgelser, hvis konklusioner kan få indflydelse på den sundhedsfaglige vurdering, er løbende kommenteret på Styrelsens hjemmeside (www.sst.dk).

3 Elektromagnetiske felter

3.1 Generelt

Elektrisk felt

Elektriske felter findes omkring enhver elektrisk ladet genstand, dvs. omkring alle objekter, der har en elektrisk spændingsforskel til omgivelserne. Størrelsen af det elektriske felt, som måles i V/m, er på et givet sted direkte proportionalt med spændingsforskellen.

Elektriske feltstyrker aftager principielt proportionalt med afstanden til en spændingsførende ledning, men da elektriske felter forstyrres og afskærms kraftigt af andre genstande, eksisterer uforstyrrede elektriske felter normalt kun umiddelbart omkring de strømførende ledere.

Magnetfelt

Magnetfelter forekommer omkring alle strømførende ledere og feltstyrken vokser proportionalt med strømstyrken. Magnetfeltet aftager med afstanden fra de strømførende installationer, men i modsætning til det elektriske felt påvirkes det kun i ringe grad af omgivelserne og trænger derfor næsten upåvirket ind i f.eks. bygninger.

Virningen af magnetfeltet udtrykkes bedst ved den magnetiske induktion, som i dag ofte måles i enheden Tesla (T).

Elektromagnetisk felt

Tilsammen kaldes de to forskellige felter elektromagnetiske felter. Mange elektriske installationer, apparater og maskiner i hjemmet og på en arbejdsplads er principielt kilder til elektriske og magnetiske felter med frekvensen 50 Hertz (Hz).

Ekstremt lavfrekvente felter

De felter, der dannes omkring vekselstrømsanlæg vil variere periodisk med samme frekvens som strømmen. Frekvenser mellem 0 - 3 kHz er defineret som ekstremt lavfrekvente. I Europa er frekvensen i elnettet 50 Hz, mens den f.eks. i USA er 60 Hz. Højspændingsledninger og elinstallationer giver således anledning til ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter.

Til forskel fra ekstremt lavfrekvente felter kan nævnes højfrekvente felter fra f.eks. mobiltelefoner, radiosendere, mikrobølgeovne og visse andre apparater. Endelig må det nævnes, at der findes konstante felter i miljøet, hvoraf jordens naturlige magnetfelt vel er det mest kendte. Virningen på omgivelserne er forskellig for de forskellige frekvensområder.

Ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter kan på grund af deres ringe energiindhold ikke fremkalde ionisering. Derved adskiller de sig fra ioniserende stråling, som omfatter røntgenstråler herunder gammastråler.

3.2 Felter fra højspændingsanlæg og husinstallationer

Elektriske felt

Størrelsen af de elektriske felter afhænger ikke af ledningens strømbelastning og er derfor praktisk taget konstant i tid.

Typiske værdier for elektriske felter omkring højspændingsluftledninger er:

- For 400 kV-ledninger, ca. 1,5 - 2,5 kV/m i tracémidten og ca. 0,2 - 0,8 kV/m i en afstand af 30 m fra tracémidten.
- For 150 kV-ledninger, ca. 1 - 2 kV/m i tracémidten og ca. 0,1 - 0,2 kV/m i en afstand af 30 m fra tracémidten.

Magnetfelt

Magnetfelternes styrke er proportional med strømmen i ledningerne og aftager med afstanden efter et regelmæssigt mønster.

Typiske værdier, der gælder for såvel 400 kV - som for 150 kV-linjer i normale driftssituationer, er ca. 6 - 10 μ T lige under ledningen og ca. 0,3 - 0,5 μ T i en afstand af 40 m fra ledningen.

I jordkabler er de strømførende ledere placeret meget tæt ved hinanden, mens de i luftledninger er placeret med større afstand. Magnetfeltet fra jordkabler aftager i højere grad med afstanden end magnetfeltet ved luftledninger, fordi magnetfeltets størrelse afhænger af afstanden mellem de enkelte faseledere og til en vis grad af nedgravningsdybden.

Typiske værdier, der gælder for såvel 400 kV- som for 150 kV-jordkabler, vil for kabler med en faselederafstand på 0,5 m være ca. 10 μ T ved jordoverfladen lige over kablet og ca. 0,03 μ T i en afstand af 40 m fra kablet.

Elektrisk felt i boliger

I boliger vil almindelige bygningskonstruktioner svække det elektriske felt kraftigt. Huse angives at skærme udefrakommende elektriske felter med ca. 90 %.

Magnetfelt i boliger

Der vil ligeledes være et magnetfelt fra boligens elektriske installationer og apparater (SEIIS, 1993a). På grund af små strømstyrker i boligerne og apparaternes konstruktion, vil magnetfeltet være meget lavt få meter fra objektet. Til gengæld kommer brugeren ofte tæt på kilden.

Tabel 3.1 Magnetfelt niveauer i μT i forskellig afstand til kilden (SEIIS, 1993a).

Kilde	Afstand, 3 cm	Afstand, 10 cm	Afstand, 1 m
Lysstofarmatur	20	5	0,01
Kaffemaskine	5	1	0,001
Mikrobølgeovn	50	20	0,1
Varmepanel	10	1	0,01
Støvsuger	200	20	0,1
El. vækkeur	-	25	0,02
Barbermaskine	500	25	0,05
Hårtørrer	20	2	0,005
Fjernsyn	10	5	0,1
Dataskærm	5	2	0,05
El. opvarmet tæppe	10	1	-
Vandrør med 10 A	-	20	1
Svejseanlæg	-	200	10
Industriel smelteovn	-	-	500

I de lande, hvor spændingen i elnettet er 110 V, kræves en større strømstyrke for at opnå samme effekt. I disse lande vil de samme installationer derfor alt andet lige give et dobbelt så kraftigt magnetfelt.

Magnetfeltet svækkes ikke af bygninger og lignende. Størrelsen af magnetfeltet er derfor omtrent den samme inde i boligerne, der ligger inden for feltets udbredelsesområde, som umiddelbart udenfor dem (Knaeve, 1994).

3.3 Fysisk påvirkning af biologiske materialer

Elektriske og magnetiske felter inducerer begge elektriske strømme i biologiske materialer og dermed i det menneskelige legeme.

Elektrisk felt

Når kroppen udsættes for et elektrisk felt, inducerer dette en elektrisk ladningstæthed på overfladen af kroppen. Herved skabes et sekundært og modsatrettet elektrisk felt i kroppen (Kaune, 1993). I forbindelse med højspænding vil felterne omtrent ophæve hinanden, hvorved det elektriske felt reduceres i kroppen med en faktor på ca. 10.000.

Magnetfelt

I modsætning til elektriske felter udgør biologiske materialer ikke nogen egentlig modstand for magnetfeltet (Kaune, 1993). Magnetfeltet går igennem biologiske materialer næsten usvækket og vil undervejs generere elektriske strømme via induktion. De inducerede strømme bevæger sig i lukkede cirkler, som ligger vinkelret på magnetfeltet.

Det faktum, at de simple fysiske påvirkninger fra de elektromagnetiske felter er meget små i forhold til kroppens egne livsprocesser, har skabt nogen usikkerhed om de mulige påvirkningsmekanismer.

3.4 Eksposering

Et gennemgående problem ved undersøgelse af elektromagnetiske felters påvirkning er at fastslå eksponeringen. Mens feltet i et givet punkt kan måles og ofte forudberegnes, bevirker felternes store variation i tid og rum, at det i praksis kan være vanskeligt at levere et tilfredsstillende skøn over en given persons gennemsnitlige eksponering især over lange perioder.

Måling af elektriske felter med personbåret udstyr er behæftet med stor usikkerhed blandt andet på grund af kroppens afskærmende virkning. Personens placering i forhold til kilden vil således være af stor betydning. I en undersøgelse af personers udsættelse for elektromagnetiske felter var målingerne ikke signifikant højere i hjem ved højspændingsledninger (23 V/m) end i hjem, der lå i en vis afstand fra højspændingsledninger (17 V/m) (Skotte, 1993).

Magnetfeltet i boliger med en netspænding på 220 volt (Danmark) ligger gennemsnitlig omkring 0,04 μT (SEIIS, 1993a) - 0,07 μT (Skotte, 1993). For huse med 110 volt (f.eks. USA) er det gennemsnitlige magnetfelt 0,05 - 0,1 μT (Gauger, 1985). Begge værdier gælder for boliger uden højspændingsledninger i det omgivende miljø. Niveauerne afspejler både forskel i netspænding og forskel i installationstyper.

I danske hjem tæt ved højspændingsledninger var eksponeringen derimod gennemsnitligt 0,29 μT (geometrisk middel); dog var der en betydelig spredning i målingerne. Gennemsnitsafstanden fra nærmeste hushjørne til tracémidten af luftledningerne var 23 m, og gennemsnitsbelastningen på ledningerne var 290 A (Skotte, 1993).

Jordfeltet udgør en betydelig baggrundseksponering, af størrelsesorden 70 μT . Da jordens magnetfelt er statisk, kan man imidlertid ikke antage, at det påvirker på samme måde som 50 Hz-felter.

De største eksponeringer for elektromagnetiske felter opnås generelt i arbejdsmiljøssammenhæng, som de nederste linjer i tabel 3-1 antyder.

Der er ikke siden 1993 foretaget målinger i Danmark af den konkrete eksponering i bopæl og erhverv for elektromagnetiske felter i 50 Hz-området. Den største aktivitet har fokuseret på eksponering fra radiofrekvente kilder som mobiltelefonantener, mobiltelefoner, trådløse netværk, radio og TV-signaler og andre sendefaciliteter.

4 Sundhedseffekter

Denne udredning tager udgangspunkt i den litteratur, der lå til grund for Sundhedsstyrelsens Ekspertgruppes rapporter om henholdsvis risiko for kræft hos børn (SEIIS, 1993a) og om risiko for kræft ved udsættelse for ekstremt lavfrekvente magnetfelter i arbejdet (SEIIS, 1993b), IARC's rapport fra 2002 (IARC 2002) samt senere publicerede undersøgelser frem til juni 2006 og den senere offentliggjorte rapport fra WHO (2007). Desuden er litteraturen om andre formodede sygdomsrisici gennemgået frem til juni 2006 (Appendix I) og igen frem til udgangen af december 2009 (Appendix II).

Størstedelen af den litteratur, der ligger til grund for nærværende rapporters vurderinger, er baseret på epidemiologiske undersøgelser. I en epidemiologisk undersøgelse beskrives statistiske og kausale sammenhænge mellem påvirkninger og efterfølgende sygdom. Epidemiologiske undersøgelser har bidraget til at afklare væsentlige sammenhænge som f.eks. indtagelse af hormoner i svangerskabet og senere kræftudvikling hos børn, samt sammenhængen mellem lavdosis ioniserende stråling (røntgenstråler) og forekomsten af børneleukæmi. Epidemiologi er således et "public health værktøj", der kan anvendes i styringen af samfundets sundheds- og miljøpolitik.

4.1 Kræft

Forekomsten af biologiske effekter hos børn i boliger nær højspændingsanlæg blev første gang rapporteret i 1979, da en forskergruppe i en undersøgelse af risikofaktorer for kræft hos børn fandt, at børn med kræft hyppigere boede tæt på højspændingsanlæg (Wertheimer og Leeper, 1979). Denne hypotese er siden i 1980'erne og 1990'erne blevet fulgt op af en række epidemiologiske undersøgelser.

Kræftisiko blandt børn ved eksponering i boligen

Flere epidemiologiske undersøgelser har vist statistisk sammenhæng mellem elektromagnetiske felter eller nærhed af højspændingsanlæg og forekomsten af forskellige kræfttyper, primært leukæmi og hjernesvulster hos børn. I andre undersøgelser har denne sammenhæng ikke kunnet påvises.

Den danske ekspertgruppe (SEIIS) konkluderede i sin rapport, "at den danske og den svenske undersøgelse som helhed støtter antagelsen fra tidligere undersøgelser om at børn, der bor tæt på højspændingsanlæg, har en øget hyppighed af kræft, men talmaterialet udelukker dog ikke at dette skyldes tilfældigheder". Hertil skal tilføjes, at den danske undersøgelse offentliggjort af Olsen *et al.* (1993) og den svenske undersøgelse af Feychting og Ahlbom (1992) blev vur-

deret som unikke med hensyn til kvaliteten af data, da der i disse undersøgelser næsten ikke ses selektion eller bortfald, hvilket betyder at anvendelsen af register oplysningerne betyder at alle der har været udsat for den pågældende eksponering indgår i undersøgelsen..

Umiddelbart efter publikationen af den danske undersøgelse (Olsen *et al.*, 1993) blev der foretaget en kombineret analyse af risiko for børnekræft på baggrund af de danske, finske og svenske undersøgelser (Ahlbom *et al.*, 1993). Den samlede risiko for de børnekræftformer, der indgik i undersøgelsen, viste en relativ risiko på 1,3 (95 % konfidensinterval: 0,9 - 2,1). For leukæmi fandtes en fordoblet relativ risiko på 2,1 (95 % konfidensinterval: 1,1 - 4,1).

En senere publiceret samkøring af data fra den danske og svenske undersøgelse viser en signifikant forhøjet forekomst af børneleukæmi på magnetfeltniveauer større end 0,2 μ T. Undersøgelsen støtter dermed hypotesen om en sammenhæng mellem magnetfeltseksponering og forekomst af børneleukæmi. Hvis konklusionen indskrænkes til denne kræftform, peger undersøgelsens resultater på, at mindre end 1 tilfælde af leukæmi om året i de to lande kan tilskrives eksponering fra magnetfelter (Feychting *et al.*, 1995).

Resultaterne fra de epidemiologiske undersøgelser af både Wertheimer og Leeper (1979) og Kraut *et al.* (1994), i hvilke det magnetiske felt er beregnet, indikerer, at der kan være en relation mellem eksponering for magnetfelter og forekomst af kræft, specielt leukæmi hos børn. I undersøgelsen af Kraut observeredes yderligere et sammenfald med forekomsten af hjernesvulster. Det skal dog pointeres, at metoden til opgørelse af eksponeringen i Krauts undersøgelse er usikker. I den danske undersøgelse af Olsen *et al.* (1993) var der en samlet øget hyppighed af kræftformerne lymfekræft, hjernesvulster og leukæmi og en øget hyppighed af lymfekræft alene. Der var ikke øget hyppighed for leukæmi eller hjernesvulster alene. I en case-control undersøgelse af risiko for hjernekræft hos børn med bopæl tæt på højspændingsanlæg, hvor feltet var beregnet, fandtes en relativ risiko på 0,9 (95 % konfidensinterval 0,5 - 1,5). Undersøgelsen støtter således ikke hypotesen om en sammenhæng mellem eksponering for elektromagnetiske felter og hjernekræft hos børn (Gurney *et al.*, 1996).

I de epidemiologiske undersøgelser, hvor det magnetiske felt er målt direkte, var der i Feychting og Ahlboms (1992) undersøgelse en øget hyppighed af leukæmi hos børn, mens Tomenius (1982) fandt en stigning i tilfældene af kræft i nervesystemet.

Den finske undersøgelse (Vekasalo *et al.*, 1993) observerede ingen sammenhæng mellem på den ene side eksponering for magnetfelter i boligen og på den anden side hyppigheden af kræft generelt og hyppigheden af hjernesvulster, men en overhyppighed af svulster i nervesystemet hos drenge. Dette resultat kan skyldes, at den finske undersøgelse var mindre præcis pga. mindre datamateriale i undersøgelsen (Knave, 1994), og at der derved reelt ikke var en øget hyppighed for kræft. Den norske undersøgelse var negativ med hensyn til de kræftformer, hvor risikoen *a priori* (på forhånd) var mistænkt for at være forøget (Tynes og Haldorsen, 1997).

Kun en af de nævnte undersøgelser (Feychting og Ahlbom, 1992) viser for leukæmi en dosis-respons relation mellem eksponering for magnetfelter og sygdomsforekomst.

Resultaterne fra undersøgelserne skal alle ses i lyset af, at der muligvis ikke er taget højde for andre faktorer, der kan virke kræftfremkaldende, da disse faktorer ikke kendes. Men siden 1979, hvor Wertheimer og Leeper offentliggjorde deres undersøgelse (Wertheimer 1979), er der sket en markant udvikling i designet og metoden, hvormed undersøgelser af denne sammenhæng er gennemført. Udviklingen er karakteriseret ved, at der successivt er inddraget information om flere og flere forhold i relation til undersøgelsens fokus; at finde ud af om de elektromagnetiske felter fra højspændingsinstallationer kan fremkalde leukæmi hos børn. Forskningens fremdrift har desuden betydet, at mistanken, om at elektromagnetiske felter kunne være en risikofaktor for lymfekræft eller svulster i hjernen hos børn, er faldet bort.

Set i forhold til Sundhedsstyrelsens ekspertgruppes vurderingsgrundlag er der i mellemtiden fremkommet en række nye undersøgelser fra forskellige lande. Den ene undersøgelse bekræfter en mulig sammenhæng mellem eksponering for magnetiske felter og forekomsten af kræft i hjernen og leukæmi hos børn (Kraut *et al.*, 1994), en undersøgelse støtter delvis associationen til leukæmi, (Green *et al.*, 1999) mens de seks andre ikke finder en tilsvarende sammenhæng (Verkasalo *et al.*, 1993; Gurney *et al.*, 1996; Tynes og Haldorsen, 1997; Linet *et al.*, 1997; McBride *et al.*, 1999, Day *et al.*, 1999). I Verkasalo *et al.*s undersøgelse (1993) rapporteres en overhyppighed af svulster i nervesystemet hos drenge. Dette fund var i høj grad afhængig af diagnosticeringen af tre uafhængige hjernetumorer hos en case-person. Et øget antal hjernetumorer blev ikke observeret i Gurney *et al.*s undersøgelse (1996). Den norske undersøgelse fandt ingen forøget risiko for hverken leukæmi, hjernekræft eller lymfekræft (Tynes og Haldorsen, 1997). Undersøgelser offentliggjort siden 2000 er omtalt i Appendix I og II.

I 1997 offentliggjorde National Research Council i USA en rapport, der gennemgik al videnskabelig publiceret litteratur vedrørende sammenhængen mellem eksponering på bopæl og mulige sundhedseffekter (National Research Council, 1997). Denne rapport konkluderer, at selvom der i flere undersøgelser er set en statistisk sikker sammenhæng, så er det fortsat usikkert, om børn med bopæl tæt på højspændingsanlæg har en øget risiko for kræft. Særligt hæfter rapporten sig ved, at denne sammenhæng er set i studier, der anvender den såkaldte wire code, mens undersøgelser, der har anvendt direkte målinger, ikke har kunnet genfinde disse resultater.

IARC (2002) og WHO (2007) har i sin vurdering blandt andet gennemgået samtlige undersøgelser af sammenhængen mellem eksponering for elektromagnetiske felter i bolig og risiko for kræft hos børn med særlig vægt på risiko for leukæmi, hjernetumorer og lymfekræft. Analysen af risiko for leukæmi opdeles i undersøgelser, der har anvendt målinger af magnetfeltet, og undersøgelser der har anvendt beregnede værdier af det elektromagnetiske felt. Samles disse resultater i ét estimat, er der en statistisk signifikant øget risiko for leukæmi i et eksponeringsniveau, der er højere end 0,3 - 0,4 mikroTesla.

IARC's rapport konkluderer desuden, at der ikke er observeret en konsistent sammenhæng mellem eksponering for elektromagnetiske felter og risiko for hjernetumorer eller andre cancerformer hos børn. Det understreges dog, at undersøgelser, der har belyst andre kræftformer end leukæmi, generelt er mindre og af en ringere kvalitet.

Efter at IARC offentliggjorde sin rapport i juni 2001 (IARC 2002), er der publiceret tre nye undersøgelser af leukæmi hos børn. Samlet set ændrer disse tre undersøgelser ikke ved den samlede konklusion, således som den er angivet ovenfor med udgangspunkt i IARC's autoritative gennemgang af dette forskningsområde (Se gennemgang af undersøgelseerne i Appendix I og II.)

Undersøgelser af voksne med bopæl tæt på højspændingsanlæg

Der er flere vanskeligheder ved at vurdere sammenhængen mellem eksponering i bopæl og risiko for kræft hos voksne, herunder erhvervsmæssig udsættelse, andre kilder i hjemmet, lang tid mellem udsættelse og sygdom, vanskelighed ved at skaffe data om afdøde patienter samt lav deltagelse af de personer, der aktivt skulle besvare et interview, som de blev inviteret til. Disse personer ønskede i flere tilfælde ikke at deltage, hvilket reducerer undersøgelseernes validitet og samlede kvalitet.

En række undersøgelser, der har vurderet risiko for leukæmi hos personer med bopæl tæt på højspændingsledninger er blevet vurderet samlet (Thériault og Li, 1997). I denne såkaldte meta-analyse indgår både undersøgelser af børn og voksne. Der indgår kun undersøgelser, der har medtaget personer (bopæl) udsat for elektromagnetiske felter fra højspændingsanlæg større end 49 kV, og som enten har gennemført beregninger af magnetfeltet og/eller beregnet konkret afstand fra bopæl til højspændingsanlægget. I denne samlede undersøgelse finder man, at der er en konsistent sammenhæng mellem eksponering for magnetfelter og risiko for leukæmi både blandt voksne og børn, når magnetfeltseksponeringen er baseret på en beregnet værdi. Der findes desuden et dosis-respons forhold, således at både stigende magnetfelt og faldende afstand medfører en øget risiko. Det lille antal tilfælde af børnekræft svækker den samlede analyses resultater, således at disse undersøgelser ikke får så meget vægt i den samlede vurdering af hypotesen.

Denne meta-analyse inkluderer i alt ni undersøgelser, og en af disse (Li *et al.*, 1997) indgår med langt den største vægt i analysen af risiko for leukæmi hos voksne. Meta-analysens resultat bliver derved meget afhængigt af resultaterne af denne ene undersøgelse. Samtidig kan der stilles spørgsmål ved, om det er korrekt at kombinere undersøgelser af leukæmi hos børn og voksne, når det vides, at sygdommens årsager sandsynligvis er ganske forskellige i de to aldersgrupper (Sahl *et al.*, 1993).

I 1999 kom en lignende rapport fra det amerikanske National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS, 1999), der skulle evaluere den meget omfattende amerikanske forskningsindsats. Hele forskningsområdet blev evalueret med deltagelse af forskere fra hele verdenen. Rapporten anvender de kriterier for stoffers mulige kræftfremkaldende effekt, som er udviklet af IARC. NIEHS kan ikke klassificere elektromagnetiske felter som et "kendt humant carcino-

gen", eller som et "sandsynligt humant carcinogen" - men konkluderer at elektromagnetiske felter "muligvis er et carcinogen for mennesker". Denne klassifikation bygger på den begrænsede evidens for en øget risiko for leukæmi hos børn og en øget forekomst af kronisk lymfatisk leukæmi hos erhvervsmæssigt udsatte (NIEHS, 1999).

IARC har nu vurderet, at der er *begrænset evidens* for, at eksponering for ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter kan fremkalde leukæmi hos børn, og at der er *utilstrækkelig evidens* for, at ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter kan forårsage andre kræftformer blandt børn og kræft blandt voksne (IARC, 2002).

Med særlig fokus på undersøgelser af risiko for leukæmi hos børn boende tæt på højspændingsanlæg besluttede ekspertgruppen under IARC at tildele ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter klassifikationen 2B (muligvis kræftfremkaldende for mennesker).

Sammenhængen mellem voksnes bopæl og risiko for leukæmi og hjernetumorer er ikke bekræftet, "*Although there have been a considerable number of reports, a consistent association between residential exposure and adult leukemia and brain cancer has not been established.*" (citeret fra IARC, 2002, p. 333).

Kræftisiko ved erhvervsrelateret eksponering

Der er foretaget en del undersøgelser af den erhvervsrelaterede risiko ved eksponering for ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter. Styrken af det elektromagnetiske felt er i forbindelse med erhverv ofte større end de niveauer, der ses ved eksponering i boliger. Det må derfor formodes, at der ved undersøgelser af udvalgte erhvervsgrupper er større mulighed for at påvise eventuelle sammenhænge mellem forekomst af kræft og eksponering for magnetfelter.

Eksponering for elektromagnetiske felter i arbejdssituationer er oftest karakteriseret ved, at eksponeringen er periodisk, afhængig af hvilket værktøj der benyttes, og feltstyrken er dermed meget varierende. Sammenligninger af resultaterne imellem undersøgelser skal derfor foretages med stor forsigtighed.

Resultaterne fra de rapporterede undersøgelser om erhvervsrelateret eksponering og forekomst af kræft er ikke entydige. En del undersøgelser indikerer forhøjet risiko for visse kræftformer, bl.a. leukæmi hos mennesker som i deres arbejde er udsat for høje elektromagnetiske feltstyrker. Andre undersøgelser viser ikke en sådan forhøjet risiko.

Reviews

Tidligere samlede oversigter over hele forskningsfeltet vedrørende erhvervsmæssig eksponering for elektromagnetiske felter i det lavfrekvente område konkluderer, at der er en forhøjet risiko for visse kræftformer, men ingen videnskabelig evidens for at opstille standarder eller grænseværdier for eksponering (Hardell *et al.*, 1995). Samstemmende hermed finder Kheifets *et al.* (1995) en samlet signifikant let forhøjet risiko for hjernekræft blandt erhvervsmæssigt eksponerede personer i en meta-analyse af studier, der har belyst risikoen for hjernekræft blandt personer med eksponering i arbejdslivet.

Opsamling af resultater

Den danske ekspertgruppe, nedsat af Sundhedsministeren i 1992, der bl.a. undersøgte risikoen for kræft ved udsættelse for ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter i erhvervet, fandt, at mistanken om sammenhæng mellem magnetfelteksponering og leukæmi var styrket. Der var dog ikke overensstemmelse imellem resultaterne fra den refererede litteratur, og ekspertgruppen fandt i øvrigt ingen indikation på en øget hyppighed af hjernesvulster ved eksponering for lavfrekvente elektromagnetiske felter. Denne konklusion er i januar 2010 ændret således, at de undersøgelser, der nu er gennemført, samlet set ikke tyder på en øget risiko for hverken leukæmi, hjernekræft eller brystkræft hos voksne, der i deres arbejdsliv er udsat for denne eksponering (Kheifets, 2009).

Der er siden offentliggørelsen af IARC's monografi publiceret et mindre antal undersøgelser, der belyser sammenhængen mellem erhvervsrelateret eksponering og risiko for kræft (Feychting 2005). Den danske kohorte af el-arbejdere er opdateret, og undersøgelsen viser, at der ikke er en øget risiko for de tre kræftformer, der har været antaget at kunne hænge sammen med udsættelse for elektromagnetiske felter på arbejdet (Johansen 2004).

Samlet diskussion af kræftundersøgelser

Der er en række forhold ved både de boligrelaterede og erhvervsrelaterede undersøgelser, der gør, at resultaterne ikke er tilstrækkeligt veldokumenterede til at drage endelige konklusioner om sammenhængen mellem forekomsten af kræft og eksponeringen for elektromagnetiske felter.

Eksponering

Opgørelsen af eksponeringen er usikker i langt de fleste undersøgelser. I nogle undersøgelser estimeres eksponeringens styrke ud fra indirekte mål for eksponering. Disse opgørelsesmetoder relaterer eksponeringen til selve boligen eller arbejdspladsen og ikke til undersøgelsespersonen. Der er i andre undersøgelser forsøgt at tage højde for personernes opholdstid og -sted ved at foretage nutidige eksponeringsmålinger, f.eks. ved at forsøgspersonerne bærer dosimetre i en tidsperiode.

Problematikken omkring kvantificering af eksponeringen betyder, at det ofte ikke er muligt at vurdere den egentlige dosis-respons sammenhæng.

Diagnosticering

En række af de præsenterede undersøgelser bygger på data, der er mange år gamle. Det er muligt, at der i disse oplysninger forekommer fejl, f.eks. fejldiagnosticeringer eller registreringsfejl. Dette er sandsynligvis ikke tilfældet i de skandinaviske undersøgelser. Andre undersøgelsestyper bygger på, at forsøgspersonerne selv oplyser om deres symptomer eller diagnose(r), hvad der også kan føre til fejl.

Datamængde

Et andet problem, der går igen i mange undersøgelser, er mangel på data. I flere undersøgelser har antallet af tilfælde ligget under 10, og det synes at være for spinkelt et grundlag at konkludere på. Omvendt er de skandinaviske undersøgelser populationsbaserede og dækker et homogent samfund (medtager hele befolkningen, eller veldefinerede komplette erhvervsgrupper), hvilket styrker konklusionerne i disse undersøgelser.

- Repræsentativitet** I en lang række af udenlandske undersøgelser benyttes dødsårsagsregistre til at finde case-tilfældene. I andre tilfælde benyttes sygdomsregistre. Under forudsætning af dækkende registrering er sygdomsregistreringer at foretrække til epidemiologiske undersøgelser frem for dødsårsagsregistre, fordi mindre end 10 % af afdøde obduceres, hvorfor det kan være relativt usikkert at udtale sig om og bestemme den konkrete dødsårsag. De skandinaviske undersøgelser anvender sygdomsregistrering og er derfor langt mere pålidelige end de undersøgelser, der anvender dødsårsagsregistrering som kilde til identifikation af case-tilfælde.
- Andre faktorer** Et forholdsvis dårligt undersøgt emne er risikoen for, at de observerede sammenhænge mellem eksponering og sygdomsforekomst skyldes andre faktorer end de undersøgte. I forhold til kræft er de mest oplagte tilstedeværelsen af andre forhold ved de elektriske kilder, kræftfremkaldende stoffer eller forhold/processer i det daglige miljø, som kan øge risiko for kræft. Dette kan være både i hjemmet, på arbejdspladsen, hvor man kan være udsat for andre carcinogene stoffer, og det øvrige miljø, eksempelvis i forbindelse med trafik.

Konklusion

Der foreligger en række epidemiologiske undersøgelser, der påviser sammenhænge mellem forskellige eksponeringsformer for elektromagnetiske felter i 50 Hz-området og forekomsten af forskellige kræftsygdomme. Undersøgelserne er gennemført efter forskellige principper, og metodologien for kvantificering af eksponeringens styrke og varighed varierer.

Efter offentliggørelsen af den samlede monografi fra IARC (2002) må konklusionen blive, at elektromagnetiske felter i det ekstremt lavfrekvente område muligvis kan fremkalde leukæmi hos børn.

Der er ikke evidens for at denne eksponering kan fremkalde andre kræftsygdomme hos børn eller kræftsygdom hos voksne, hverken voksne med bopæl tæt på højspændingsanlæg eller voksne, der gennem deres arbejde er udsat for denne eksponering. Ekspertgruppen under IARC, der har skrevet monografien om denne eksponering, mener, at der er utilstrækkelig evidens for dette forhold, hvilket kan fortolkes sådan, at den her fremsatte konklusion gælder ud fra den nuværende viden, hvilket ikke udelukker, at senere undersøgelser vil kunne forandre konklusionen.

Der er muligvis en sammenhæng mellem børns bopæl tæt på højspændingsanlæg og risiko for leukæmi. Denne øgede risiko omfatter sandsynligvis kun børn, der er udsat for kraftige elektromagnetiske felter i størrelsesordenen større eller lig med 0,4 μ Tesla (mikrotesla). Dette peger to større gennemgange af området på (Ahlbom *et al.*, 2000; Greenland *et al.*, 2000). I Danmark drejer det sig, som tidligere anført, om mindre end 700 børn, der antages at være eksponeret for magnetfelter i denne størrelse, men der er ikke foretaget egentlige undersøgelser af dette forhold siden starten af 1990'erne. Ved anvendelse af de data, der vedrører danske børns bopæl tæt på højspændingsanlæg og som blev indsamlet op til offentliggørelsen af den danske undersøgelse i 1993 (Olsen *et al.*, 1993) blev det vurderet, at elektromagnetiske felter ville være årsag til et nyt tilfælde af alle kræftformer blandt børn hvert 5. år, hvis disse felter var en risiko faktor. Hvert år diagnosticeres der i Danmark omkring 150 tilfælde af de mest hyppige kræftformer blandt børn under 15 år, heraf udgør leukæmi omkring 40 - 50 tilfælde. Risiko for leukæmi, som mistanken gennem mange års forskning har begrænset sig til, er sandsynligvis endnu mindre, men da der ikke blev fundet en øget forekomst af denne tumorform i den danske undersøgelse kan der ikke gives et mere præcist estimat for leukæmi. Mange højspændingskabler og transformieranlæg kan være flyttet og/eller nedgravet, hvilket har ændret eksponeringen, og det er derfor vanskeligt at give et præcist estimat anno 2010 for den teoretiske risiko for leukæmi hos børn. Forekomsten af leukæmi hos børn har været stabil de sidste 65 år med udgangspunkt i data fra verdens ældste cancerregister, der startede sin registrering af samtlige kræfttilfælde i Danmark i 1943. Overlevelsen efter behandling af leukæmi er også forbedret og således er den samlede overlevelse 5 år efter diagnose mere end 80 %.

Undersøgelser af erhvervsmæssig udsættelse for elektromagnetiske felter i det lavfrekvente område viser ikke en øget risiko for kræft. I særdeleshed er erhvervsgrupper som *a priori* må antages at være højt udsatte for magnetfelter, ikke fundet at have en forøget risiko for kræftsygdom (Johansen, 2004).

De epidemiologiske undersøgelser, der har vist en statistisk sammenhæng står fortsat uden støtte fra en eller flere veldokumenterede biologisk(e) teori(er), der kan underbygge de epidemiologiske resultater ved at forklare, hvordan de meget energisvage felter i 50 Hz-området kan fremkalde kræftforandringer.

4.2 Neurologiske sygdomme

Der er gennemført en række undersøgelser, der har belyst forekomsten af neurodegenerative sygdomme i centralnervesystemet hos personer, der har været udsat for kraftige elektromagnetiske felter i arbejdslivet. Der har særligt været fokus på om forekomsten af Alzheimers sygdom, motorneuron sygdomme, særligt amyotrof lateral sclerose (ALS), Parkinsons sygdom, dissemineret sclerose og epilepsi var øget i disse erhvervsgrupper.

Alzheimers sygdom	Erhvervsmæssig udsættelse for elektromagnetiske felter har været sat i forbindelse med en øget forekomst af Alzheimers sygdom. En enkelt, i Appendix II omtalt, undersøgelse har vist en øget forekomst af sygdommen hos personer, der har boet tæt på højspændingsanlæg i mere end 15 år (Huss, 2008). Med udgangspunkt i de hidtil gennemførte undersøgelser er det endnu ikke muligt, at afklare i hvilket omfang denne form for eksponering medfører en øget risiko for Alzheimers sygdom.
Amyotrof Lateral Sclerose	Erhvervsmæssig udsættelse for elektromagnetiske felter har været sat i forbindelse med en øget forekomst af ALS. Med udgangspunkt i de hidtil gennemførte undersøgelser er det endnu ikke muligt at afklare, i hvilket omfang denne form for eksponering medfører en øget risiko for ALS.
Parkinsons sygdom	<p>Parkinsons sygdom er en mere almindelig neurologisk sygdom sammenlignet med Alzheimers sygdom og ALS. Det skønnes, at 6000 personer i Danmark har Parkinsons sygdom, der er kendetegnet ved rystelser, en vis stivhed i muskulturen og langsomme bevægelser.</p> <p>På baggrund af den videnskabelige litteratur er der ikke fundet en øget risiko for Parkinsons sygdom i erhverv med høj udsættelse for elektromagnetiske felter i 50/60 Hz-området.</p>
Andre neurodegenerative sygdomme	På baggrund af den videnskabelige litteratur er der ikke fundet en øget risiko for dissemineret sclerose og epilepsi i erhverv med høj udsættelse for elektromagnetiske felter i 50/60 Hz-området.

Konklusion

Dette nye område indenfor forskningen i de eventuelle sundhedsskadelige virkninger af elektromagnetiske felter i 50/60 Hz-området har påkaldt sig stor opmærksomhed, fordi der tidligt blev peget på mulige biologiske mekanismer, og fordi der i en række velgennemførte undersøgelser relativt konsistent er observeret en øget dødelighed og i andre undersøgelser en øget risiko for Alzheimers sygdom og ALS.

Det er endnu for tidligt at vurdere, om det er udsættelse for elektromagnetiske felter, elektriske stød eller et andet forhold i relation til vekselstrømskilder, der kan forklare en eventuel sammenhæng mellem denne eksponering i arbejdslivet og disse to sygdomme.

Der synes ikke at være en øget risiko for Parkinsons sygdom, dissemineret sclerose eller epilepsi ved erhvervsmæssig udsættelse for elektromagnetiske felter.

Sammenfattende kan det konstateres, at der er observeret en større forekomst af visse neurodegenerative sygdomme blandt personer med erhvervmæssig udsættelse for elektromagnetiske felter. Der er behov for mere præcise undersøgelser af dette forhold, før det kan blive vurderet, om erhvervmæssig udsættelse for elektromagnetiske felter, elektriske stød eller et eller flere andre karakteristika ved vekselstrøm kan forklare den øgede risiko for disse relativt sjældne sygdomme. Data fra den schweiziske undersøgelse (Huss, 2009), omtalt i Appendix II, der viser en øget forekomst af Alzheimers sygdom hos personer med bopæl tæt på højspændingsinstallationer, har givet fornyet interesse i at gentage denne type undersøgelse og andre undersøgelser, der kan afklare i hvilket omfang, der er en sammenhæng mellem udsættelse for elektromagnetiske felter – enten på bopæl eller/og i erhverv og forekomsten af disse relativt sjældne sygdomme.

4.3 Hjertesygdomme

Det har været antaget at erhvervmæssig udsættelse for elektromagnetiske felter kunne øge risiko for rytmeforstyrrelser i hjertet og akut myokardie infarkt ('hjerteslag').

Der er tre undersøgelser, der har vist en effekt af magnetfelter i arbejdslivet på dødeligheden af alvorlig hjerte- karsygdom. Omvendt har seks andre undersøgelser ikke fundet en sammenhæng. Flere af de såkaldt negative undersøgelser er bedre tilrettelagt og anvender data af en bedre kvalitet end de tre positive undersøgelser. Det er derfor nærliggende med udgangspunkt i disse undersøgelser at udtrykke en vis skepsis overfor teorien om en sammenhæng mellem eksponering for elektromagnetiske felter og risiko for hjertesygdom. Samtidig er det meget vigtigt at fremhæve, at forsøg på at eftervise den oprindelige biologiske teori ikke har været mulig.

I en netop gennemført oversigt af samtlige hidtil gennemførte undersøgelser af dette emne, bliver det konkluderet, at det ikke har været muligt at eftervise denne hypotese i en række, herunder danske, velgennemførte undersøgelser, hvorfor hypotesen må betragtes som afvist (Kheifets, *et al.*, 2007).

4.4 Reproduktionsskader

Skader på reproduktionen kan ske ad forskellige veje. Der kan ske ændringer af arvematerialet (DNA), ændringer af forældrenes reproduktionsevne eller effekter på selve fosteret (teratogene effekter). Effekterne kan være svære at måle, og en række undersøgelser har derfor operationaliseret disse skader som forekomsten af spontane aborter. Litteraturen inden for dette fagområde er meget spredt, og denne gennemgang kan ikke siges at være fuldstændig. Yderligere er undersøgelserne ikke gennemgået på samme detaljeringniveau som undersøgelserne i kræftafsnittet. Undersøgelserne har alle set på erhvervmæssigt udsatte personers risiko for påvirkning af reproduktion.

Konklusion

Undersøgelser om effekter på reproduktionen indikerer en mulig sammenhæng mellem eksponering for magnetiske felter og forekomsten af spontane aborter og reproduktionseffekter. Der er forskellige metodiske problemer forbundet

med flere af undersøgelserne, herunder at de ofte bygger på et relativt lille datagrundlag. Det eksisterende vidensgrundlag er endvidere præget af, at undersøgelserne er rettet mod forskelligartede eksponeringsformer.

En gennemgang af hele dette forskningsområde konkluderer, at der ikke er fundet en sammenhæng mellem moderens eksponering for magnetfeltkilder i det ekstremt lavfrekvente område og risiko for påvirkning af graviditetens forløb og misdannelser (Juutilainen, 2003).

4.5 Hypersensitivitet og depressioner

Der er i forbindelse med udsættelse for elektromagnetiske felter rapporteret om observerede psykiske og neurologiske effekter i en række tilfælde. Disse effekter er ikke så velundersøgte som risikoen for kræft.

Eloverfølsomhed

Der er blevet rapporteret om overfølsomhed i forbindelse med elektromagnetiske felter. Eloverfølsomhed defineres som symptomer, som den ramte selv tilskriver eksponering fra elektrisk udstyr (Wennberg *et al.*, 1994).

Den svenske socialstyrelse har foretaget en redegørelse om eloverfølsomhed og vurderer, at der heller ikke eksisterer noget bevis for, at der er en sammenhæng mellem eloverfølsomhed og eksponering for magnetiske felter. Det tilføjes, at der ikke eksisterer videnskabelige metoder til at bekræfte, om et individ er eloverfølsomt.

Health Protection Agency i England, tidligere National Radiologic Protection Board (NRPB) har udgivet en rapport, der belyser fænomenet el-overfølsomhed (Irvine 2005) (Se Appendix I og II). Rapporten konkluderer, at der ikke synes at være videnskabelige holdepunkter for en sammenhæng mellem elektromagnetiske felter eller andre karakteristika ved elektricitet, og de symptomer som angives af en række borgere, men at disse symptomer må tilskrives andre årsager. Rapporten kan i sin helhed ses på www.hpa.org.uk

Hovedpine, depression og selvmord

Nogle få undersøgelser har vist en mulig sammenhæng mellem forekomsten af ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter og hovedpine, depressioner og selvmord. Andre undersøgelser har ikke vist nogen sammenhæng.

I de tidligere refererede gennemgange af den videnskabelige evidens for eventuelle sundhedsrisici ved udsættelse for elektromagnetiske felter er det afvist, at der skulle være en øget risiko for såvel selvmord som depressioner blandt mennesker med bopæl tæt på højspændingsanlæg (NIEHS, 1999; National Research Council, 1997).

5 Årsagssammenhæng

Der er i dag fremsat forskellige teorier om mulige biologiske virkningsmekanismer, men der mangler fortsat én eller flere veldokumenterede biologiske teorier, der kan forklare, hvordan de meget energisvage felter kan fremkalde sundhedseffekter.

Således er de strømme, som induceres i kroppen som følge af eksponering for både elektriske og magnetiske felter, meget små, sammenlignet med de strømme, der opstår på grund af kroppens almindelige aktivitet for eksempel hjerte- og hjerneaktivitet.

Det vil sige, at den strømstyrke, som forårsages af det magnetiske felt, ikke umiddelbart kan forklare forekomsten af biologiske effekter. Det er derfor nærliggende at antage eksistensen af visse specifikke biologiske mekanismer.

En forklaringsmodel kan være, at de elektromagnetiske felter ved en enkelt specifik påvirkning starter en kaskadereaktion, hvor det enkelte led i kæden ikke i sig selv er nok til at forårsage de observerede effekter, men hvor alle ledene tilsammen kan forklare virkningen.

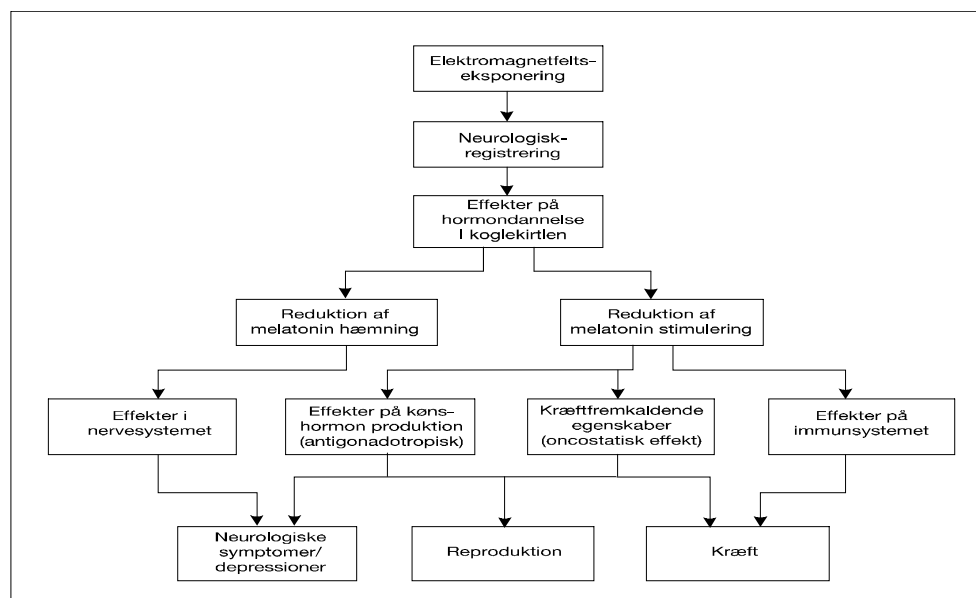
Der har været fremsat flere teorier om en mekanisme. To af disse er her kort fremlagt, se i øvrigt Appendix I og II.

5.1 Melatonin-teorien

Melatonin er et hormon, der dannes i koglekirtlen i hjernen. Det har en række fysiologiske effekter, bl.a. vides det at kunne hæmme væksten af brystkræft og bekæmpe frie radikaler, som kan forårsage skader på arvematerialet. Produktionen af melatonin varierer over døgnet med maksimal produktion om natten, idet det er reguleret af lysintensiteten.

Hæmning af
melatoninsyntesen

Teorien bygger på den hypotese, at melatoninproduktionen hæmmes af de ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter (Reiter, 1991). Rotteforsøg støtter denne hypotese, idet det er vist, at rotter, der er blevet udsat for de ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter i længere tid, har en markant lavere produktion af melatonin end rotter i et kontrolforsøg. Tærskelværdien for den reducerede melatoninproduktion var i forsøget 0,2 - 2 kV/m. Hypoteserne om virkemekanismerne ved melatoninhæmninger er illustreret i figur 6-1.



Figur 5-1 Model af neuroendokrine effekter fra elektromagnetiske felter og mulige konsekvenser. Oversat fra Frey (1993).

Effekter af nedsat melatonin syntese

Nedsat melatoninproduktion kan medføre en forhøjet østrogenproduktion. Dette hormon stimulerer bl.a. væksten i brystkirtelvævet, hvorfor nedsat melatonin koncentration formodes, at kunne øge risikoen for udvikling af brystkræft. (Subramanian *et al.*, 1991; Knave, 1994; Henshaw 2005; 2008).

Reduktion i melatonin koncentrationen kan således medføre forhøjet risiko for kræft i hormonafhængige væv. I en omfattende gennemgang af hele denne mekanisme i relation til særligt brystkræft konkluderer de engelske strålemyndigheder, at der ikke synes at være belæg for, at eksponering for elektromagnetiske felter påvirker melatonin produktionen (Health Protection Agency 2006).

Frie radikaler

Frie radikaler er atomer eller atomgrupper med en uparret elektron. De er svagt knyttet til magnetiske felter (Newsholme og Leech, 1986). Frie radikaler kan øve skade på arvematerialet DNA, og skadet DNA kan føre til bl.a. kræft og muligvis også Parkinsons og Alzheimers sygdomme. Melatonin udgør et slags "forsvar" mod de frie radikaler. Hæmning af melatoninsyntesen og den manglende bekæmpelse af de frie radikaler kan derfor indirekte være årsag til flere forskellige sygdomme. I nyere undersøgelser er det vist, at selv meget lave doser af magnetfelter medfører øget koncentration af frie radikaler i blodet hos rotter (Reiter, 1992). Teorien er fortsat en hypotese, og der er endnu ikke fremkommet overbevisende dokumentation for denne sammenhæng hos mennesker.

5.2 Magnetitkornteorien

Ikke kun fugle og bier, men også mennesker har magnetiske kæder bestående af magnetitkorn i mange celletyper. Disse kæder af magnetitkorn fungerer bl.a. som små kompasnåle, der reagerer på Jordens magnetfelt (det geomagnetiske felt) og derved muliggør f.eks. fugle og biers navigation.

Ferrimagnetiske egenskaber

Magnetit (Fe_3O_4) er et ferrimagnetisk stof. De ferrimagnetiske egenskaber bevirker, at magnetitmolekylerne reagerer kraftigt på eksterne magnetfelter. I mennesker er magnetitkornene nu fundet i koncentrationer, der er så høje, at det teoretisk set er muligt, at magnetitkornene kan reagere på de magnetfelter, der dannes i forbindelse med f.eks. højspændingsanlæg.

Hypotese

Magnetitkornteorien bygger på den hypotese, at magnetitkornene ændrer de biologiske membraners elektriske egenskaber, f.eks. ved at åbne eller lukke ionkanalerne i cellemembranerne. Teorien er forladt. Her nævnes den blot for at vise spændvidden i de mange idéer, der har været undersøgt for at forklare en eventuel sammenhæng mellem den elektromagnetiske eksponering og risiko for sygdom.

5.3 Aerosoler og radon nedbrydningsprodukter

Radon er en radioaktiv luftart, som findes i jorden. Radon kan trænge ind i en bygning gennem revner og sprækker, fordi der ofte er lavere lufttryk inde i bygningen end under bygningen. Der er derfor altid mere radon i indeluften end i udeluften. Hvis der er meget radon i indeluften, øges risikoen for lungekræft især i forbindelse med rygning. Radon måles i Bq/m^3 . Det har været diskuteret, om nedbrydningsprodukter af radon kunne forbinde sig med de aerosoler, der dannes omkring højspændingsledninger, og om indåndingen af disse ladede partikler kunne forklare en øget forekomst af leukæmi hos børn, der bor tæt på højspændingsledninger (Fews, 1999). Teorien har fortsat opmærksomhed, men er endnu ikke afprøvet i egentlige undersøgelser. Radon har ikke tidligere været anset for en væsentlig risikofaktor for andre sygdomme end lungekræft.

6 Myndigheders udtalelser

Når det gælder ikke-ioniserende elektromagnetisk felter, har eksperter og myndigheder haft mest fokus på situationer karakteriseret ved høje eksponeringsniveauer, hvor der er veldokumenterede sundhedseffekter. På dette område er der etableret grænseværdier, bl.a. i gennem International Commission on Non-Ionising radiation Protection (ICNIRP) og EU -kommissionen.

Med hensyn til påvirkningen fra de relativt lave niveauer af ekstremt lavfrekvente felter, der findes omkring højspændingsanlæg, har de internationale organisationer kombineret grænseværdier og aktionsniveauer, niveauer af eksponering, hvor myndighederne opfordres til at undersøge om eksponeringen kan reduceres i lyset af det generelt gældende forsigtighedsprincip. Det vil sige, at der er faste grænseværdier, men at der i niveauer af eksponering tæt på grænseværdien bliver opfordret til at myndigheder og interessenter (ejere af højspændingsinstallationer) undersøger muligheder for reduktioner i den konkrete eksponering, selvom eksponeringen måske ligger lige under den vedtagne grænseværdi.

6.1 Internationale grænseværdier

Der er i flere internationale sammenhænge fremsat og foreslået grænseværdier for human eksponering for magnetiske felter. Specielt bør nævnes at ICNIRP i 1998 publicerede et sæt retningslinjer for begrænsning af eksponeringen for elektromagnetiske felter i området fra 0 op til 300 GHz.

ICNIRP er et uafhængigt fagligt organ, som samarbejder officielt med WHO og er partner i WHO's internationale Elektromagnetisk felt-projekt. ICNIRP's retningslinjer er baseret på et omfattende videnskabeligt gennemgang af de undersøgelser, der har belyst skader forårsaget af kortvarig, akut påvirkning. På dette område har man således fundet grundlaget tilstrækkeligt sikkert til at sætte grænseværdier, mens ICNIRP betragter den videnskabelige information om mulig kræftpåvirkning af ELF (ekstremt lavfrekvente felter) som utilstrækkelig til at sætte kvantitative grænser – udover de førnævnte generelle eksponeringsgrænser. Danmark henholder sig til de grænseværdier, der er opstillet af ICNIRP.

ICNIRP's referenceniveauer er afhængige af frekvensen. For felter på 50 Hz er værdierne:

- For arbejdsmiljø: 500 μ T
- For den alm. offentlighed: 100 μ T

Der er vedtaget en EU-henstilling om begrænsning af befolkningens eksponering for elektromagnetiske felter (Rådet 1999). Henstillingen refererer til ICNIRP (1998) og afspejler referenceniveauerne for den almindelige offentlighed. Det henstilles til medlemsstaterne at sikre overholdelse af basisrestriktionerne bl.a. ved at tage hensyn til referenceniveauerne. I 2004 i gangsatte EU arbejdet med et nyt direktiv om eksponering for elektromagnetiske felter i arbejdsmiljøet (Europa-parlamentet og Rådet, 2004). Dette direktiv skal danne udgangspunkt for et nyt direktiv, der skal være færdigt og træde i kraft 2012.

Referenceværdierne ligger væsentlig højere end de niveauer, man finder i nærheden af højspændingsanlæg (typisk 0,2 - 10 μ T).

6.2 IARC's vurdering

Det internationale kræftforskningsinstitut har gennemført en samlet vurdering af kræfttrisikoen ved ekstremt lavfrekvente felter (ELF).

Om IARC

International Agency for Research on Cancer (IARC) er et kræftforskningsinstitut etableret af Verdenssundhedsorganisationen (WHO). En af instituttets arbejdsopgaver er, at evaluere om kemiske stoffer, fysiske og biologiske faktorer eller andre eksponeringer er kræftfremkaldende for mennesker. Institutet har offentliggjort flere hundrede monografier, der gennemgår den videnskabelige litteratur og vurderer graden af bevis for, at en given eksponering er kræftfremkaldende. Monografierne indeholder aldrig anbefalinger om regulering eller lovgivning, fordi dette opfattes som et politisk forhold, der ikke skal inddrages i den videnskabelige vurdering. Programmet anvendes i mindst 57 lande og multinationale sammenslutninger og organisationer, herunder Danmark og EU, som et blandt flere grundlag for regulering af eksponering både for befolkningen i almindelighed og for arbejdsmiljøet.

I princippet inddrages kun litteratur, der har været offentliggjort i internationale videnskabelige tidsskrifter, eller videnskabelige arbejder, der er antaget til publikation (*in press*). Det bliver antaget at videnskabelige undersøgelser, der bliver indsendt til et videnskabeligt tidsskrift med henblik på offentliggørelse gennemgår en såkaldt kvalitetsbedømmelse (*peer review*). Monografiprogrammet inddrager i visse tilfælde litteratur, som foreligger i form af statslige rapporter, færdige manuskripter eller lignende, men det markeres i monografierne, når dette er tilfældet.

Medlemmerne af arbejdsgruppen deltager som forskere og repræsenterer ikke et land, en regering, en organisation eller en industri. Der kan deltage observatører fra nationale eller internationale organisationer.

Når IARC vurderer styrken af evidens for, at et givent agens kan fremkalde kræft, vurderes graden af evidens blandt mennesker og eksperimentelle dyrestudier og 'støttende evidens', (dvs. andre data som er relevante for at kunne vurdere sammenhængen og de bagvedliggende mekanismer). Herefter foretages en samlet vurdering. (Ordet agens dækker over kemiske stoffer, grupper af kemiske forbindelser, fysiske agens og biologiske faktorer.)

Når man vurderer undersøgelser af mennesker og eksperimentelle dyr, opererer man med termerne: tilstrækkelig evidens, begrænset evidens, utilstrækkelig evidens og evidens der antyder, at der ikke er en sammenhæng.

Den endelige vurdering opdeler agens i følgende kategorier:

- Gruppe 1: Agens er carcinogent for mennesker
- Gruppe 2A: Agens er sandsynligvis carcinogent for mennesker
- Gruppe 2B: Agens er muligvis carcinogent for mennesker
- Gruppe 3: Agens er ikke mulig at klassificere med hensyn til dets carcinogene egenskaber i forhold til mennesker
- Gruppe 4: Agens er sandsynligvis ikke carcinogent for mennesker

IARC's risikovurdering for ELF

IARC har vurderet elektromagnetiske felter i det ekstremt lavfrekvente område og har konkluderet, at der er begrænset evidens for, at eksponering for ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter kan fremkalde leukæmi hos børn, og at der er utilstrækkelig evidens for, at ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter kan forårsage andre kræftformer blandt børn og kræft blandt voksne (IARC, 2002).

IARC's rapport konkluderer desuden, at der ikke er observeret en konsistent sammenhæng mellem eksponering for elektromagnetiske felter og risiko for hjernetumorer eller andre cancerformer hos børn. Det understreges dog, at undersøgelser, der har belyst andre kræftformer end leukæmi, generelt er mindre og af en ringere kvalitet.

Med særlig fokus på undersøgelser af risiko for leukæmi hos børn boende tæt på højspændingsanlæg besluttede ekspertgruppen under IARC at tildele ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter klassifikationen 2B (muligvis kræftfremkaldende for mennesker).

Sammenhængen mellem voksnes bopæl og risiko for leukæmi og hjernetumorer er ikke bekræftet, ("Although there have been a considerable number of reports, a consistent association between residential exposure and adult leukemia and brain cancer has not been established." IARC, 2002, p. 333).

6.3 WHO's standpunkt

WHO har i 1996 iværksat et internationalt projekt vedrørende sundhedspåvirkningen af elektromagnetiske felter. Hvad angår ELF, har man taget IARC's vurderinger til efterretning og anbefaler på det grundlag, at emnet følges op med fokuseret forskning. Indtil videre peger WHO på forsigtighedstiltag på frivillig basis som et redskab til at begrænse risikoen i forbindelse med nyanlæg.

Som omtalt tidligere har WHO i efteråret 2005 nedsat en større ekspertgruppe, der som led i det fortsatte arbejde med vurdering af miljøfaktorerens betydning for sundhed (de såkaldte Environmental Health Criteria rapporter) gennemgik den videnskabelige litteratur publiceret indtil udgangen af 2005. Ekspertgruppens endelige rapport er omtalt i Appendix II.

6.4 Danske sundhedsmyndigheder

De danske sundhedsmyndigheder har som tidligere omtalt baseret deres vurdering af eventuelle sundhedseffekter forårsaget af eksponering for magnetiske felter på to rapporter, der blev udarbejdet af en ekspertgruppe i 1993 (SEIIS no. 1 og 2). Sundhedsstyrelsens holdning fremgår af de anbefalinger, der blev udsendt efter at SEIIS havde aflagt sine rapporter til Sundhedsstyrelsen i henholdsvis maj og juni i 1993.

Sundhedsstyrelsen vurderede på baggrund af ekspertgruppens arbejde, at magnetfelter i sig selv ikke kunne klassificeres som kræftfremkaldende. Dog støtter den danske (Olsen *et al.* 1993) og svenske undersøgelse (Feychting og Ahlboms, 1992) taget som helhed antagelsen om, at børn, der bor tæt ved højspændingsanlæg, har en øget hyppighed af kræft, men at talmaterialet hverken kunne be- eller afkræfte hypotesen. Den mulige øgede risiko vurderedes endvidere at være meget lille (et ekstra tilfælde af kræft hos børn under 15 år hvert 5. år).

På denne baggrund blev det besluttet ikke at fastsætte grænseværdier for magnetfeltseksponeringen fra højspændingsanlæg eller minimumsgrænser for afstanden mellem højspændingsanlæg og boliger og ej heller at indføre særlige foranstaltninger i forbindelse med eksisterende børneinstitutioner nær højspændingsanlæg. I forbindelse med fremtidige anlæg indførtes et generelt forsigtighedsprincip om at undgå linjeføringer af højspændingsledninger tæt på bebyggelse. Begrebet "tæt på" forudsættes at bero på en pragmatisk sammenligning med gennemsnitlig udsættelse for magnetfelter ved at bo i hjem med almindelige elektriske installationer og blev ikke yderligere defineret.

Sundhedsstyrelsen har siden da ikke fundet videnskabelig baggrund for at ændre den sidste egentlige anbefaling fra 1993. Med udgangspunkt i rapporten fra IARC (2002) og de undersøgelser, der er offentliggjort indenfor samtlige forskningsområder, har Sundhedsstyrelsen ikke ændret sin sundhedsfaglige vurdering frem til udgangen af december 2009 og den ligger til dags dato stadig på linje med IARC's konklusioner fra 2001.

6.5 Svenske og britiske myndigheder

Den svenske socialstyrelse har ligeledes baseret sin holdning til eventuelle sundhedseffekter (kræft, reproduktionseffekter og eloverfølsomhed) fra ekspo-

nering for ekstremt lavfrekvente magnetiske felter på en redegørelse for de videnskabelige undersøgelser herom. Socialstyrelsen nedsatte i 1993 en ekspertgruppe til at foretage redegørelsen, hvis seneste rapport er omtalt i Appendix II.

Socialstyrelsen vurderede i 1995, at der ikke fandtes undersøgelser, der kunne lægges til grund for at antage, at der er en øget risiko for kræft ved eksponering for elektromagnetfelter. Styrelsen påpegede dog, at de nordiske undersøgelser antyder en øget risiko for leukæmi hos børn, der er bosat i nærheden af højspændingsanlæg, men at denne mulige sammenhæng var svag, og at der fortsat mangler en biologisk troværdig forklaring på, hvordan elektromagnetiske felter kan medføre kræft. Den svenske ekspertgruppe vurderede som den danske, at hvis der findes en øget risiko, vil den være lille, og den vil kun forårsage få tilfælde af børneleukæmi årligt for hele Sverige.

På grundlag af redegørelsen vurderer den svenske Socialstyrelse, at der ikke er tilstrækkeligt videnskabeligt grundlag til at fastsætte grænseværdier eller andre bindende forskrifter. Dog bør der udvises en vis forsigtighed bl.a. ved at begrænse magnetfelter af betydelig styrke i boliger, skoler og på arbejdspladser.

De britiske myndigheder har nedsat et nationalt råd for ioniserende strålingsbeskyttelse (NRPB), der nu hedder Health Protection Agency (HPA) som desuden har til opgave at vurdere eventuelle sundhedsskader og i bekræftende fald anbefale beskyttelsesforanstaltninger mod ikke-ioniserende stråling, herunder ekstremt lavfrekvente magnetiske felter. Rådet vurderede i april 1994, at de epidemiologiske studier, specielt de nordiske, styrker hypotesen om, at eksponering for magnetiske felter øger risikoen for leukæmi hos børn. Ligeledes støttes hypotesen om øget risiko for leukæmi i erhverv med eksponering for forhøjede magnetiske felter, selvom resultaterne dog ikke var konsistente. NRPB konkluderede yderligere, at der ikke fandtes en plausibel forklaring på de eventuelle biologiske virkemekanismer. I 2001 gentog man vurderingen og fik gennemført et større udredningsarbejde (NRPB 2001), der medførte en konklusion, der var på niveau med konklusionen fra IARC (IARC 2002) både med hensyn til sammenhængen med leukæmi hos børn og med hensyn til fraværet af risiko for kræft hos voksne både ved bopæl og ved erhvervsmæssig eksponering. (Se appendix I og II for de nyeste rapporter.)

7 Forkortelser

Forkortelser	
ALL	Akut lymfoblastisk leukæmi
ALS	Amyotrof lateral sclerose
AMI	Akut myokardie infarkt
ATP	Adenosine triphosphate
CI	Confidence interval
CPR	Centrale personregister
DNA	Deoxyribonucleic acid
EEG	Electroencephalogram
ELF	Ekstremt lavfrekvente felter
EMF	Elektromagnetiske felter
HPA	Health Protection Agency
HR	Hazard ratio
HIV	Human immunodeficiency virus
IARC	International Agency for Research on Cancer
ICNIRP	International kommission for beskyttelse mod ikke-ioniserede stråling
IMI	Idiopatisk Miljø Intolerance
LTP	Long term potentiation
MRI	Magnetic resonance imaging
N	Nummer
NHL	Non-Hodgkin Lymfom
NIEHS	National Institute of Environmental Health Science
NRPB	National Radiological Protection Board
OR	Odds ratio
ROS	Reactive oxygen species
RR	Relativ risiko
SEIIS	Sundhedsministeriets ekspertgruppe vedrørende ikke ioniserede stråling
SIR	Standardiseret incidensratio
SMR	Standardiseret dødelighedsratio

VVM	Vurdering af virkning på miljøet
WHO	Verdenssundhedsorganisationen

8 Referencer

Ahlbom A, Feychting M, Koskenvuo M, Olsen JH, Pukkala, Schulgen G and Verkasalo P, 1993. Electromagnetic fields and childhood cancer. *The Lancet*, 342: 1295-1296.

Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, Dockerty J, Linet M, McBride M, Michaelis M, Olsen JH, Tynes T and Verkasalo PK, 2000. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *British Journal of Cancer*, 83: 692 – 698.

Bioinitiative report 2007. www.bioinitiative.org

Davanipour Z, Tseng C-C, Lee P-J, Sobel E, 2007. A case-control study of occupational magnetic field exposure and Alzheimer's disease: results from the California Alzheimer's Disease Diagnosis and Treatment Centers. *BMC Neurology*; 7: 1 – 10.

Day, N *et al.*, 1999. Exposure to power-frequency magnetic fields and the risk of childhood cancer. *The Lancet*, 354: 1925-31.

Draper G, Vincent T, Kroll ME and Swanson J, 2005. Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study. *British Medical Journal* 330: 1290-1292.

Europa-Parlamentets og rådets direktiv 2004/40/EF af 29. april 2004 om minimumsforskrifter for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejdstagernes eksponering for risici på grund af fysiske agenser (elektromagnetiske felter) (18. særdirektiv i henhold til artikel 16, stk. 1, i direktiv 89/391/EØF)

Feychting M and Ahlbom A, 1992. Magnetic fields and cancer in children residing near high-voltage power lines. *Am. J. Epidemiol.* 138: 467-481.

Feychting M, Schulgen G, Olsen JH and Ahlbom A, 1995. Magnetic fields and childhood cancer - a pooled analysis of two Scandinavian studies. *European Journal of Cancer* 31A (12): 2035-2039.

Feychting M, Floderus B, Ahlbom A, 2000. Parental occupational exposure to magnetic fields and childhood cancer (Sweden). *Cancer Cases Control*; 11: 151 – 156.

Feychting M and Ahlbom A, 2005. EMF and Health. Annual Review of Public Health 26: 165-189.

Feychting M and Forssén U, 2006. Electromagnetic fields and female breast cancer. Cancer Causes Control 17: 553-558.

Fews AP, Henshaw DL, Keitch PA, Close JJ, Wilding RJ, 1999. Increased exposure to pollutant aerosols under high voltage power lines. Int. J. Rad. Biol.; 75: 1505 – 1521.

Foliart DE *et al.*, 2006. Magnetic field exposure and long-term survival among children with leukaemia. British Journal of Cancer 94: 161-164.

Garcia AM, Sisternas A, Hoyos SP, 2008. Occupational exposure to extremely low frequency electric and magnetic fields and Alzheimer disease: a meta-analysis. Int. J. Epidemiol. 37: 329 – 340.

Gauger JR, 1985: Household appliance magnetic field survey. IEEE Transactions on power apparatus and systems, vol. PAS-104 no. 9.

Gezondheidsraad, 2008. Health Council of the Netherlands. Electromagnetic fields: Annual update. www.healthcouncil.nl

Green LM, Miller AB, Agnew DA, Greenberg ML, LI J, Villeneuve PJ and Tibshirani R, 1999. Childhood leukemia and personal monitoring of residential exposures to electric and magnetic fields in Ontario, Canada. Cancer Causes and Control 10: 233 - 43.

Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, Poole C and Kelsh MA, 2000. For the childhood leukemia-EMF study group. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes and childhood leukemia. Epidemiology 11: 624-634.

Gurny JG, Mueller BA, Davis S, Schwartz SM, Stevens RG and Kopecky KJ, 1996. Childhood brain tumor occurrence in relation to residential power line configurations, electric heating sources, and electric appliance use. American Journal of Epidemiology 143: 120-128.

Hardell L, Holmberg B, Malmer H and Paulsson LE, 1995. Exposure to extremely low frequency electromagnetic fields and the risk of malignant diseases - an evaluation of epidemiological and experimental findings. European Journal of Cancer Prevention 4, (Supplementum I): 3-107.

Harrington JM, McBride DI, Sorahan T, Paddle GM and van Tongeren M, 1997. Occupational exposure to magnetic fields in relation to mortality from brain cancer among electricity generation and transmission workers. Occup. Environ. Med. 54: 7-13.

Health Protection Agency, 2006. Power Frequency Electromagnetic Fields, Melatonin and the Risk of Breast Cancer Documents of the Health Protection

Agency Series B: Radiation, Chemical and Environmental Hazards. ISBN 0 85951 573 7

Henshaw DL, Reiter RJ, 2005. Do magnetic fields cause increased risk of childhood leukemia via melatonin disruption? *Bioelectromagnetics Supplements*; 7: S86 - S97.

Henshaw DL, Ward JP, Matthews JC, 2008. Can disturbances in the atmospheric field created by powerline corona ions disrupt melatonin production in the pineal gland? *J. Pineal Res.* 45: 341 – 350.

Hug K, Grize L, Seidler A, Kaatsch P, Schüz J, 2010. Parental occupation exposure to extremely low frequency magnetic fields and childhood cancer: a German case-control study. *Amer. J. Epidemiol.* 171: 27 – 35.

Huss A, Spoerri A, Egger M, Rössli, 2009. Residence near power lines and mortality from neurodegenerative diseases: longitudinal study of the Swiss population. *Amer. J. Epidemiol.*; 169: 167 – 175.

IARC, 2002. International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs: Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields, IARC Press, Lyon, France, vol. 80.

ICNIRP, 1998. (International Commission on Non-ionizing Radiation Protection) Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). ICNIRP Guidelines. *Health Physics* 74: 494-522.

Infante-Rivard C, Deadmn JE, 2003. Maternal occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields during pregnancy and childhood leukemia. *Epidemiology*; 14: 437 – 441.

Irvine N, 2005. Definition, epidemiology and management of electrical sensitivity. Report for the Radiation Protection Division of the Health Protection Agency. HPA 2005. ISBN 0-85951-570-2

Johansen C, 2004. Electromagnetic fields and health effects – epidemiologic studies of cancer, diseases of the central nervous system and arrhythmia-related heart diseases. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, Suppl. 1*: 1-80 (Thesis for the title of Dr. Med. Sci.).

Johansen C, Nielsen OR, Olsen JH, Schüz J, 2007. Risk for leukemia and brain and breast cancer among Danish utility workers: a second follow-up. *Occup. Environ. Med.*; 64: 782 – 784.

Juutilainen J, 2003. Developmental effects of extremely low frequency electric and magnetic fields. *Radiation Protection Dosimetry* 106: 385 – 390.

Kabuto M. *et al.*, 2006. Childhood leukemia and magnetic fields in Japan: A case-control study of childhood leukemia and residential power-frequency magnetic fields in Japan. *International Journal of Cancer* 119: 643-650.

Karipidis KK, Benke G, Sim M, Fritschi L, Yost M, Armstrong B, Hughes AM, Grulich A, Vajdic CM, Kaldor JM, Krickler A, 2007a. Occupational exposure to power frequency magnetic fields and risk of non-Hodgkin lymphoma. *Occup. Environ. Med.* 64: 25 – 29.

Karipidis KK, Benke G, Sim MR, Yost M, Giles G, 2007. Occupational exposure to low frequency magnetic fields and the risk of low grade and high grade glioma. 18: 305 – 313.

Kaune WT, 1993: Introduction to Power-Frequency Electric and Magnetic Fields, *Environmental Health Perspectives Supplements*, vol. 101, Supplement 4.

Kavet R, 2005. Contact current hypothesis: summary of results to date. *Bioelectromagnetics Supplement*; 7: S75 – S85.

Kheifets LI, Afifi AA, Buffler PA and Zhang ZW, 1995. Occupational electrical and magnetic field exposure and brain cancer: a meta-analysis. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 37 (12): 1327-1341.

Kheifets L, Ahlbom A, Johansen C, Feychting M, Sahl J and Savitz D, 2007. Extremely low-frequency magnetic fields and heart disease: Review and Commentary. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*; 33: 5-12.

Kheifets L, Bowman JD, Checkoway H, Feychting M, Harrington JM, Kavet R, Marsh G, Mezei G, Renew DC, van Wijngaarden E, 2009. Future needs of occupational epidemiology of extremely low frequency electric and magnetic fields: review and recommendations. *Occup. Environ. Med.*; 66: 72 – 80.

Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, Feychting M, Johansen C, Monroe J, Murphy M, Oksuzyan L, Preston-Martin S, Roman E, Saito T, Svitz D, Schüz J, Simpson J, Swanson J, Tynes T, Verkasalo P, Mezei G, submitted 2010. A pooled analysis of magnetic fields and childhood brain tumors. *Amer. J. Epidemiol.*

Knave B, 1994. Electric and magnetic fields and health outcomes - an overview. *Scand. J. Work. Environ. Health*, 20 special issue: 78-89.

Kraut, A *et al.*, 1994: Residential electric consumption and childhood cancer in Canada (1971-1986), *Archives of Environmental Health* 49: 156-159.

LI CY, Thériault G and Lin RS, 1997. Residential exposure to 60-Hertz magnetic fields and adult cancers in Taiwan, *Epidemiology* 8: 25-30.

Li P, McLaughlin J, Infante-Rivard C, 2009. Maternal occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and the risk of brain cancer in the offspring. *Cancer Causes Control*; 20: 945 – 955.

Linnet M. *et al.*, 1997. Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children. *New England Journal of Medicine* 337: 1-7.

McBride ML, Gallagher RP, Thériault BG, Tamaro S, Spinelli JJ, Deadman JE, Fincham S, Robson D and Choi W, 1999. Power-frequency electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia in Canada. *American Journal of Epidemiology* 149: 831 - 42.

Mejia-Arangure JM, Fajrdo-Gutierrez A, Perez-Saldivar ML, Gordezky C, Martinez-Avalos A, Romero-Guzman L, Campo-Martinez MA, Flores-Lujano J, Salamanca-Gomez F, Velasquez-Perez L, 2007. Magnetic fields and acute leukemia in children with Down syndrome. *Epidemiology*; 18: 158 – 161.

NRPB, 2001. ELF Electromagnetic fields and the risk of cancer. Report of an Advisory Group on Non-Ionising Radiation. Doc. NRPB, 12: 1-179.

National Research Council, 1997. Possible health effects of exposure to residential electric and magnetic fields. National Academy Press, Washington D.C., USA.

National Institute of Environmental Health Sciences, National Institute of Health, 1999. Health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields. NIH-publication No. 99-4493, Washington D.D., USA.

Newsholme EA. and Leech AR., 1986. *Biochemistry for the medical sciences*. John Wiley and sons Ltd., Great Britain.

Olsen JH, Nielsen A and Schulgen G, 1993. Residence near high voltage facilities and risk of cancer in children. *British Medical Journal* 307: 891-895.

Pearce MS, Hammal DM, Dorak MT, McNally RJQ, Parker L, 2007. Paternal occupational exposure to electro-magnetic fields as a risk factor for cancer in children and young adults: a case-control study from the north of England. *Pediatr Blood Cancer*; 49: 280 – 286.

Ray RM, Gao DL, Li W, Wernli KJ, Astrakianakis G, Seixas NS, Camp JE, Fitzgibbons ED, Feng Z, Thomas DB, Checkoway H, 2007. Occupational exposures and breast cancer among women textile workers in Shanghai. *Epidemiology*; 18: 383 – 392.

Reiter RJ, 1992. Changes in circadian melatonin synthesis in the pineal gland of animals exposed to extremely low frequency electromagnetic radiation: A summary of observations and speculation on their implications. In: *Electromagnetic Fields and Circadian Rhythmicity*. Ed. Moore-Ede MC. Edwards Brothers, USA.

Rubin G, Das Munshi J and Wessely S, 2005. Electromagnetic hypersensitivity: a systematic review of provocation studies. *Psychosomatic Medicine* 67: 224-232.

Rubin GJ, Nieto-Hernandez R, Wessely S, 2010. Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (formerly 'Electromagnetic Hypersensitivity'): an updated systematic review of provocation studies. *Bioelectromagnetics*; 31: 1 – 11.

Röösli M, 2008. Commentary: Epidemiological research on extremely low frequency magnetic fields and Alzheimer's disease – biased or informative? *Int. J. Epidemiol.* 37: 341 – 343.

Rådet for den Europæiske Union, 1999. Rådets henstilling af 12. juli 1999 om begrænsning af befolkningens eksponering for elektromagnetiske felter (0 Hz-300 GHz) (1999/519/EF)

Sahl JD, Kelsh MA and Greenland S, 1993. Cohort and nested case-control studies of hematopoietic cancers and brain cancer among electric utility workers. *Epidemiology* 4: 104-114.

Santibanez M, Bolumar F, Garcia AM, 2007. Occupational risk factors in Alzheimer's disease: a review assessing the quality of published epidemiological studies. *Occup. Environ. Med.* 64: 723 – 732.

SCENIHR 2007: <http://ec.europa.eu/health/ph>

SCENIHR 2009: Health effects of exposure to EMF.
<http://ec.europa.eu/health/ph>

SCENIHR 2009a: Research needs and methodology to address the remaining knowledge gaps on the potential health effects of EMF.
<http://ec.europa.eu/health/ph>

Schüz J, Grigat JP, Brinkmann K, Michaelis J, 2001. Residential magnetic fields as a risk factor for childhood acute leukemia: results from a German case-control study. *Int. J. Cancer* 91: 728 – 735.

Seidler A, Geller P, Nienhaus A, Bernhardt T, Ruppe I, Eggert S, Hietanen M, Kauppinen T, Frölich L, 2007. Occupational exposure to low frequency magnetic fields and dementia: a case-control study. *Occup Environ Med*; 64: 108 – 114.

SEIS rapport no. 1, 1993a. Rapport om risiko for kræft hos børn med bopæl eksponeret for 50Hz magnetfelter fra højspændingsanlæg. Sundhedsstyrelsen.

SEIS rapport no. 2, 1993b. Rapport om risiko for kræft ved udsættelse for ekstreme lavfrekvente magnetfelter i arbejdet. Sundhedsstyrelsen.

Skotte J, 1993. Eksponering for elektromagnetiske 50 Hz felter. Arbejdsmiljøinstituttet. AMI rapport nr. 40.

Subramanian A and Kothari L, 1991. Melatonin, a suppressor of spontaneous murine mammary tumors. *Journal of Pineal Research* 10: 136-140

Statens Strålskyddsinstitut, 2008. Recent research on EMF and health risks. SSI rapport:12. www.ssi.se

Svendsen AL, Weihkopf T, Kaatsch P, Schüz J, 2007. Exposure to magnetic fields and survival after diagnosis of childhood leukemia: a German case-control study. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 16: 1167 – 1171.

Thériault G and Li CY, 1997. Risks of leukemia among residents close to high voltage transmission electric lines. *Occupational and Environmental Medicine* 54: 625-28.

Tomenius, L, 1986. 50-Hz electromagnetic environment and the incidence of childhood tumors in Stockholm County. *Bioelectromagnetics* 7, 191-207.

Tynes T and Haldorsen T, 1997. Electromagnetic fields and cancer in children residing near Norwegian high-voltage power lines. *Amer. J. Epidem.* 145: 219-226.

Verkasalo PK *et al.*, 1993. Risk of cancer in Finnish children living close to power lines. *Br. Med. J.* 307: 895-9.

Wennberg, A *et al.*, 1994. Reaktionen vid exponering för elektriska och magnetiska fält. *Arbete och hälsa vetenskaplig skriftserie*, 9.

Wertheimer N and Leeper E, 1979. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *American Journal of Epidemiology* 109 (3): 273-284.

World Health Organisation, 2007. Extremely low frequency fields. *Environmental Health Criteria* No. 238..

Appendix I: Noter om nye undersøgelser vedrørende kræft hos børn og eloverfølsomhed i perioden 2000 til juni 2006

I hovedteksten er nævnt, at der på visse fagfelter er kommet nye undersøgelser til siden redigeringen af denne redegørelse "Magnetfelter fra højspændingsanlæg- status om viden om virkning på mennesker" 2005. De væsentligste af disse nye undersøgelser er gennemgået nedenfor på en form svarende til redegørelsen.

Kræft hos børn

Efter IARC offentliggjorde sin rapport i juni 2001 (IARC 2002) er der publiceret en japansk og en engelsk undersøgelse, der har undersøgt hypotesen om sammenhæng mellem udsættelse for magnetfelter og kræft hos børn. I den engelske undersøgelse indgik 9700 børn diagnosticeret med en kræftsygdom i perioden 1962 til 1995 og det samme antal raske kontrolbørn. Man anvendte postnummeret angivet ved fødselsdatoen til at vurdere, den korsteste afstand der var mellem bopæl og en højspændingsledning. Der blev fundet en 65 % øget risiko på afstande mellem 0 og 49 meter (Relativ Risiko 1.65; 95% CI, 0.39 - 6.89) og en 36% øget risiko for leukæmi i afstande på mellem 200 og 599 meter (Relativ Risiko 1.22; 95 % CI, 1.01 - 1.47) sammenlignet med afstande > 600 meter og justeret for socioøkonomiske forhold.

Undersøgelsens resultater er kritiseret, fordi der ikke i andre undersøgelser er fundet en øget risiko med så stor afstand til en højspændingsledning. Afstand er i det hele taget en dårlig indikator for den konkrete magnetfeltseksponering. Forskerne er derfor blevet opfordret til at gentage undersøgelsen med udgangspunkt i beregnede elektromagnetiske felter (Draper *et al.* 2005). I den japanske undersøgelse (Kabuto *et al.* 2006) indgik 312 tilfælde af leukæmi ud af 781 patienter, der kunne indgå i undersøgelsen, der boede under 100 meter fra en højspændingsledning og op til 3 raske kontrol børn per kræfttilfælde (i alt 603 børn). Der blev fundet en ikke-signifikant forøget risiko i blandt børn eksponeret for mere end 0.4 μ Tesla (Odds Ratio 2,63; 95% CI, 0.77 - 8.96) og en signifikant øget risiko for børn med en særlig undergruppe af leukæmi (ALL; Odds Ratio, 4.73; 95 % CI, 1.14 - 19.7). Den japanske undersøgelse har en deltagelsesprocent blandt cases, der er mindre end 50 %, men resultaterne peger i samme retning som de hidtil offentliggjorte.

Der er desuden opstået et nyt forskningsfelt, der undersøger, hvorvidt overlevelse - altså ikke risiko - blandt børn diagnosticeret med kræft er dårligere, når disse børn er eksponeret for magnetfelter fra højspændingsanlægget ved diagnosetidspunktet. Den første undersøgelse, der er offentliggjort indenfor dette forskningsfelt, omfatter 482 børn, og finder, at de børn der er eksponeret for det højeste niveau af elektromagnetiske felter ($\geq 0.3 \mu$ Tesla), har en signifikant dårligere overlevelse (Hazard Ratio, 4.5; 95 % CI, 1.5 - 13.8) end børn med lavere eksponeringsniveauer (Foliart *et al.* 2006). Dette resultat bygger på kun fire tilfælde af en særlig form for leukæmi hos børn (ALL). Resultatet kan derfor ikke tillægges afgørende betydning i vurderingen af elektromagnetiske felter som en prognostisk faktor for overlevelse efter diagnosticering af leukæmi blandt børn.

Samlet set, ændrer disse tre undersøgelser ikke ved den samlede konklusion med udgangspunkt i IARC's autoritative gennemgang af dette forskningsområde.

Eloverfølsomhed

Health Protection Agency (HPA) i England, tidligere National Radiologic Protection Board (NRPB) har udgivet en rapport, der belyser fænomenet el-overfølsomhed (Irvine 2005). Rapporten er en gennemgang af den videnskabelige litteratur indenfor dette forskningsområde, og afspejler den reaktion, som NRPB modtog fra offentligheden og forskere ved offentliggørelsen af deres sidste rapport om elektromagnetiske felter og sundhed i 2003.

El-overfølsomhed defineres i rapporten, som en af flere betegnelser, der bruges til at beskrive en række symptomer, som personer tilskriver eksponering for almindeligt forekommende elektriske, magnetiske eller elektromagnetiske felter (engelsk EMFs - electromagnetic fields). I rapporten angives, at el-overfølsomhed kan opdeles i hudsymptomer fra ansigtsområdet, der tilskrives eksponering for skærmterminaler i bredeste forstand (computere, TV-skærme, skærme til scanning mv.) til generelle symptomer fra en række organsystemer i kroppen. Her dominerer hovedpine og træthed.

I Sverige er det observeret, at de omtalte symptomer i ansigtshuden kan brede sig til at omfatte mere generelle symptomer. Dette er ikke observeret i andre lande. I øvrigt er det overvejende i de nordiske lande, og særligt i Sverige, at der er observeret hudsymptomer, der tilskrives eksponering for elektricitet.

Der er ikke fundet et generelt mønster af symptomer (symptomkompleks) blandt de personer, der mener, at de lider af el-overfølsomhed. Nogle af disse personer er kun følsomme overfor visse kilder, mens andre er generelt følsomme for alle typer af kilder. Der er ikke fundet en særlig periode mellem eksponering og symptomer. Der er ikke identificeret en særlig biologisk mekanisme, der kan forklare symptomerne, hverken hudsymptomer i ansigtet eller de mere generelle symptomer.

De omtalte symptomer kan have væsentlige sociale konsekvenser både i arbejdslivet og i privatlivet, men der er kun begrænset viden om, hvilken intervention, der kan gennemføres for at påvirke forekomsten af eloverfølsomhed. Der er en begrænset erfaring med adfærdsterapi, som synes at have en vis effekt.

Der er sammenfald mellem eloverfølsomhed og andre tilstande kendt som symptombaserede tilstande, funktionelle somatiske syndromer eller idiopatisk miljøintolerance.

I HPA's rapport gennemgås ikke de provokationsforsøg, der hidtil er gennemført, da disse undersøgelser netop er gennemgået i en oversigt udgivet i 2005. Konklusionen på denne gennemgang, der omfattede 31 eksperimentelle undersøgelser var, at det er vanskeligt at demonstrere de symptomer, som el-overfølsomme personer rapporterer. Således var der iblandt de 31 undersøgelser kun to, som demonstrerede en effekt, hos personer der blev eksponeret,

sammenlignet med kontrolgruppen der ikke var eksponerede. Dette samlede resultat peger på, at el-overfølsomhed ikke er relateret til elektromagnetiske felter. Mere forskning i spørgsmålet er derfor påkrævet (Rubin *et al.* 2005).

Konklusionerne i rapporten stemmer overens med den hidtil gennemførte sundhedsfaglige vurdering af dette problem. Der synes ikke at være videnskabelige holdepunkter for, at der eksisterer en sammenhæng mellem elektromagnetiske felter eller andre karakteristika ved elektricitet, og de symptomer som angives af en række borgere. Disse symptomer må tilskrives andre årsager. Rapporten kan i sin helhed ses på www.hpa.org.uk

WHO har i 2006 publiceret et faktablad (fact sheet nr. 299), hvor den eksisterende viden om eloverfølsomhed opsummeres (se mere på www.who.int/emf).

Appendix II: Noter om nye undersøgelser indenfor notatets område i perioden 2006 til udgangen af 2009

Leukæmi hos børn

Siden dette tekniske notat blev udarbejdet i 2006, er der frem til december 2009 kun offentliggjort en enkelt undersøgelse af dette centrale spørgsmål. I undersøgelsen fra Mexico undersøgte man risiko for leukæmi hos børn diagnosticeret med mongolisme (Downs Syndrom), fordi disse børn har en næsten 20 gange øget risiko for at få leukæmi. I undersøgelsen indgik 42 børn, der var diagnosticeret med begge tilstande og 124 børn, der kun var diagnosticeret med Downs syndrom som kontroller. Herefter gennemførte forskerne målinger af det elektromagnetiske felt på de adresser, hvor børnene, uanset om de var i case gruppen eller i kontrolgruppen, boede og fandt, at børn, der boede på adresser med en højere udsættelse, havde en 3.7 gange øget risiko for leukæmi (95 % CI, 1.05 – 13.1). Forskerne konkluderede, at magnetfelterne fra højspændingsinstallationer kunne være en risikofaktor for leukæmi hos børn, der tilhørte en genetisk følsom gruppe, som børn med Downs syndrom gør (Mejia-Arangure 2007).

Disse resultater ændrer ikke ved en samlede vurdering fra IARC og danske sundhedsmyndigheder. Siden IARC i 2001 vurderede sammenhængen mellem udsættelse for elektromagnetiske felter og kræft og i sin vurdering lagde særlig vægt på sammenhængen mellem børns bopæl og risiko for leukæmi, er der offentliggjort en tysk (Schüz 2001), en engelsk (Draper 2005), en japansk (Kabuto 2006) (gennemgået i appendix I) og nu en mexicansk undersøgelse (Mejia-Arangure 2007), der alle har resultater, der peger i den samme retning som konklusionen på IARC's systematiske gennemgang af litteraturen på området.

Overlevelse hos børn med leukæmi

I en senere tysk undersøgelse med 39 tilfælde med børneleukæmi, hvoraf 9 var døde, blev de amerikanske resultater forsøgt eftervist. De adresser, børnene boede på, lå i området mellem 0.1 γ Tesla og 0.2 γ Tesla. Efter en justering for prognostiske risikofaktorer identificerede man adresser, hvor der boede 18 tilfælde af børneleukæmi, heraf var fire børn døde. For de børn, der boede i et eksponeringsniveau, der lå højere end 0.2 γ Tesla, var der en 3 gange øget risiko for at dø, men denne observation var dog ikke var statistisk signifikant (Svendsen 2007). En amerikansk undersøgelse af sammenhængen mellem elektromagnetiske feltniveauer - målt ved hjælp af personlige dosimetre - hos børn med kræftsygdom og forekomsten af prognostiske parametre med betydning for overlevelse viste ikke en sammenhæng. I undersøgelsen indgik 482 børn diagnosticeret med en særlig type leukæmi (ALL) (Foliart 2007). Spørgsmålet står endnu åbent, og en international undersøgelse, hvor også danske forskere deltager, vil bidrage med nye oplysninger, der kan belyse denne problemstilling. Undersøgelsen forventes først færdig i 2011.

Hjernekræft hos børn

Der er ikke siden 2006 gennemført enkelte undersøgelser af risiko for hjernekræft hos børn, men i perioden frem til i dag (december 2009) er der offentlig-

gjort en meta-analyse og en såkaldt 'pooled analyse'. Begge undersøgelser samler de hidtil gennemførte studier og vurderer disse undersøgelser samlet for at belyse, om den meget større datamængde kan give et mere sikkert estimat, der indikerer, at der findes en risiko forbundet med udsættelse for elektromagnetiske felter. I den sidste 'pooled analysis' konkluderer forfatterne, at der ikke er evidens for en sammenhæng mellem udsættelse for elektromagnetiske felter og risiko for hjernekræft hos børn (Kheifets, submitted 2010).

Forældres arbejde og risiko for leukæmi hos børn

I en befolkningsbaseret case-control undersøgelse identificerede man 491 tilfælde af en særlig leukæmitype hos børn (ALL), og 491 børn der modtog en af de offentlige ydelser, der gives til alle børn i Canada. Børnenes mødre blev interviewet om deres tidligere beskæftigelse og de eksponeringer, de havde været ude for (Infante-Rivard 2003). Undersøgelsen var en gentagelse af en mindre svensk undersøgelse, der ikke havde vist den antagne sammenhæng (Feychting 2000). Den canadiske undersøgelse omfattede børn, der var diagnosticeret fra 1980 og frem til interviewtidspunktet, som angiveligt er i 2002. Under interviewet blev mødrene til disse case- og kontrolbørn udspurgt om deres erhverv to år før graviditet og under graviditet. En person med særlig viden om eksponering for elektromagnetiske felter i erhverv fordelte alle de interviewede i forskellige grader af eksponering, og herefter beregnede man den konkrete sammenhæng mellem erhvervsmæssig eksponering og risikoen for, at barnet fik leukæmi. I den højeste eksponeringskategori fandt forskerne en øget risiko, således at børn af kvinder eksponeret for mere end 0,4 γ Tesla havde en 2.5 gang øget risiko (95 CI %, 1.2 – 5.0; Infante-Rivard 2003).

I en engelsk undersøgelse sammenlignede forskerne faderens erhverv ved fødselstidspunktet mellem 4723 cases og to kontrolgrupper. Den ene kontrolgruppe var alle andre kræftdiagnoser, end den der blev analyseret, og den anden var en gruppe af raske børn fra befolkningsregisteret – i alt 282596 børn. Forskerne fandt, at der var en øget risiko for kræft hos børn, når faderen havde arbejdet enten med ioniserende stråling eller i et miljø karakteriseret ved en høj udsættelse for elektromagnetiske felter. Forskerne fandt både en øget risiko for leukæmi, særligt blandt cases der var yngre end 6 år ved diagnosen, og for andre typer kræft som en særlig knoglekræftform og nyrekræft, selvom det var få tilfælde i de to sidstnævnte diagnosegrupper (Pearce 2007).

I en senere undersøgelse af 548 tilfælde af hjernekræft hos børn og 760 raske kontroller diagnosticeret i perioden 1980 til 2002, fandt forskerne, at der var en øget risiko på omkring 50 %, hvis moderen under graviditeten eller umiddelbart før havde arbejdet i jobs karakteriseret ved en høj magnetfeltseksponering. Der blev fundet en to gange øget risiko for en særlig hjernetumor form (astroglial tumorer) med et 95 % CI på 0.8 til 6.3 og for alle typer af hjernetumorer en relativ risiko på 2.3 (95 % CI, 1.0 – 5.4) (Li 2009).

I en stor tysk undersøgelse, der involverede 2049 cases og 2383 kontroller, kunne forskerne ikke finde en sammenhæng mellem forældrenes erhverv med særligt fokus på udsættelse for elektromagnetiske felter og risiko for enhver type børnekræft. Undersøgelsen inkluderer meget detaljerede oplysninger på alle niveauer og indeholder desuden en samlet analyse af alle undersøgelser

publiceret indtil maj 2009, og viser at der samlet set ikke er en signifikant øget risiko (RR, 1.35; 95 % CI, 0.95 – 1.91; Hug 2010). Kræftisiko ved erhvervsrelateret eksponering.

Diskussionen om hvorvidt elektromagnetiske felter i det ekstremt lavfrekvente område er en helbredsrisiko, har fokuseret på om ansatte i industrier karakteriseret ved særligt høje feltniveauer eller arbejdsområder karakteriseret ved høje feltniveauer. Den danske undersøgelse af ansatte ved el-selskaberne blev opdateret i 2007 og omfattede 28224 personer med ansættelse i danske el-selskaber. I undersøgelsen var der nu opstået 70 tilfælde af leukæmi, 188 tilfælde af brystkræft og 44 tilfælde af kræft i hjernen. Forekomsten af disse tre sygdomme var ikke associeret med udsættelse for elektromagnetiske felter i arbejdet (Johansen 2007).

En samlet gennemgang af alle undersøgelser, der belyser sammenhængen mellem erhvervsmæssig udsættelse og risiko for brystkræft har afvist denne sammenhæng (Feychting 2006).

Senere undersøgelser af sammenhængen mellem erhvervsmæssig udsættelse for elektromagnetiske felter og risiko for kræft har ikke påvist en sammenhæng hverken i relation til leukæmi (Johansen 2007), hjernekræft (Karipidis, 2007) eller brystkræft (Ray 2007). En enkelt undersøgelse har vist en svagt øget risiko for en særlig lymfeknude kræfttype (Non-Hodgkin Lymfom), men undersøgelsens resultater er ikke eftervist af andre forskergrupper (Karipidis 2007a).

I en gennemgang af, hvad der hidtil er forsket i på dette område, og hvor det vigtigste områder ligger, konkluderer en international gruppe af forskere indenfor området, at der er behov for at forske i sammenhængen mellem den erhvervsmæssige eksponering og risiko for ALS, der er en meget sjælden, men alvorlig sygdom i centralnervesystemet (Kheifets 2009).

Neurologiske sygdomme

I en undersøgelse fra Tyskland identificerede forskerne 195 personer med demens, hvor diagnoserne fordelte sig således at 108 havde Alzheimers sygdom, 59 havde en demens, der var forårsaget af åreforkalkning, og 28 havde en demens af en anden årsag. Fra befolkningsregisteret i Frankfurt blev der udtrukket 122 kontroller og 107 patienter fra ambulatorier. Alle blev interviewet og deres grad af demens vurderet. Der blev ikke fundet en øget risiko for disse demenssygdomme, og kun få personer (4) havde rent faktisk arbejdet i stærke elektromagnetiske felter. De fleste af de gennemførte interview med de demente var foretaget ved at interviewe enten ægtefæller eller børn, og det kunne derfor ikke udelukkes, at den erhvervsmæssige historie var upræcis. Dernæst fremhæver forskerne, at den beregnede elektromagnetiske belastning ikke svarer overens med de ekspertvurderinger, man foretog for at estimere de konkrete elektromagnetiske felter. Undersøgelsens få tilfælde af demens med arbejde i stærke elektromagnetiske felter og de få tilfælde samt de usikkerheder, der her er fremhævet, placerer undersøgelsen som relativ usikker (Seidler 2006).

I en undersøgelse fra Californien indgik 1527 tilfælde af Alzheimers sygdom i en undersøgelse af sammenhængen mellem erhvervsmæssig eksponering for

elektromagnetiske felter og risiko for denne sygdom. Fra de samme registre blev der indsamlet information om arbejdsfunktioner blandt 404 kontrolpersoner, der var henvist til behandling af en anden type demenssygdom, der dog ikke var vaskulært betinget. Forskerholdet rapporterer en næsten 3 gange øget risiko for denne sygdom blandt personer, der har arbejdet i højt udsatte professioner og en fordoblet risiko i blandt personer med erhverv karakteriseret som medium udsatte. Undersøgelsens anvendelse af en kontrolgruppe, der er langt mindre en case-gruppen, og som er karakteriseret ved at være diagnosticeret med sygdomme, der kan være vanskelige at adskille fra den sygdom, man undersøger, samt det faktum at den aktuelle vurdering af udsættelsen for elektromagnetiske felter byggede på et oplysningsark i den konkrete klinik, gør det muligt, at der har fundet en misklassifikation sted. Omvendt må det vække til eftertanke, at denne gruppe af forskere gentagne gange har fundet en øget risiko for disse sygdomme (demenssygdomme) blandt personer med erhverv, der i vekslende omfang er karakteriseret ved, at de pågældende er udsat for elektromagnetiske felter (Davanipour 2007).

I en undersøgelse der involverede den del af den schweiziske befolkning, der boede op til 600 meter fra højspændingsledninger, der arbejdede med en spænding på mellem 220 og 380 kV, identificerede forskerne en øget risiko for Alzheimers sygdom og demens blandt personer med 15 års bopæl indenfor en 50 meter korridor omkring disse højspændingsledninger. Undersøgelsens resultater er opsigtsvækkende, fordi den inkluderer mange tilfælde af de to sygdomme målt ved oplysninger på en dødsattest. Kun 15 tilfælde af Alzheimers sygdom og 33 tilfælde af senil demens havde boet indenfor 50 meter fra ledningerne i mere end 15 år. Der blev ikke gennemført direkte målinger, og det er således usikkert, hvor lang tid de enkelte borgere rent faktisk har boet og opholdt sig på den enkelte adresse. Der er desuden problemer med, om dødsårsagen er korrekt angivet. Oplysninger om alder indenfor de forskellige afstandskategorier var ikke foretaget og kunne have interesse, da sygdommene oftere opstår hos ældre. Alligevel gør den meget rigoristiske metodologi og den landsdækkende og nøjagtige registrering af forholdet mellem bopæl og ledningsnet, at undersøgelsen har interesse. Resultaterne betyder, at andre lande vil gennemføre sådanne undersøgelser for at afkræfte eller bekræfte resultaterne af denne undersøgelse. Sygdommene var oplyst fra dødsattester, og dette medfører naturligvis en mindre usikkerhed, fordi man ikke kan vide, om den pågældende person er død af den oplyste sygdom, hvis ikke der foreligger en obduktionsrapport. Da der er en klar underrapportering af begge sygdomme fra dødsattester, så vil denne fejlkilde måske have medført, at antallet af tilfælde tæt på højspændingsledningerne er sat for lavt (Huss 2008).

I først et mere generelt review og senere en mere specifik gennemgang af ni case-kontrol undersøgelser og fem kohorteundersøgelser finder forskerne, at der er en øget risiko for Alzheimers sygdom blandt personer med en erhvervs-historie, hvor der indgår en udsættelse for elektromagnetiske felter. Risiko for sygdommen var fordoblet særligt blandt mænd med denne type erhverv, når man kun inddrog resultaterne fra case-kontrol undersøgelserne, mens den samlede risiko var 60 % øget i de analyser, hvor der blev inddraget de såkaldte kohorteundersøgelser, hvor man følger personers helbred over tid. Forfatterne fremhæver, at det kan være således, at det kun er undersøgelser med et positivt

resultat (de der finder en risiko), som bliver offentliggjort og samtidig, at der kun findes en risiko i erhverv med mere en 0.5 γ Tesla (Santibanez 2007; Garcia 2008).

Denne diskussion af metodologiske problemer bliver rejst i en lederartikel underskrevet af den schweiziske forsker (Rööslü 2008), der er seniorforfatter på det omtalte arbejde af Huss (2008). I lederen fremhæves, at kun den danske undersøgelse har leveret data baseret på en uafhængig eksponeringsvurdering og med inklusion af CNS-diagnoser stillet hos levende personer (Johansen 2004).

Hypersensitivitet og depressioner

El-overfølsomhed er som omtalt en betegnelse for en tilstand, der af nogle personer bruges til at beskrive en række symptomer, som de tilskriver udsættelse for almindeligt forekommende elektrisk, magnetisk eller elektromagnetisk stråling. El-overfølsomhed kan opdeles i hudsymptomer fra ansigtsområdet, der tilskrives udsættelse for skærmterminaler i bredeste forstand (computere, tv-skærme, skærme til ind scanning, mv.) og generelle symptomer fra en række organsystemer i den menneskelige organisme. Her dominerer hovedpine og træthed.

I Sverige er det observeret, at de omtalte symptomer i ansigtshuden kan brede sig til at omfatte mere generelle symptomer. Dette er ikke observeret i andre lande. I øvrigt er det overvejende i de nordiske lande og særligt i Sverige, at der er observeret hudsymptomer, der tilskrives udsættelse for elektricitet. Der er ikke fundet et generelt mønster af symptomer (symptomkompleks) blandt de personer, der mener, at de lider af el-overfølsomhed. Nogle af disse personer er kun følsomme overfor visse kilder, mens andre er generelt følsomme for alle typer af kilder. Der er ikke fundet en særlig periode mellem eksponering (udsættelse for påvirkning) og symptomer. Der er ikke identificeret en særlig biologisk mekanisme, der kan forklare symptomerne, hverken hudsymptomer i ansigtet eller de mere generelle symptomer.

De omtalte symptomer kan have væsentlige sociale konsekvenser både i arbejdslivet og i privatlivet, men der er kun begrænset viden om hvilken intervention, der kan gennemføres for at påvirke forekomsten af el-overfølsomhed. Der er en begrænset erfaring med adfærdsterapi, som synes at have en vis effekt. Der er sammenfald mellem el-overfølsomhed og andre tilstande kendt som symptombaserede tilstande, funktionelle somatiske syndromer eller idiopatisk miljøintolerance.

En systematisk gennemgang af provokationsforsøg er udgivet i 2005. Provokationsforsøg er eksperimentelle undersøgelser, hvor personer der mener, at de er ramt af el-overfølsomhed, udsættes for elektricitet og elektromagnetiske felter uden viden om, hvornår de er eksponeret, og hvornår de ikke er eksponeret. Baggrunden for denne type forsøg er ønsket om at demonstrere, at symptomerne opstår på grund af eksponeringen, og at viden om eksponering ikke spiller en rolle. Konklusionen på denne gennemgang, der omfattede 31 eksperimentelle undersøgelser var, at det er vanskeligt at demonstrere de symptomer, som el-overfølsomme rapporterer. Iblant de 31 undersøgelser var der kun 2, som demonstrerede en effekt hos personer, der blev eksponeret sammenlignet med

kontrolgruppen, der ikke var eksponerede. Dette samlede resultat peger på, at el-overfølsomhed ikke er relateret til elektromagnetiske felter, selvom mere forskning i spørgsmålet er påkrævet (Rubin 2005).

I 2009 er der offentliggjort endnu en gennemgang af undersøgelser indenfor dette område. Der var i perioden fra 2005, hvor den første gennemgang blev offentliggjort, blevet publiceret 15 videnskabelige undersøgelser, hvor man gennem en eksperimentel situation forsøger at undersøge, om udsættelse for kraftige elektromagnetiske felter kan fremkalde de omtalte symptomer. Samlet set er der nu (december 2009) gennemført 41 undersøgelser, der har involveret 1175 personer, der alle har berettet, at de led af disse symptomer, Samlet set, har det dog ikke været muligt under eksperimentelle, kontrollerede omstændigheder at vise, at disse symptomer hang sammen med udsættelse for elektromagnetiske felter. Elektrisk hypersensitivitet har nu fået den internationale sygdoms klassifikationsbetegnelse Idiopatisk Miljø Intolerance (IMI) (Rubin 2010).

Årsagssammenhæng(E)

Siden de engelske myndigheder (HPA) gennemgik hele området omkring melatonin, som omtalt i notatet, har den forskningsgren indenfor mekanismeteorier som sådan oplevet en markant styrkelse, særligt fordi man har fundet, at der er en øget helbredsrisiko ved natarbejde.

Natarbejde er dog en helt anden påvirkning, som er forskellig fra de elektromagnetiske felter. Derfor har denne udvikling i udforskningen af, hvilke mekanismer der kan forklare sygelighed i relation til natarbejde ikke betydning for udforskningen af sammenhængen mellem melatoninforandringer hos personer med bopæl tæt på højspændingsanlæg og risiko for leukæmi hos børn.

En anden teori vedrører kontakt med strømkilder, når man anvender vandvær som 'jording' af elektriske installationer. Denne praksis anvendes ikke i Danmark, men er udbredt i en række amerikanske stater og har derfor været antaget at have betydning for den observerede sammenhæng mellem udsættelse for kraftige elektromagnetiske felter og senere øget risiko for leukæmi hos børn (Kavet 2005).

Myndigheders udtalelser

EU-kommissionen har nedsat tre ekspertgrupper, der skal rådgive Kommissionen i arbejdet med at forberede initiativer i forhold til beskyttelse af forbrugere, den offentlige sundhed og miljøet. En af disse ekspertgrupper beskæftiger sig med kommende og nye risikofaktorer for sundhed (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR)). Medlemmerne af SCENIHR er alle aktive videnskabsfolk ansat ved forskningsinstitutioner i forskellige medlemsstater.

Denne ekspertgruppe offentliggjorde en rapport i 2007 (SCENIHR 2007) om mulige helbredsreaktioner af udsættelse for elektromagnetiske felter. Rapporten har omfattet en gennemgang af undersøgelser, der har været offentliggjort i den engelsksprogede videnskabelige litteratur. Rapportens gennemgang af de

forskellige frekvensområder afsluttes med følgende konklusion for området ekstremt lavfrekvente frekvenser:

For det ekstremt lavfrekvente frekvensområde (< 300 Hertz), som overvejende dækker vores udsættelse for elektromagnetiske kilder i vores elforsyning (højspændingsledninger, transformerstationer og flertallet af vores installationer i hjemmet: vaskemaskine, tørretumbler, elkedel eller andre husholdningsmaskiner), udtaler ekspertgruppen i enighed med konklusionen fra IARC i 2001, at denne eksponering, muligvis er kræftfremkaldende. Denne udtalelse bygger alene på en gennemgang af undersøgelser af risiko for kræft hos børn med bopæl tæt på højspændings installationer. Det er fortsat uafklaret, om udsættelse for denne type elektromagnetiske felter kan forårsage en øget forekomst af visse sjældne sygdomme i centralnervesystemet eller hjernesvulster. Der er ikke set en konsistent sammenhæng mellem denne udsættelse og risiko for det, der kaldes for 'el-allergi' eller 'el-overfølsomhed'.

Ekspertgruppen mener ikke, at de statiske felter, vi kan blive udsat for ved visse medicinske undersøgelser (den såkaldte magnetiske resonans scanner (MR-scanner)), udgør et sundhedsproblem, men det må blive bedre undersøgt.

På baggrund af litteraturgennemgangen kan ekspertgruppen ikke vurdere, hvilken betydning elektromagnetiske felter har for miljøet (både virkninger på planter og dyr og andre miljøforhold), og om der er et behov for at udvikle særlige standarder for at beskytte miljøet i bredeste forstand (SCENIHR 2007).

En rapport fra de svenske myndigheders ekspertgruppe offentliggjort april 2008 (Statens Strålskyddsinstitut 2008) og en fornyet gennemgang af den europæiske videnskabelige komite nedsat af EU-kommissionen (SCENIHR), konkluderer, at der ikke foreligger ny viden, der ændrer vurderingen af, i hvilket omfang de elektromagnetiske felter i det ekstremt lavfrekvente område kan fremkalde kræft eller andre sygdomme (SCENIHR 2009; 2009a).

Disse rapporter fremhæver, at teorien om, at elektromagnetiske felter skulle kunne fremkalde brystkræft hos voksne kvinder eller hjertesygdomme hos begge køn, må betragtes som afkræftet (SCENIHR 2009). Den seneste rapport fra de hollandske myndigheder, der overvåger dette forskningsområde, beskæftiger sig udelukkende med radiofrekvente elektromagnetiske felter i relation til mobiltelefon teknologien (Gezondheidsraad 2009).

I juli måned 2009 offentliggjorde den omtalte europæiske ekspertgruppe sine forslag til nye områder, der ville være relevante at forske i. I rapporten fremhæves, at det ville være relevant at gennemføre eksperimentelle undersøgelser for at identificere kræftfremkaldende mekanismer. Det er påvist, at de elektromagnetiske felter i en styrke på 100 μ Tesla kan fungere som et samvirkende carcinogen hos rotter, og det er vist, at denne eksponering både alene og sammen med andre kendte kræftfremkaldende påvirkninger kan medføre, at celler i kulturer i et laboratorium bliver forandret til kræftceller ved de førnævnte eksponeringsniveauer. SCENIHR mener ikke, at denne påvirkning (elektromagnetiske felter) af celler i sig selv kan fremkalde kræft, og det vil derfor være væsentligt at undersøge andre mekanismer. Indenfor epidemiologi fremhæver

denne komite, at der er brug for undersøgelser af sammenhængen mellem personer, der i deres arbejdsliv er udsat for stærke elektromagnetiske felter, og disses risiko for sygdomme i centralnervesystemet (SCENIHR 2009a).

Verdenssundhedsorganisationen (WHO) har igennem 6 år fra 2002 til 2007 arbejdet på en såkaldt miljø og sundheds kriteriegennemgang (Environmental Health Criteria) af hele området elektromagnetiske felter i det ekstremt lavfrekvente område og helbredsproblemer. Rapporten, der udkom i 2007, må betragtes som det mest autoritative dokument indenfor dette forskningsområde (WHO, 2007). Hele rapporten er særdeles omfattende, men konklusionerne ligger tæt på de her beskrevne anvisninger og anbefalinger fra EU-kommissionens videnskabelige udvalg, samt svenske, engelske og hollandske myndigheder. Der er ikke særlige områder, der her skal fremhæves i relation til spørgsmålet om sammenhængen mellem højspændingsinstallationer og risiko for sygdom på bopæl tæt ved disse installationer, da rapporten i sin helhed følger de vurderinger som IARC, der er det internationale kræftforskningsinstitut under WHO, har givet i 2001 (IARC, 2002).

Andre faglige grupper og organisationer

I 2007 offentliggjorde en række forskere en rapport, der blev særdeles omtalt. Rapporten kaldes BioInitiative rapporten og kan i sit fulde omfang ses på internet adressen: www.bioinitiative.org. Rapporten blev omdiskuteret fordi en række landes myndigheder herunder den danske Sundhedsstyrelse - vurderede den gennemgang, der blev fremlagt i rapporten som tendentiøs og ikke tilstrækkelig diskuterende og videnskabelig valid. Rapporten argumenterer i sin konklusion for, at de grænseværdier, der er for udsættelse for elektromagnetiske felter, ikke er tilstrækkelige til at sikre borgerne. Uanset om grænseværdierne ikke findes tilstrækkelige til at beskytte borgerne både i erhverv og i boligen, så blev rapporten udsat for kritik, fordi forskerne i forfattergruppen alle var kendt for at argumentere for, at udsættelsen for elektromagnetiske felter udgør et sundhedsproblem. Rapporten fremlagde ikke nye data, men samlede de data der viste en sammenhæng mellem udsættelse for elektromagnetiske felter og kroniske helbreds skader. Rapporten nævnes her, fordi den har været en del af den offentlige debat, men ikke har indgået i debatten med samme autoritet som rapporter fra internationale myndigheder eller enkelte landes nationale strålingsmyndigheder (BioInitiative 2007).