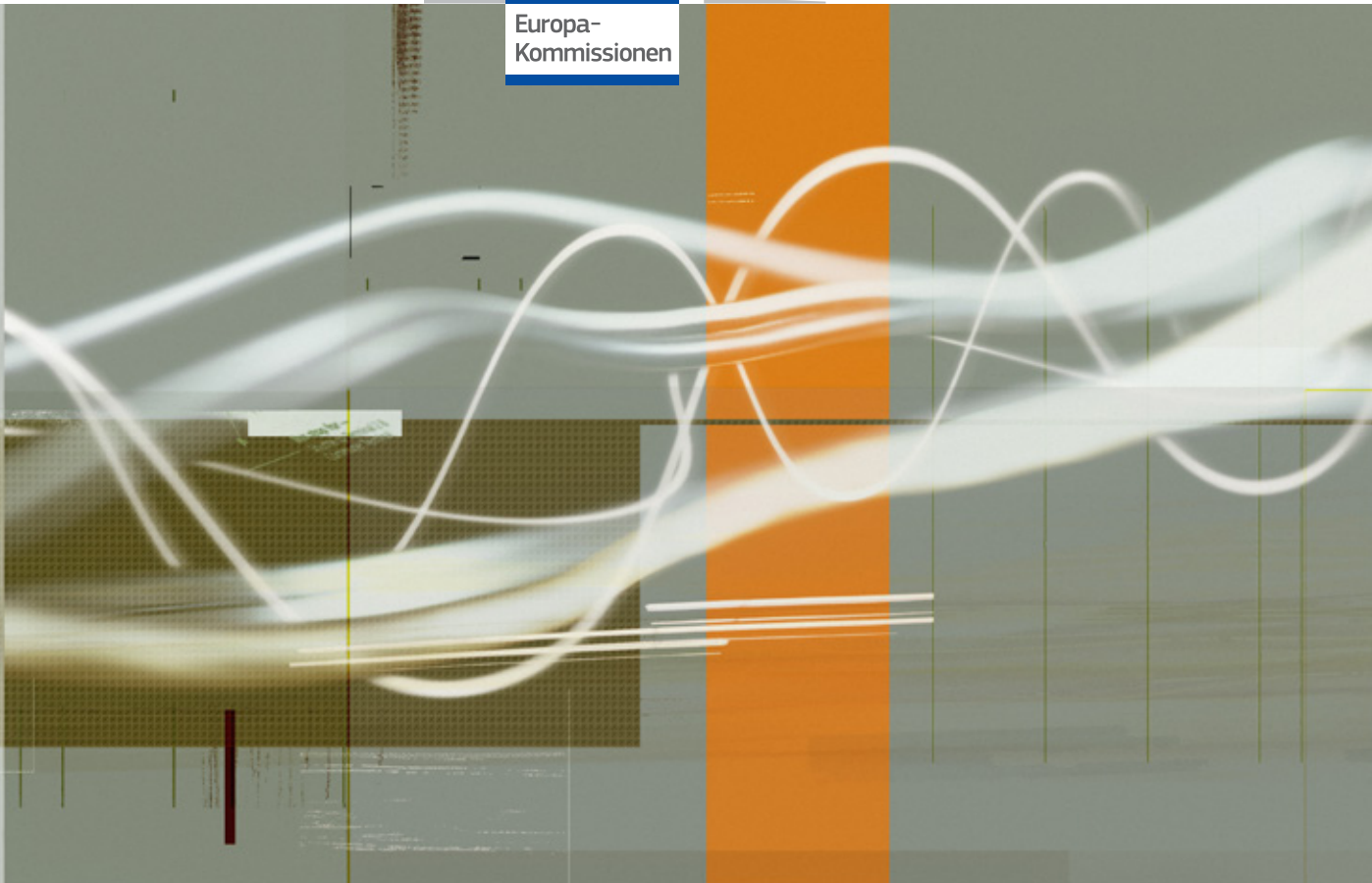




Europa-
Kommissionen



Ikkebindende vejledning
i god praksis
for gennemførelse
af direktiv 2013/35/EU

Elektromagnetiske felter

Bind 1: Praktisk vejledning

Denne publikation støttes finansielt af EU-programmet for beskæftigelse og social innovation »EaSI« (2014-2020).

Yderligere oplysninger findes på: <http://ec.europa.eu/social/easi>

Ikkebindende vejledning
i god praksis
for gennemførelse
af direktiv 2013/35/EU

Elektromagnetiske felter

Bind 1: Praktisk vejledning

Europa-Kommissionen
Generaldirektoratet
for Beskæftigelse, Sociale Anliggender, Arbejdsmarkedsforhold og Inklusion
Enhed B3

Redaktionen afsluttet i november 2014

Hverken Europa-Kommissionen eller personer, der optræder på dennes vegne, kan gøres ansvarlige for anvendelsen af oplysningerne i denne publikation.

Linkene i denne publikation var korrekte, da redaktionen blev afsluttet.

Forsidefoto: © corbis

Enhver anvendelse eller gengivelse af fotografier, der ikke er omfattet af Den Europæiske Unions ophavsret, kræver tilladelse fra ophavsretsindehaveren/-indehaverne.

Europe Direct er en tjeneste, der kan hjælpe dig med at finde svar på dine spørgsmål om Den Europæiske Union.

Frikaldsnummer (*):

00 800 6 7 8 9 10 11

(*) Oplysningerne er gratis ligesom de fleste opkald (nogle operatører, telefonbokse eller hoteller kan dog kræve penge for opkaldet).

Yderligere oplysninger om EU fås på internet (<http://europa.eu>)

Luxembourg: Den Europæiske Unions Publikationskontor, 2015

ISBN 978-92-79-45904-7 (pdf)

doi:10.2767/919540 (pdf)

© Den Europæiske Union, 2015

Gengivelse er tilladt med kildeangivelse

RESUMÉ

Der er udarbejdet en praktisk vejledning, som har til formål at hjælpe arbejdsgivere, navnlig små og mellemstore virksomheder, med at finde frem til, hvad de skal gøre for at overholde EMF-direktivet (direktiv 2013/35/EU). I Den Europæiske Union er de generelle bestemmelser vedrørende arbejdstagernes sikkerhed og sundhed under arbejdet fastsat i rammedirektivet (direktiv 89/391/EØF). EMF-direktivet omhandler grundlæggende, hvordan rammedirektivets mål for situationer, der omfatter arbejde med elektromagnetiske felter, opfyldes.

Mange af de aktiviteter, der udføres på moderne arbejdssteder, forårsager elektromagnetiske felter. Det gælder bl.a. brug af elektrisk udstyr og mange almindelige kommunikationsapparater. På de fleste arbejdssteder er eksponeringsniveauet imidlertid meget lavt og skaber ikke risici for arbejdstagerne. Selv de steder, hvor stærke felter genereres, fortaber de sig normalt hurtigt med afstand, således at der ikke er nogen risiko, hvis arbejdstagerne ikke befinder sig helt tæt på udstyret. Da de fleste felter genereres elektrisk, forsvinder de, når strømmen afbrydes.

Der kan opstå risici for arbejdstagere som følge af både direkte virkninger på kroppen og indirekte virkninger, der opstår som følge af tilstedeværelsen af genstande i feltet. De direkte virkninger kan være ikketermiske eller termiske. Nogle arbejdstagere er særligt udsatte for risikoen fra elektromagnetiske felter. Det gælder bl.a. arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr, arbejdstagere med passivt, implanteret medicinsk udstyr, arbejdstagere med kropsbåret medicinsk udstyr og gravide arbejdstagere.

For at hjælpe arbejdsgivere med at udføre en indledende vurdering af deres arbejdssted indeholder denne vejledning en tabel over almindelige arbejdsituationer. I de tre kolonner vises situationer, der kræver særlige vurderinger for henholdsvis arbejdstagere med aktive implantater, andre særligt udsatte arbejdstagere og alle arbejdstagere. Tabellen vil vise de fleste arbejdsgivere, at der ikke er risici fra EMF på deres arbejdssteder.

Selv for arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr er det normalt tilstrækkeligt at sikre, at de følger de almindelige anvisninger, de har modtaget fra det sundhedspersonale, der er ansvarlig for deres pleje. Bilaget indeholder yderligere oplysninger til arbejdsgivere, der skal vurdere risikoen for særligt udsatte arbejdstagere.

I den sidste kolonne i tabellen vises arbejdsituationer, der forventes at forårsage stærke felter, og hvor arbejdsgiverne i de fleste tilfælde skal benytte en mere detaljeret vurderingsprocedure. Ofte udgør felterne kun en risiko for særligt udsatte arbejdstagere, men i enkelte tilfælde kan der opstå risici som følge af direkte eller indirekte virkninger af EMF for alle arbejdstagere. I disse tilfælde skal arbejdsgiveren overveje at gennemføre yderligere beskyttelses- eller forebyggelsesforanstaltninger.

Den praktiske vejledning giver gode råd om, hvordan man foretager en risikovurdering, med udgangspunkt i en række almindeligt anvendte risikovurderingsprocedurer, herunder OIRA-værktøjet fra Det Europæiske Arbejdsmiljøagentur (EU-OSHA).

Ved vurderingen af risici kan arbejdsgivere have brug for at sammenligne oplysninger om de felter, der findes på arbejdsstedet, med de aktionsniveauer og eksponeringsgrænseværdier, der er anført i EMF-direktivet. Hvis felterne på arbejdsstedet er lave, er sådanne sammenligninger generelt ikke nødvendige, og vejledningen opfordrer i stedet arbejdsgiverne til at støtte sig til generiske oplysninger, som f.eks. ovennævnte tabeller.

Hvis det er nødvendigt at foretage sammenligninger med aktionsniveauer eller eksponeringsgrænseværdier, opfordres arbejdsgiverne til at bruge de oplysninger, der er tilgængelige fra fabrikanter eller i databaser, og så vidt muligt undgå at foretage deres egne vurderinger. For arbejdsgivere, der ikke udfører deres egne vurderinger, indeholder vejledningen gode råd om metoder og oplysninger om specifikke forhold, som f.eks. håndtering af ikkehomogene felter, multifrekvensfeltsummation og anvendelse af metoden for vægtet spidsværdi.

Hvis arbejdsgivere skal gennemføre yderligere beskyttelses- eller forebyggelsesforanstaltninger, giver vejledningen gode råd om de tilgængelige muligheder. Det skal understreges, at der ikke er en enkelt løsning, der passer til alle EMF-risici, og arbejdsgiverne bør derfor overveje alle muligheder, så de vælger den løsning, der passer bedst til deres situation.

Det anerkendes bredt, at brugen af magnetisk resonansbilleddannelse (MRI) inden for sundhedsvæsenet kan føre til arbejdstagereksposeringer, som overstiger de eksponeringsgrænseværdier, der er anført i EMF-direktivet. MRI er en vigtig medicinsk teknologi, der har stor betydning for diagnosticering og behandling af sygdomme. Ved EMF-direktivet fastsættes der derfor en betinget undtagelse fra kravet om overensstemmelse med eksponeringsgrænseværdierne. I et bilag til vejledningen, som er udarbejdet i samråd med relevante berørte parter, kan arbejdsgiverne finde gode råd om, hvordan de sikrer overensstemmelse med betingelserne for undtagelsen.

I bind 2 beskrives 12 casestudier, som viser arbejdsgivere eksempler på, hvordan de kan foretage vurderinger, og illustrerer nogle af de beskyttelses- eller forebyggelsesforanstaltninger, der kan vælges og gennemføres. Casestudierne beskrives inden for rammerne af almene arbejdssteder, men de er hentet fra »det virkelige liv«. Mange af de situationer, der er beskrevet i casestudierne, forårsagede stærke felter. I nogle tilfælde vedrørte risikoen kun for særligt udsatte arbejdstagere, der kunne udelukkes fra området med det stærke felt. I andre tilfælde var der potentielle risici for alle arbejdstagere, men de behøvede ikke være til stede i området, mens det stærke felt blev genereret.

Ud over magnetisk resonansbilleddannelse (se ovenfor) udpeges der to yderligere situationer, der almindeligvis forårsager arbejdstagereksposeringer, der overstiger eksponeringsgrænseværdierne.

Den mest udbredte aktivitet er modstandssvejsning. Ved denne proces anvendes meget høje strømstyrker, og der opstår ofte magnetisk fluxtæthed, der nærmer sig eller overstiger aktionsniveauerne i EMF-direktivet. For manuelle svejseprocesser er operatøren nødvendigvis placeret tæt på feltets kilde. I de situationer, der undersøges i casestudierne og andre steder, overskrides de lave aktionsniveauer i nogle tilfælde midlertidigt. I alle tilfælde blev det høje aktionsniveau ikke overskredet, eller modelleringen viste, at eksponeringsgrænseværdierne ikke blev overskredet. I de fleste tilfælde kan risici derfor styres ved hjælp af simple foranstaltninger, f.eks. ved at oplyse og uddanne arbejdstagerne, så de forstår risiciene og ved, hvordan de kan minimere eksponeringen ved at bruge udstyret efter anvisningerne. Det er dog muligt, at enkelte manuelle opgaver i forbindelse med modstandssvejsning kan føre til eksponeringer, der overstiger de eksponeringsgrænseværdier, der er anført i EMF-direktivet. Repræsentanter fra sektorer, hvor disse teknologier anvendes, skal muligvis kontakte regeringen i hver medlemsstat med henblik på at opnå en foreløbig undtagelse vedrørende den fortsatte anvendelse af sådant udstyr, så de får mulighed for at fremskaffe nyt udstyr.

Den anden situation, der forårsager høj eksponering, er brugen af transkraniel magnetisk stimulering i sundhedssektoren. Denne procedure er mindre udbredt end MRI, men er stadig en vigtig og udbredt teknik i forbindelse med både behandling og diagnosticering. Under behandlingen er applikatoren normalt placeret på et beslag over patientens hoved. Da behandleren ikke behøver befinde sig lige i nærheden, når udstyret anvendes, bør det være simpelt at begrænse arbejdstagernes eksponering. I forbindelse med diagnosticering skal applikatoren derimod manipuleres manuelt, og det medfører

uundgåeligt høje eksponeringer for arbejdstagerne. Udviklingen af effektivt udstyr til fjernmanipulering vil gøre det muligt at reducere arbejdstagernes eksponering.

Endelig er vejledning opbygget i moduler, således at byrden minimeres for de fleste arbejdsgivere, som kun har brug for at læse det første afsnit. Nogle arbejdsgivere skal tage hensyn til særligt udsatte arbejdstagere. Disse arbejdsgivere skal også læse andet afsnit. Arbejdsgivere med stærke felter skal læse til og med det tredje afsnit, og arbejdsgivere med felter, der forårsager risici, skal også læse det sidste afsnit. I hele vejledningen lægges der dog vægt på enkelhed, både med hensyn til vurderinger og med hensyn til forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger.

INDHOLDSFORTEGNELSE

AFSNIT 1 — ALLE ARBEJDSGIVERE

1.	INDLEDNING OG VEJLEDNINGENS FORMÅL	12
1.1.	Sådan bruges denne vejledning	13
1.2.	Introduktion til EMF-direktivet	15
1.3.	Denne vejlednings anvendelsesområde	15
1.4.	Overensstemmelse med direktiv 2013/35/EU	16
1.5.	Nationale bestemmelser og kilder til yderligere information	17
2.	SUNDHEDSSKADELIGE VIRKNINGER OG SIKKERHEDSRISICI FRA ELEKTROMAGNETISKE FELTER	18
2.1.	Direkte virkninger	18
2.2.	Langsigtede virkninger	18
2.3.	Indirekte virkninger	19
3.	KILDER TIL ELEKTROMAGNETISKE FELTER	20
3.1.	Særligt udsatte arbejdstagere	21
3.1.1.	Arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr	22
3.1.2.	Andre særligt udsatte arbejdstagere	22
3.2.	Krav til vurdering for almindelige arbejdsaktiviteter, apparater og arbejdssteder	23
3.2.1.	Arbejdsaktiviteter, apparater og arbejdssteder, der sandsynligvis kræver særlig vurdering	27
3.3.	Arbejdsaktiviteter, apparater og arbejdssteder, der ikke er anført i dette kapitel	28

AFSNIT 2 — FIND UD AF, OM DER SKAL GØRES MERE

4.	EMF-DIREKTIVETS OPBYGNING	30
4.1.	Artikel 3 — Eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer	32
4.2.	Artikel 4 — Vurdering af risici og identificering af eksponering	32
4.3.	Artikel 5 — Bestemmelser med sigte på at undgå eller begrænse risici	33
4.4.	Artikel 6 — Information og oplæring af arbejdstagerne	33
4.5.	Artikel 7 — Høring af arbejdstagere og disses deltagelse	33
4.6.	Artikel 8 — Helbredsovervågning	34
4.7.	Artikel 10 — Undtagelser	34
4.8.	Resumé	34
5.	RISIKOVURDERING INDEN FOR RAMMERNE AF EMF-DIREKTIVET	35
5.1.	OiRA — Platformen for interaktiv onlinerisikovurdering	36
5.2.	Trin 1 — Forberedelse	36
5.3.	Trin 2 — Identifikation af farer og de udsatte arbejdstagere	37
5.3.1.	Identifikation af farer	37
5.3.2.	Identifikation af eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger	38
5.3.3.	Identifikation af de udsatte personer	38
5.3.4.	Særligt udsatte arbejdstagere	38
5.4.	Trin 3 — Evaluering og prioritering af risici	39
5.4.1.	Evaluering af risiko	39
5.4.1.1.	Direkte virkninger	40
5.4.1.2.	Indirekte virkninger	40
5.4.1.3.	Særligt udsatte arbejdstagere	41
5.5.	Trin 4 — Fastlæggelse af forebyggende foranstaltninger	41

5.6.	Trin 5 — Iværksættelse af forebyggende foranstaltninger	42
5.7.	Dokumentation af risikovurderingen	42
5.8.	Overvågning og revision af risikovurderingen.....	42

AFSNIT 3 — OVERENSSTEMMELSESVURDERINGER

6.	BRUG AF EKSPONERINGSGRÆNSEVÆRDIER OG AKTIONSNIVEAUER	44
6.1.	Aktionsniveauer for direkte virkninger.....	46
6.1.1.	Aktionsniveauer for elektriske felter (1 Hz-10 MHz).....	48
6.1.2.	Aktionsniveauer for magnetiske felter (1 Hz-10 MHz).....	49
6.1.3.	Aktionsniveauer for elektriske og magnetiske felter (100 kHz-300 GHz).....	50
6.1.4.	Aktionsniveauer for induceret strøm i lemmer (10-110 MHz).....	50
6.2.	Aktionsniveauer for indirekte virkninger.....	50
6.2.1.	Aktionsniveauer for statiske magnetiske felter	50
6.2.2.	Aktionsniveauer for kontaktstrømme (op til 110 MHz)	50
6.3.	Eksponeringsgrænseværdier.....	51
6.3.1.	Eksponeringsgrænseværdier for sensoriske og sundhedsmæssige virkninger.....	51
6.3.2.	Eksponeringsgrænseværdier (0-1 Hz).....	52
6.3.3.	Eksponeringsgrænseværdier (1 Hz-10 MHz).....	52
6.3.4.	Eksponeringsgrænseværdier (100 kHz-300 GHz).....	53
6.4.	Undtagelser	53
6.4.1.	MRI-undtagelse.....	54
6.4.2.	Undtagelse for militæret.....	55
6.4.3.	Generel undtagelse.....	55
7.	BRUG AF DATABASER OG FABRIKANTERS EMISSIONSDATA.....	56
7.1.	Brug af oplysninger fra fabrikanter.....	56
7.1.1.	Grundlag for fabrikantens vurdering.....	57
7.2.	Databaser med vurderinger	58
7.3.	Information fra fabrikanter.....	58
7.3.1.	Vurderingsstandarder.....	58
7.3.2.	Hvis der ikke foreligger en relevant standard.....	59
8.	BEREGNING ELLER MÅLING AF EKSPONERING.....	61
8.1.	EMF-direktivets krav	61
8.2.	Arbejdspladsvurderinger.....	61
8.3.	Særlige tilfælde.....	62
8.4.	Yderligere assistance.....	62

AFSNIT 4 — SKAL DER GØRES MERE?

9.	FOREBYGGELSE- OG BESKYTTELSESFORANSTALTNINGER.....	66
9.1.	Forebyggelsesprincipper.....	66
9.2.	Fjernelse af faren.....	67
9.3.	Erstatning med mindre farlig proces eller mindre farligt udstyr.....	67
9.4.	Tekniske foranstaltninger.....	68
9.4.1.	Afskærmning	68
9.4.2.	Afspærringer.....	69
9.4.3.	Afbryder.....	70
9.4.4.	Berøringsløst beskyttelsesudstyr	71
9.4.5.	Tohåndsbetjening.....	71
9.4.6.	Nødstop	72
9.4.7.	Tekniske foranstaltninger til at forhindre gnistudladninger	72
9.4.8.	Tekniske foranstaltninger til at forhindre kontaktstrøm.....	73

9.5.	Organisatoriske foranstaltninger.....	73
9.5.1.	Afgræsning og adgangs begrænsninger	73
9.5.2.	Sikkerhedsskilte og -meddelelser.....	75
9.5.3.	Skriftlige procedurer	77
9.5.4.	Sikkerhedsoplysninger for arbejdsstedet.....	77
9.5.5.	Tilsyn og styring.....	78
9.5.6.	Information og oplæring	78
9.5.7.	Arbejdsstedernes og arbejdspladsernes udformning og indretning.....	79
9.5.8.	Indførelse af god arbejdspraksis.....	80
9.5.9.	Programmer for forebyggende vedligeholdelse	82
9.5.10.	Begrænsning af bevægelse inden for statiske magnetiske felter.....	82
9.5.11.	Koordinering og samarbejde mellem arbejdsgivere	82
9.6.	Personlige værnemidler.....	83
10.	NØDBEREDSKAB.....	84
10.1.	Udarbejdelse af planer.....	84
10.2.	Reaktion på utilsigtede hændelser	84
11.	RISICI, SYMPTOMER OG HELBREDSOVERVÅGNING.....	86
11.1.	Risici og symptomer.....	86
11.1.1.	Statiske magnetiske felter (0-1 Hz)	86
11.1.2.	Lavfrekvente magnetiske felter (1 Hz-10 MHz)	87
11.1.3.	Lavfrekvente elektriske felter (1 Hz-10 MHz).....	87
11.1.4.	Højfrekvente felter (100 kHz-300 GHz)	87
11.2.	Helbredsovervågning.....	89
11.3.	Lægeundersøgelse.....	89
11.4.	Journaler 90	

AFSNIT 5 — REFERENCEMATERIALE

Bilag A.	Elektromagnetiske felter og naturen	92
Bilag B.	Elektromagnetiske felters indvirkning på sundheden	96
Bilag C.	EMF-størrelser og -enheder.....	101
Bilag D.	Vurdering af eksponering.....	108
Bilag E.	Indirekte virkninger og særligt udsatte arbejdstagere.....	154
Bilag F.	Vejledning om MRI	162
Bilag G.	Krav i andre europæiske tekster.....	172
Bilag H.	Europæiske og internationale standarder	178
Bilag I.	Ressourcer	180
Bilag J.	Ordliste og forkortelser	184
Bilag K.	Bibliografi.....	188
Bilag L.	Direktiv 2013/35/EU	190

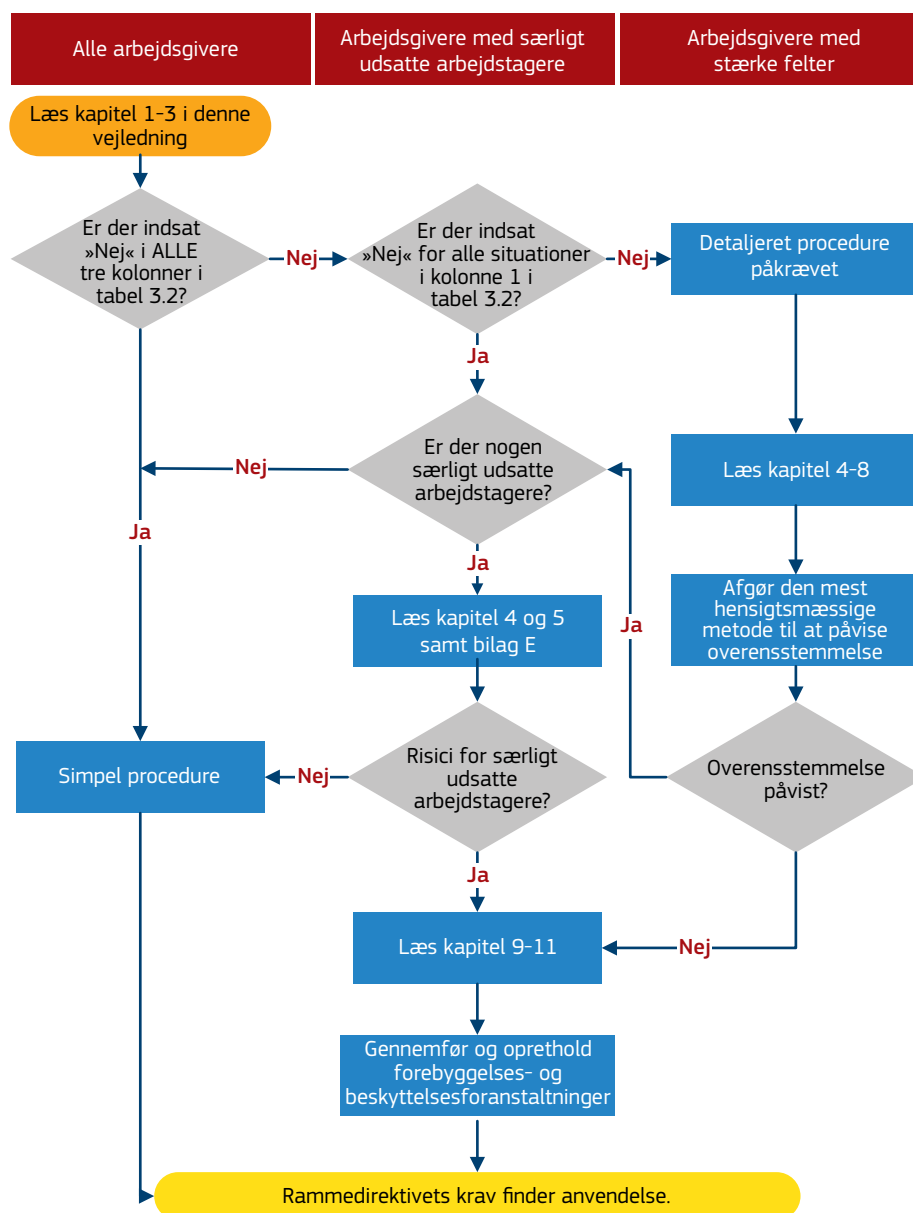
Afsnit 1

ALLE ARBEJDSGIVERE

1. INDLEDNING OG VEJLEDNINGENS FORMÅL

Tilstedeværelsen af elektromagnetiske felter (EMF), som er omfattet af EMF-direktivet (direktiv 2013/35/EU), er en kendsgerning i den udviklede verden, eftersom de genereres overalt, hvor der anvendes elektricitet. For de fleste arbejdstagere er feltstyrkerne på et niveau, der ikke forårsager utilsigtede virkninger. På nogle arbejdssteder kan feltstyrkerne dog udgøre en risiko, og EMF-direktivet har til formål at sikre arbejdstagernes sikkerhed og sundhed i sådanne situationer. En af de største udfordringer for arbejdsgiverne er at finde frem til, om de skal træffe yderligere specifikke foranstaltninger eller ej.

Figur 1.1. Hvordan bruges denne vejledning?



1.1. Sådan bruges denne vejledning

Denne vejledning er primært henvendt til arbejdsgivere, især i små og mellemstore virksomheder. Den kan dog også være nyttig for arbejdstagere, arbejdstagerrepræsentanter og myndigheder i medlemsstaterne.

Den kan være en hjælp, når du skal foretage en indledende vurdering af risici fra EMF på dit arbejdssted. Med udgangspunkt i resultatet af denne vurdering kan du bruge vejledningen til at afgøre, om du skal træffe yderligere foranstaltninger i henhold til EMF-direktivet. Hvis det er tilfældet, kan du finde praktiske råd om de foranstaltninger, du kan gennemføre.

Denne vejledning har til formål at hjælpe dig med at forstå, hvordan EMF-direktivet kan have betydning for det arbejde, du udfører. Den er ikke retligt bindende og giver ikke en fortolkning af specifikke retlige krav, du muligvis skal overholde. Den bør derfor læses sammenholdt med EMF-direktivet (se bilag L), rammedirektivet (89/391/EØF) og relevant national lovgivning.

EMF-direktivet fastsætter minimumsforskrifter for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejdstagernes eksponering for risici på grund af elektromagnetiske felter (EMF). Kun ganske få arbejdsgivere skal dog måle eller beregne niveauet for eksponering for EMF på deres arbejdssted. I de fleste tilfælde betyder karakteren af det arbejde, der udføres, at risiciene er lave, og det kan forholdsvist nemt påvises. Denne vejledning er udformet, så arbejdsgivere, der allerede overholder kravene, hurtigt kan fastsætte dette og ikke behøver læse hele vejledningen.

Hvordan vejledningen bruges, er illustreret i flowdiagrammet i figur 1.1. Vejledningen er naturligt opdelt i fire afsnit.

1. Første afsnit (kapitel 1-3) er henvendt til alle læsere og indeholder generel introduktion, anvisninger i brugen af vejledningen, en kortfattet beskrivelse af de primære sikkerheds- og sundhedsvirkninger og en forklaring af kilderne til EMF. Som et vigtigt element opstilles der i kapitel 3 en liste over almene arbejdsaktiviteter, udstyr og arbejdssteder, hvor elektromagnetiske felter forventes at være så svage, at arbejdsgiverne ikke behøver træffe yderligere foranstaltninger. Ud fra denne tabel kan de fleste arbejdsgivere, såfremt de allerede overholder rammedirektivets krav, konstatere, at de allerede har opfyldt deres forpligtelser. For disse arbejdsgivere har denne vejledning opfyldt sit formål, og de behøver ikke gå videre.
2. Det andet afsnit (kapitel 4 og 5) er henvendt til de arbejdsgivere, der ikke har kunnet konkludere, at de ikke skal foretage sig yderligere. Disse arbejdsgivere har brug for flere oplysninger om kravene i EMF-direktivet og skal gennemføre en specifik EMF-risikovurdering. Nogle arbejdsgivere skal gøre det, fordi de har ansat arbejdstagere, som er særligt udsatte for risici som følge af EMF. Afhængigt af resultatet af denne vurdering henvises arbejdsgiverne i nogle tilfælde direkte til fjerde afsnit. For andre arbejdsgivere kan det elektromagnetiske felt være så stærkt, at det udsætter alle arbejdstagere for risici. Disse arbejdsgivere skal også tage tredje afsnit i betragtning.
3. Det tredje afsnit (kapitel 6, 7 og 8) er henvendt til arbejdsgivere, der skal fastlægge, om de fastsatte aktionsniveauer (AL'er) — og i nogle tilfælde eksponeringsgrænseværdier (ELV'er) — overskrides. Det kan ofte påvises, at det ikke er tilfældet, og at de eksisterende arbejdsmetoder er acceptable. Disse arbejdsgivere har dog stadig brug for en mere detaljeret risikovurdering og en bedre vurdering af eksponeringerne. Mange arbejdsgivere kan nøjes med at læse til og med kapitel 7, men andre kan finde nyttige oplysninger i kapitel 8.
4. Det fjerde afsnit (kapitel 9, 10 og 11) er henvendt til de få arbejdsgivere, der konstaterer eksponeringer over en emissionsgrænseværdi eller andre risici, der skal reduceres. Disse arbejdsgivere skal gennemføre ændringer med henblik på at beskytte arbejdstagerne. De bør allerede have læst de forudgående kapitler i vejledningen.

Vejledningen har til formål at føre dig gennem et logisk forløb for vurderingen af risiciene i forbindelse med eksponeringen af arbejdstagere for elektromagnetiske felter.

Tabel 1.1. Forløb for vurdering af risici fra elektromagnetiske felter ved brug af denne vejledning

Hvis alle risici fra elektromagnetiske felter på arbejdsstedet er lave, kræves der ikke yderligere foranstaltninger. Arbejdsgivere vil ønske at registrere, at de har undersøgt deres arbejdssted og er nået frem til denne konklusion.

Hvis risiciene fra elektromagnetiske felter ikke er lave, eller risikoen er ukendt, bør arbejdsgivere følge en procedure for vurdering af risikoen og gennemføre de fornødne forholdsregler.

I kapitel 4 beskrives EMF-direktivets krav, mens den foreslåede metode til vurdering af risici fra EMF er forklaret i kapitel 5. Konklusionen kan være, at der ikke er nogen væsentlig risiko. I dette tilfælde bør vurderingen registreres, og her standser proceduren.

I kapitel 6 forklares brugen af eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer. Det omhandler også undtagelserne.

Til brug for risikovurderingen generelt og vurderingen af overensstemmelsen med aktionsniveauer eller eksponeringsgrænseværdier i særdeleshed skal arbejdsgivere ofte kende niveauet af EMF. I nogle tilfælde kan disse oplysninger findes i databaser eller fås fra fabrikanten (kapitel 7), men i andre tilfælde skal arbejdsgiveren foretage beregninger eller målinger (kapitel 8).

Kapitel 9 omhandler forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger, der gennemføres, hvis det er nødvendigt at reducere risikoen.

I kapitel 10 gives der retningslinjer for nødberedskab, mens kapitel 11 omhandler risici, symptomer og helbredsovervågning.

Kapitlerne i vejledningen er så kortfattede som muligt for at minimere byrden for de arbejdsgivere, der skal læse dem. I bilagene til vejledningen gives der yderligere oplysninger til arbejdsgivere og andre, der er involveret i risikovurderingsprocessen (tabel 1.2):

Tabel 1.2. Bilag til vejledningen

A — Karakteren af EMF

B — Sundhedsvirkninger af EMF

C — EMF-størrelser og -enheder

D — Vurdering af eksponering

E — Indirekte virkninger og særligt udsatte arbejdstagere

F — Vejledning om MRI

G — Krav i andre europæiske tekster

H — Europæiske og internationale standarder

I — Ressourcer

J — Ordliste, forkortelser og flowdiagramsymboler

K — Bibliografi

L — Direktiv 2013/35/EU

1.2. Introduktion til EMF-direktivet

Alle arbejdsgivere har pligt til at vurdere de risici, der følger af det arbejde, de udfører, og gennemføre forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger for at reducere de risici, de konstaterer. Disse forpligtelser er fastsat som krav i rammedirektivet. EMF-direktivet blev vedtaget med det formål at hjælpe arbejdsgivere med at overholde deres generelle forpligtelser i henhold til rammedirektivet, for så vidt angår EMF på arbejdsstedet. Eftersom arbejdsgiverne allerede overholder kravene i rammedirektivet, vil de fleste opdage, at de allerede fuldt ud overholder EMF-direktivet og derfor ikke skal foretage sig yderligere.

Elektromagnetiske felter defineres i EMF-direktivet som statiske elektriske, statiske magnetiske og tidsvarierende elektriske, magnetiske og elektromagnetiske felter med frekvenser op til 300 GHz. Denne terminologi anvendes kun i denne vejledning, hvis det klart medvirker til forståelsen.

Elektromagnetiske felter frembringes af en lang række kilder, som arbejdstagere kan komme ud for på arbejdsstedet. De genereres og anvendes i forbindelse med mange arbejdsaktiviteter, herunder produktionsprocesser, forskning, kommunikation, medicinske anvendelser, elproduktion, -transmission og -distribution, radio- og TV-udsendelse, luftfarts- og søfartsnavigation samt sikkerhed. Elektromagnetiske felter kan også opstå tilfældigt, f.eks. felter, der genereres i nærheden af elkabler i bygninger, eller som opstår som følge af eldrevet udstyr og maskineri. Da de fleste felter genereres elektrisk, forsvinder de, når strømmen afbrydes.

EMF-direktivet omhandler dokumenterede direkte og indirekte virkninger forårsaget af elektromagnetiske felter. Det omhandler ikke potentielle langsigtede indvirkninger på sundheden (se afsnit 2.2). De direkte virkninger er opdelt i ikketermiske virkninger, som f.eks. stimulering af muskler, nerver eller sansorganer, og termiske virkninger, som f.eks. opvarmning af væv (se afsnit 2.1). Indirekte virkninger opstår, når en genstands tilstedeværelse i et elektromagnetisk felt kan medføre en sikkerheds- eller sundhedsfare (se afsnit 2.3).

1.3. Denne vejlednings anvendelsesområde

Denne vejledning har til formål at give arbejdsgivere praktiske råd om, hvordan de overholder EMF-direktivet. Den er henvendt til alle virksomheder, hvor arbejdstagere kan komme ud for elektromagnetiske felter. Selv om EMF-direktivet ikke specifikt udelukker bestemte typer arbejde eller teknologier, er felterne på mange arbejdssteder så svage, at der ikke er nogen risiko. I denne vejledning opstilles en liste over almene arbejdsaktiviteter, udstyr og arbejdssteder, hvor felterne forventes at være så svage, at arbejdsgiverne ikke behøver træffe yderligere foranstaltninger. Denne vejledning omhandler ikke spørgsmål vedrørende elektromagnetisk kompatibilitet, som er omhandlet i andre vejledninger.

I henhold til EMF-direktivet skal arbejdsgiverne tage hensyn til særligt udsatte arbejdstagere, herunder arbejdstagere med aktivt eller passivt, implanteret medicinsk udstyr, som f.eks. pacemakere, arbejdstagere med kropsbåret medicinsk udstyr, som f.eks. insulinpumper, og gravide arbejdstagere. Denne vejledning indeholder gode råd om håndteringen af sådanne situationer.

Der findes visse scenarier for potentiel eksponering, der er meget specifikke eller komplekse, og som derfor ligger uden for rammerne af denne vejledning. Nogle industrier med særlige eksponeringsscenerier udvikler i nogle tilfælde deres egne vejledninger vedrørende EMF-direktivet, og der henvises i så fald til disse (se bilag I). Arbejdsgivere med komplekse eksponeringsscenerier bør indhente yderligere oplysninger om vurdering (se kapitel 8 og bilag I).

1.4. Overensstemmelse med direktiv 2013/35/EU

Denne vejledning er udarbejdet med henblik på at opfylde bestemmelserne i artikel 14 i EMF-direktivet. Tabel 1.3 viser sammenhængen mellem artiklerne i EMF-direktivet og kapitlerne i denne vejledning.

Tabel 1.3. Overensstemmelse mellem artiklerne i EMF-direktivet og afsnittene i denne vejledning

Artikler og vejledning	Afsnit i vejledning
Artikel 2: Definitioner	
Baggrundsoplysninger	Bilag A, B
Størrelser og enheder anvendt i EMF-direktivet	Bilag C
Termer og forkortelser	Bilag J
Artikel 3: Eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer	
Begrænsning af eksponering	Afsnit 6.3
Anvendelse af aktionsniveauer	Afsnit 6.1 og 6.2
Krævede foranstaltninger	Afsnit 9.4 og 9.5
Artikel 4: Vurdering af risici og identificering af eksponering	
Risikovurdering	Kapitel 5
Indirekte virkninger og særligt udsatte arbejdstagere	Afsnit 5.3 og 5.4 samt bilag E
Vurdering af eksponering ved hjælp af tilgængelige oplysninger	Kapitel 7
Vurdering af eksponering ved måling eller beregning	Kapitel 8 og bilag D
Artikel 5: Bestemmelser med sigte på at undgå eller begrænse risici	
Forebyggelsesprincipper	Afsnit 9.1
Tekniske foranstaltninger	Afsnit 9.4
Organisatoriske foranstaltninger	Afsnit 9.5
Personlige værnemidler	Afsnit 9.6
Artikel 6: Information og oplæring af arbejdstagerne	
Information af arbejdstagerne	Afsnit 9.5 og bilag E
Oplæring af arbejdstagerne	Afsnit 9.5 og bilag A og B
Artikel 7: Høring af arbejdstagere og disses deltagelse	
Arbejdstagernes høring og deltagelse	Kapitel 4
Artikel 8: Sundhedsovervågning	
Symptomer	Afsnit 11.1
Sundhedsovervågning	Afsnit 11.2
Lægeundersøgelse	Afsnit 11.3
Artikel 10: Undtagelser	
Undtagelser	Afsnit 6.4 og bilag F

1.5. Nationale bestemmelser og kilder til yderligere information

Anvendelsen af denne vejledning betyder ikke nødvendigvis, at de krav om beskyttelse mod elektromagnetiske felter, der er fastsat i de forskellige EU-medlemsstater, overholdes. Medlemsstaternes love om gennemførelsen af direktiv 2013/35/EU har altid forrang. De kan gå videre end EMF-direktivets minimumsforskrifter, som denne vejledning er baseret på. Yderligere oplysninger kan indhentes hos de nationale tilsynsmyndigheder, der er anført i bilag I.

Fabrikanter kan — for at sikre, at de overholder EMF-direktivets krav — konstruere deres produkter, så de minimerer de tilgængelige elektromagnetiske felter. De kan også give oplysninger om de felter og risici, der er forbundet med udstyret under normale anvendelsesforhold. Anvendelsen af oplysninger fra fabrikanten er omhandlet i detaljer i kapitel 7.

Kilder til yderligere oplysninger er anført i bilagene til denne vejledning. Bilag I indeholder eksempelvis oplysninger om nationale organisationer og branchesammenslutninger, mens bilag J indeholder en ordliste, en liste over forkortelser og en forklaring af de flowdiagramsymboler, der anvendes i vejledningen. Bilag K indeholder en bibliografi af nyttige publikationer.

2. SUNDHEDSSKADELIGE VIRKNINGER OG SIKKERHEDSRISICI FRA ELEKTROMAGNETISKE FELTER

Den type virkninger, som elektromagnetiske felter kan have på mennesker, afhænger primært af frekvensen og intensiteten. Andre faktorer, som f.eks. selve bølgeformen, kan også være vigtig i visse situationer. Nogle felter forårsager stimulering af muskler, nerver eller sanseorganer, mens andre forårsager opvarmning. De virkninger, der forårsages af opvarmning, betegnes termiske *virksomheder* i EMF-direktivet, og alle andre virkninger betegnes *ikke-termiske virksomheder*. Yderligere oplysninger om sundhedsvirkningerne af eksponering for elektromagnetiske felter findes i bilag B.

Det skal bemærkes, at der for alle disse virkninger er en grænseværdi, hvorunder der ikke er nogen risiko, og eksponeringer under grænseværdien akkumuleres ikke på nogen måde. De virkninger, der forårsages af eksponering, er forbigående og er begrænset til varigheden af eksponeringen. De stopper eller reduceres, når eksponeringen ophører. Det betyder, at der ikke er nogen sundhedsrisici, når eksponeringen er ophørt.

2.1. Direkte virkninger

Direkte virkninger er ændringer, der opstår hos en person som følge af eksponeringen for et elektromagnetisk felt. EMF-direktivet omhandler kun dokumenterede virkninger, der er baseret på kendte mekanismer. Det skelner mellem sensoriske virkninger og sundhedsmæssige virkninger, der vurderes at være alvorligere.

De direkte virkninger er:

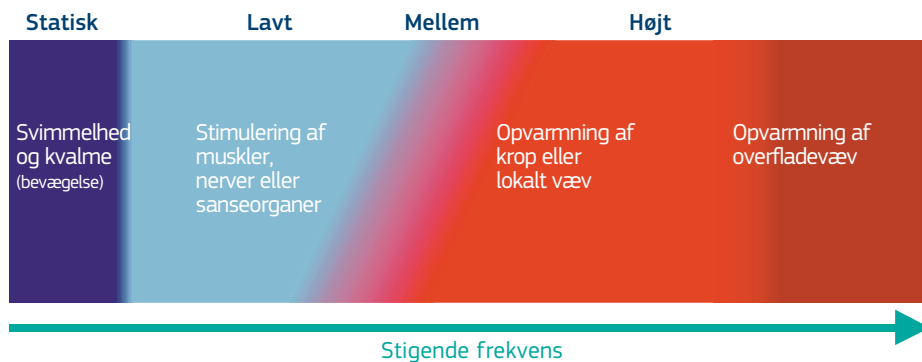
- svimmelhed og kvalme fra statiske magnetfelter (som typisk forbindes med bevægelse, men som også kan opstå i stationær tilstand)
- virkninger på muskler, nerver eller sanseorganer fra lavfrekvente felter (op til 100 kHz)
- opvarmning af hele kroppen eller kropsdele fra højfrekvente felter (10 MHz og derover); over et par GHz er opvarmning i stigende grad begrænset til kroppens overflade
- virkninger på muskler, nerver eller sanseorganer fra mellemfrekvenser (100 kHz-10 MHz).

Disse begreber er illustreret i figur 2.1. Se bilag B for flere oplysninger om direkte virkninger.

2.2. Langsigtede virkninger

EMF-direktivet omhandler ikke de potentielle langsigtede virkninger af eksponering for elektromagnetiske felter, da der i øjeblikket ikke foreligger veldokumenteret videnskabeligt bevis for en kausal sammenhæng. Hvis sådant veldokumenteret videnskabeligt bevis fremkommer, vil Kommissionen imidlertid overveje, hvordan sådanne virkninger håndteres mest effektivt.

Figur 2.1. Virkningerne af EMF i forskellige frekvensområder (frekvensintervaller er ikke i korrekt målestok)



2.3. Indirekte virkninger

Utilsigtede virkninger kan opstå som følge af genstandes tilstedeværelse i et elektromagnetisk felt, som kan medføre en sikkerheds- eller sundhedsfare. Kontakt med spændingsførende ledere er ikke omfattet af anvendelsesområdet for EMF-direktivet.

De indirekte virkninger er:

- interferens med elektromedicinsk udstyr og andre apparater
- interferens med aktivt, implanteret medicinsk udstyr, som f.eks. pacemakere og defibrillatorer
- interferens med kropsbåret medicinsk udstyr, som f.eks. insulinpumper
- interferens med passivt, implanteret medicinsk udstyr, som f.eks. kunstige led, søm, skinner eller plader fremstillet af metal
- virkninger på shrapnel, bodypiercinger, tatoveringer og body art
- projektilrisiko ved ferromagnetiske genstande i statiske magnetfelter
- utilsigtet udløsning af detonatorer
- brande og eksplosioner som følge af antændelse af brandfarlige materialer
- elektrisk stød eller forbrænding fra kontaktstrøm, når en person berører en ledende genstand i et elektromagnetisk felt, hvor den ene er jordforbundet, og den anden ikke er det.

Kapitel 5 og bilag E indeholder yderligere oplysninger om indirekte virkninger, og hvordan disse risici kan håndteres på arbejdsstedet.



Det vigtigste: virkninger af EMF

EMF på arbejdsstedet kan have direkte eller indirekte virkninger. Direkte virkninger er virkninger, der opstår som følge af felternes interaktion med kroppen, og kan være ikketermiske eller termiske. Indirekte virkninger opstår som følge af en genstands tilstedeværelse i feltet, som medfører en sikkerheds- eller sundhedsfare.

3. KILDER TIL ELEKTROMAGNETISKE FELTER

Alle i det moderne samfund er eksponeret for elektriske og magnetiske felter fra mange kilder, herunder elektrisk udstyr, radio- og TV-transmission og kommunikationsudstyr (figur 3.1). Bilag A indeholder yderligere oplysninger om karakteren af elektromagnetiske felter. De fleste kilder til elektromagnetiske felter, der findes i hjemmet og på arbejdsstedet, frembringer ekstremt lave eksponeringsniveauer, og størstedelen af de mest almindelige arbejdsaktiviteter forårsager næppe eksponeringer, der overstiger de aktionsniveauer eller eksponeringsgrænseværdier, der er fastsat ved EMF-direktivet.

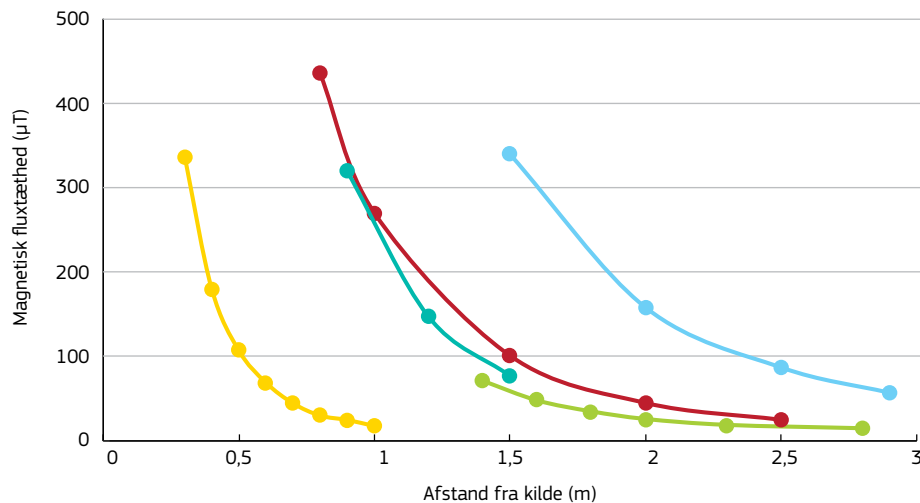
Figur 3.1. Schematisk oversigt med elektromagnetisk spektrum med typiske kilder



I dette kapitel kan arbejdsgivere finde oplysninger om kilderne til EMF i arbejdsmiljøet, så de kan afgøre, om de skal foretage yderligere vurdering af risiciene fra EMF. Omfanget og størrelsen af de frembragte elektromagnetiske felter afhænger af de spændinger, strømme og frekvenser, som udstyret drives ved eller genererer, sammen med udstyrets konstruktion. I nogle tilfælde er udstyr bevidst konstrueret, så det genererer ydre elektromagnetiske felter. I det tilfælde kan små enheder med lav effekt forårsage betydelige ydre elektromagnetiske felter. Generelt kræver udstyr med højstrøms effekt, højspændingsudstyr og udstyr, der er konstrueret til at udsende elektromagnetisk stråling, yderligere vurdering. I bilag C gives der flere oplysninger om størrelser og enheder, der anvendes til at evaluere elektromagnetiske felter. Gode råd om risikovurdering i forbindelse med EMF-direktivet findes i kapitel 5.

Størrelsen af et elektromagnetisk felt falder hurtigt med afstanden fra dets kilde (figur 3.2). Arbejdstagernes eksponering kan mindskes, hvis adgangen til områder omkring udstyret begrænses, når det er i drift. Det skal også bemærkes, at elektromagnetiske felter normalt forsvinder, når strømforsyningen til udstyret afbrydes, medmindre de er genereret af en permanent magnet eller en superledende magnet.

Figur 3.2. Fald i magnetisk fluxtæthed med afstand for forskellige frekvenskilder: punktsvejseudstyr (●—●), 0,5 m afmagnetiseringsspole (●—●), 180 kW induktionsovn (●—●), 100 kVA sømsvejsemaskine (●—●) og 1 m afmagnetiseringsspole (●—●)



Resten af kapitlet har til formål at hjælpe arbejdsgivere med at skelne mellem udstyr, aktiviteter og situationer, der næppe er forbundet med farer, og sådanne, hvor der kan være behov for beskyttelses- eller forebyggelsesforanstaltninger for at beskytte arbejdstagerne.

3.1. Særligt udsatte arbejdstagere

Visse grupper arbejdstagere (se tabel 3.1) vurderes at være særligt udsatte for elektromagnetiske felter. Disse arbejdstagere er ikke altid tilstrækkeligt beskyttet af de aktionsniveauer, der er anført i EMF-direktivet, og deres eksponering skal derfor vurderes særskilt fra de øvrige arbejdstagere.

Særligt udsatte arbejdstagere er normalt tilstrækkeligt beskyttet, hvis de referenceniveauer, der er anført i Rådets henstilling 1999/519/EF, overholdes (se bilag E). For et meget lille mindretal sikrer selv disse referenceniveauer ikke tilstrækkelig beskyttelse. Sådanne personer har modtaget de fornødne oplysninger fra deres læge, og arbejdsgiveren kan bruge disse oplysninger til at afgøre, om sådanne personer er særligt udsatte på arbejdsstedet.

Tabel 3.1. Særligt udsatte arbejdstagere som fastsat i EMF-direktivet

Særligt udsatte arbejdstagere	Eksempler
Arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr	Pacemakere, defibrillatorer, øresneglsimplantater, hjernestammeimplantater, proteser i det indre øre, neurostimulatorer, retinaenkodere og implanterede lægemiddelinfusionspumper
Arbejdstagere med passivt, implanteret medicinsk udstyr, der indeholder metal	Kunstige led, søm, plader, skruer, sårklemmer, aneurismeklemmer, stents, hjerteventilproteser, annuloplastikringe, metalspiraler og beslag til aktivt, implanteret medicinsk udstyr
Arbejdstagere med kropsbåret medicinsk udstyr	Eksterne hormoninfusionspumper
Gravide arbejdstagere	

Bemærk: Når arbejdsgiverne overvejer, om arbejdstagere kan være særligt udsatte, bør de tage hensyn til frekvensen, niveauet og varigheden af eksponeringen.

3.1.1. Arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr

En gruppe særligt udsatte arbejdstagere er personer med aktivt, implanteret medicinsk udstyr. Det skyldes, at stærke elektromagnetiske felter kan interferere med disse aktive implantaters normale funktion. Det er et lovkrav, at fabrikanter af sådant udstyr sikrer, at deres produkter er rimeligt modstandsdygtige over for interferens, og at de rutinemæssigt er testet for feltstyrker, der kan forekomme i det offentlige miljø. Som følge deraf bør feltstyrker op til de referenceniveauer, der er anført i Rådets henstilling 1999/519/EF, ikke påvirke sådanne apparater. Feltstyrker over disse referenceniveauer *på det sted, hvor apparatet eller dets eventuelle sensorer er placeret*, kan resultere i funktionsfejl, som kan udgøre en risiko for den person, der bærer apparatet.

Selv om nogle af de arbejdssituationer, der er omhandlet i dette kapitel, kan forårsage stærke felter, vil disse i mange tilfælde være meget lokale. Risikoen kan derfor håndteres ved at sikre, at det stærke felt ikke genereres umiddelbart i nærheden af implantatet. Det felt, der produceres af en mobiltelefon, kan f.eks. interferere med en pacemaker, hvis telefonen holdes tæt ved apparatet. Mennesker med pacemakere kan dog stadig bruge mobiltelefoner uden risiko. De skal blot være omhyggelige med at holde telefonen væk fra hjertet.

I kolonne 3 i tabel 3.2 vises situationer, hvor en særlig vurdering er påkrævet for arbejdstagere med aktive implantater, fordi der muligvis kan opstå stærke felter umiddelbart i nærheden af apparatet eller dets eventuelle sensorer. Som resultat af vurderingen anbefales det ofte, at arbejdstageren følger de anvisninger, vedkommende fik fra sin læge, da implantatet blev indopereret.

Hvis arbejdstagere eller andre med aktive implantater har adgang til arbejdsstedet, skal arbejdsgiveren overveje, om der er behov for en mere detaljeret vurdering. I den sammenhæng bør det bemærkes, at der for flere af de arbejdssituationer, der er anført i tabel 3.2, sondres mellem en person, der selv udfører en aktivitet, og aktiviteten, der forekommer på arbejdsstedet. Sidstnævnte situation vil næppe resultere i et stærkt felt umiddelbart i nærheden af implantatet, og en vurdering er derfor sædvanligvis ikke påkrævet.

I enkelte situationer (f.eks. induktionssmelting) genereres der meget stærke felter. I sådanne tilfælde vil det område, hvor referenceniveauerne i Rådets henstilling 1999/519/EF overskrides, generelt være meget større. Som følge deraf vil vurderingen være mere kompleks, og der skal muligvis indføres adgangs begrænsninger.

3.1.2. Andre særligt udsatte arbejdstagere

For de øvrige grupper af særligt udsatte arbejdstagere (se tabel 3.1) udgør meget lokale stærke felter normalt ikke en risiko. I stedet vil disse arbejdstagere være udsat for risiko, hvis deres arbejdsaktiviteter med sandsynlighed genererer felter, der overskrider referenceniveauerne i Rådets henstilling 1999/519/EF, i områder, som generelt er lettere tilgængelige. Situationer, hvor dette almindeligvis kan forekomme, er anført i kolonne 2 i tabel 3.2 og kræver specifikke vurderinger.

Hvis der kræves en vurdering for særligt udsatte arbejdstagere, henvises arbejdsgiveren til bilag E.



Det vigtigste: særligt udsatte arbejdstagere

Arbejdstagere med aktive implantater kan udsættes for risiko, hvis der forekommer stærke felter på arbejdsstedet. Disse felter er ofte meget lokale, og risiciene kan normalt håndteres tilstrækkeligt ved hjælp af nogle enkle forholdsregler med udgangspunkt i anbefalingerne fra arbejdstagerens læge.

Selv om stærke felter kan repræsentere særlige risici for andre grupper arbejdstagere (personer med passive implantater, kropsbåret medicinsk udstyr og gravide arbejdstagere), er dette kun sandsynligt i få situationer (se tabel 3.2).

3.2. Krav til vurdering for almindelige arbejdsaktiviteter, apparater og arbejdssteder

I tabel 3.2 vises en række almindelige arbejdsaktiviteter, apparater og arbejdssteder, og det angives, om der sandsynligvis kræves en vurdering:

- arbejdstagere med aktive implantater
- andre særligt udsatte arbejdstagere
- arbejdstagere, der ikke er særligt udsatte.

Oplysningerne i denne tabel er baseret på, om en situation med sandsynlighed vil forårsage feltstyrker, der overstiger referenceniveauerne i Rådets henstilling 1999/519/EF, og i så fald, om disse felter med sandsynlighed er meget lokale eller ej.

I tabel 3.2 forudsættes det, at udstyret anvendes i overensstemmelse med de seneste standarder, er blevet korrekt vedligeholdt og anvendes efter fabrikantens anvisninger. Hvis aktiviteten omfatter brugen af meget gammelt ikkestandard eller dårligt vedligeholdt udstyr, finder retningslinjerne i tabel 3.2 muligvis ikke anvendelse.

Hvis der for hver aktivitet på et arbejdssted er anført »Nej« i alle tre kolonner, skal der ikke udføres en særlig vurdering i henhold til EMF-direktivet, da der ikke forventes at være nogen risiko fra EMF. I disse situationer kræves der normalt ikke yderligere foranstaltninger. Der skal dog foretages en generel risikovurdering, som opfylder kravene i rammedirektivet. Arbejdsgivere skal i henhold til rammedirektivet altid være opmærksomme på ændrede omstændigheder og bør undersøge behovet for en specifik EMF-vurdering, når ændrede omstændigheder konstateres.

For arbejdssteder, som arbejdstagere med aktive implantater eller andre særligt udsatte arbejdstagere ikke har adgang til, og hvis »Nej« er anført for hver aktivitet i alle relevante kolonner, skal der ikke udføres en særlig vurdering i henhold til EMF-direktivet. Der skal dog foretages en generel risikovurdering, som opfylder kravene i rammedirektivet. Arbejdsgivere bør være opmærksomme på ændrede omstændigheder, navnlig muligheden for, at særligt udsatte arbejdstagere får adgang til området.



Det vigtigste: EMF-vurderinger

Hvis der på arbejdsstedet kun forekommer situationer, hvor der i tabel 3.2 er anført »Nej« i *alle* relevante kolonner, er det normalt ikke nødvendigt at foretage en specifik EMF-vurdering. En generel risikovurdering, der opfylder kravene i rammedirektivet, skal stadig foretages, og arbejdsgivere skal være opmærksomme på ændrede omstændigheder.

Table 3.2. Krav til specifikke EMF-vurderinger for almindelige arbejdsaktiviteter, apparater og arbejdssteder

Udstyrets eller arbejdsstedets type	Vurdering påkrævet for		
	arbejdstagere, der ikke er særligt udsatte (*)	arbejdstagere, der er særligt udsatte (bortset fra arbejdstagere med aktive implantater) (**)	arbejdstagere med aktive implantater (***)
	(1)	(2)	(3)
Trådløs kommunikation			
Telefoner, trådløse (herunder basisstationer til trådløse DECT-telefoner) — brug af	Nej	Nej	Ja
Telefoner, trådløse (herunder basisstationer til trådløse DECT-telefoner) — arbejdssteder med	Nej	Nej	Nej
Telefoner, mobile — brug af	Nej	Nej	ja
Telefoner, mobile — arbejdssteder med	Nej	Nej	Nej
Trådløst kommunikationsudstyr (f.eks. Wi-Fi eller Bluetooth), herunder adgangspunkter for WLAN — brug af	Nej	Nej	Ja
Trådløst kommunikationsudstyr (f.eks. Wi-Fi eller Bluetooth), herunder adgangspunkter for WLAN — arbejdssteder med	No	Nej	Nej
Kontor			
Audiovisuelt udstyr (f.eks. fjernsyn og dvd-afspillere)	Nej	Nej	Nej
Audiovisuelt udstyr med radiofrekvenssendere	Nej	Nej	Ja
Ledningsbaseret kommunikationsudstyr og -netværk	Nej	Nej	Nej
Computer- og IT-udstyr	Nej	Nej	Nej
Varmeblæsere, elektriske	Nej	Nej	Nej
Ventilatorer, elektriske	Nej	Nej	Nej
Kontorudstyr (f.eks. fotokopimaskiner, makulatorer og elektriske hæftemaskiner)	Nej	Nej	Nej
Telefoner (landlinje) og telefaxmaskiner	Nej	Nej	Nej
Infrastruktur (bygninger og jord)			
Alarmsystemer	Nej	Nej	Nej
Basisstationer for antenner, inden for operatørens eksklusionszone	Ja	Ja	Ja
Basisstationer for antenner, uden for operatørens eksklusionszone	Nej	Nej	Nej
Havemaskiner (elektriske) — brug af	Nej	Nej	Ja
Havemaskiner (elektriske) — arbejdssteder med	Nej	Nej	Nej
Radiatorer (elektriske) til rumopvarmning	Nej	Nej	Nej
Hårde hvidevarer, f.eks. køleskab, vaskemaskine, tørretumbler, opvaskemaskine, ovn, brødrister, mikroovn og strygejern, såfremt de ikke indeholder transmissionsudstyr, som f.eks. WLAN, Bluetooth eller mobiltelefoner	Nej	Nej	Nej
Belysning, f.eks. områdebelysning og skrivebordslamper	Nej	Nej	Nej
Belysning, radio- eller mikrobølgedrevet	Ja	Ja	Ja

Arbejdssteder, der er tilgængelige for offentligheden og opfylder de referenceniveauer, der er anført i Rådets henstilling 1999/519/EF	Nej	Nej	Nej
--	-----	-----	-----

Sikkerhed			
Overvågningssystemer for artikler og RFID (radiofrekvensbaseret identifikation)	Nej	Nej	Ja
Slettespoler, bånd eller harddiskdrev	Nej	Nej	Ja
Metaldetektorer	Nej	Nej	Ja
Elforsyning			
Elektriske kredsløb, hvor lederne er placeret tæt på hinanden med en nettostrømstyrke på højst 100 A — herunder ledninger, koblingsudstyr, transformatorer osv. — eksponering for magnetiske felter	Nej	Nej	Nej
Elektriske kredsløb, hvor lederne er placeret tæt på hinanden med en netstrømstyrke på mindst 100 A — herunder ledninger, koblingsudstyr, transformatorer osv. — eksponering for magnetiske felter	Ja	Ja	Ja
Elektriske kredsløb i en installation med en nominal fasestrømstyrke på højst 100 A for det enkelte kredsløb — herunder ledninger, koblingsudstyr, transformatorer osv. — eksponering for magnetiske felter	Nej	Nej	Nej
Elektriske kredsløb i en installation med en nominal fasestrømstyrke på mindst 100 A for det enkelte kredsløb — herunder ledninger, koblingsudstyr, transformatorer osv. — eksponering for magnetiske felter	Ja	Ja	Ja
Elektriske installationer med en nominal fasestrømstyrke på mindst 100 A — herunder ledninger, koblingsudstyr, transformatorer osv. — eksponering for magnetiske felter	Ja	Ja	Ja
Elektriske installationer med en nominal fasestrømstyrke på højst 100 A — herunder ledninger, koblingsudstyr, transformatorer osv. — eksponering for magnetiske felter	Nej	Nej	Nej
Generatorer og nødgeneratorer — arbejde på	Nej	Nej	Ja
Omformere, herunder omformere på solcellesystemer	Nej	Nej	Ja
Uisoleret luftleder med en nominal spænding på højst 100 kV eller luftledning på højst 150 kV over arbejdsstedet — eksponering for elektriske felter	Nej	Nej	Nej
Uisoleret luftleder med en nominal spænding på mindst 100 kV eller luftledning på mindst 150 kV ⁽¹⁾ over arbejdsstedet — eksponering for elektriske felter	Ja	Ja	Ja
Uisoleret luftleder uanset spænding — eksponering for magnetiske felter	Nej	Nej	Nej
Nedgravet eller isoleret kabelkredsløb, uanset nominal spænding — eksponering for elektriske felter	Nej	Nej	Nej
Vindmøller, arbejde på	Nej	Ja	Ja
Let industri			
Lysbuesvejsning, manuel (herunder MIG, MAG og TIG), når god praksis følges, og kabel ikke berører kroppen	Nej	Nej	Ja
Ladeapparater, industrielle	Nej	Nej	Ja
Ladeapparater, store professionelle	Nej	Nej	JA

⁽¹⁾ For luftledninger på mindst 150kV er styrken af det elektriske felt sædvanligvis, men ikke altid, lavere end det referenceniveau, der er anført i Rådets henstilling 1999/519/EF.

Udstyr til overfladebehandling og maling	Nej	Nej	Nej
Kontroludstyr uden radiosendere	Nej	Nej	Nej
Udstyr til Coronaoverfladebehandling	Nej	Nej	Ja
Dielektrisk opvarmning	Ja	Ja	Ja
Dielektrisk svejsning	Ja	Ja	Ja
Elektrostatisk maleudstyr	Nej	Ja	Ja
Ovne, modstandsopvarmede	Nej	Nej	Ja
Limpistoler (håndholdte) — arbejdssteder med	Nej	Nej	Nej
Limpistoler — brug af	Nej	Nej	Ja
Varmepistoler (håndholdte) — arbejdssteder med	Nej	Nej	Nej
Varmepistoler — brug af	Nej	Nej	Ja
Hydrauliske ramper	Nej	Nej	Nej
Induktionsopvarmning	Ja	Ja	Ja
Induktionsvarmesystemer, automatiserede, fejlfinding og reparation i nærheden af EMF-kilden	Nej	Ja	Ja
Induktionsforseglingsudstyr	Nej	Nej	Ja
Induktionslodning	Ja	Ja	Ja
Maskinværktøj (f.eks. søjleboremaskiner, slibemaskiner, drejebænke, fræsemaskiner og save)	Nej	Nej	Ja
Magnetpulverundersøgelse (revneprøvning)	Ja	Ja	Ja
Magnetiseringsmaskiner/afmagnetiseringsmaskiner, industrielle (herunder båndslattere)	Ja	Ja	Ja
Måleudstyr og -instrumenter, der ikke indeholder radiosendere	Nej	Nej	Nej
Mikrobølgeopvarmning og -tørring i træindustrien (tørring, formning og limning af træ)	Ja	Ja	Ja
RF-plasmaapparater, herunder vakuummetallisering og sputtering	Ja	Ja	Ja
Værktøj (elektrisk håndholdt og transportabelt, f.eks. boremaskiner, slibemaskiner, rundsave og vinkelslibere) — brug af	Nej	Nej	Ja
Værktøj (elektrisk håndholdt og transportabelt) — arbejdssteder med	Nej	Nej	Nej
Svejsesystemer, automatiserede, fejlfinding, reparation og undervisning i nærheden af EMF-kilde	Nej	Ja	Ja
Svejsning, manuel modstand (punktsvejsning og sømsvejsning)	Ja	Ja	Ja
Sværinterindustri			
Elektrolyse, industriel	Ja	Ja	Ja
Ovne, buesmelte-	Ja	Ja	Ja
Ovne, induktionssmelte- (mindre ovne har normalt højere tilgængelige felter end større ovne)	Ja	Ja	Ja
Byggeri og anlæg			
Anlægsudstyr (f.eks. betonblandere, vibratører, kraner osv.) — arbejde i nærheden	Nej	Nej	Ja
Mikrobølgetørring, inden for byggeri og anlæg	Ja	Ja	Ja

Medicinalindustrien			
Medicinsk udstyr, der ikke anvender EMF til diagnosticering eller behandling	Nej	Nej	Nej
Medicinsk udstyr, der anvender EMF til diagnosticering og behandling (f.eks. kortbølgediatermi og transkraniell magnetisk stimulering)	Ja	Ja	Ja
Transport			
Motorkøretøjer og -anlæg — arbejde i nærheden af start-, vekselgenerator- og tændingssystemer	Nej	Nej	Ja
Radar, flyveledelse, militær, vejr og langdistance	Ja	Ja	Ja
Tog og sporvogne, elektriske	Ja	Ja	Ja
Diverse			
Ladeapparater, induktiv tilslutning eller proximitetstilslutning	Nej	Nej	Ja
Ladeapparater, ikkeinduktiv tilslutning til privat brug	Nej	Nej	Nej
Systemer og udstyr til radio- og TV-udsendelse (radio og TV: LF, MF, HF, VHF og UHF)	Ja	Ja	Ja
Udstyr, der genererer statiske magnetiske felter > 0,5 millitesla, uanset om de genereres elektrisk eller fra permanente magneter (f.eks. magnetplaner, -borde og -transportbånd, løftemagneter, magnetiske beslag, navneskilte og badges)	Nej	Nej	Ja
Udstyr, der er markedsført på det europæiske marked som værende i overensstemmelse med Rådets henstilling 1999/519/EF eller harmoniserede EMF-standarder	Nej	Nej	Nej
Hovedtelefoner, der frembringer stærke magnetiske felter	Nej	Nej	Ja
Induktionskomfur, professionelt	Nej	Nej	Ja
Ikkeelektrisk udstyr af alle typer, dog ikke udstyr med permanente magneter	Nej	Nej	Nej
Håndholdt udstyr (batteridrevet), der ikke indeholder radiofrekvenssendere	Nej	Nej	Nej
Radioer, tovejs (f.eks. walkie-talkies og bilradioer)	Nej	Nej	Ja
Sendere, batteridrevne	Nej	Nej	Ja

Bemærk: (*) Vurdering påkrævet i forhold til gældende aktionsniveauer eller emissionsgrænseværdier (se kapitel 6).

(**) Vurdering foretages i forhold til referenceniveauer i Rådets henstilling (se afsnit 5.4.1.3 og bilag E).

(***) Lokal personlig eksponering kan overstige referenceniveauer i Rådets henstilling — denne skal tages i betragtning i risikovurderingen, som baseres på oplysninger fra den læge, der er ansvarlig for implantationen af implantatet og/eller den efterfølgende pleje (se afsnit 5.4.1.3 og bilag E).

3.2.1. Arbejdsaktiviteter, apparater og arbejdssteder, der sandsynligvis kræver særlig vurdering

Arbejdssteder, der indeholder eller er placeret tæt på udstyr, der drives ved høj strømstyrke eller spænding, kan have områder med stærke elektromagnetiske felter. Dette vil sandsynligvis være tilfældet for udstyr, der er konstrueret til målrettet at udsende kraftig elektromagnetisk stråling. Disse stærke felter kan overskride de aktionsniveauer eller emissionsgrænseværdier, der er anført i EMF-direktivet, eller kan udgøre en uacceptabel risiko via indirekte virkninger.

I kolonne 1 i tabel 3.2 vises situationer, der kan forårsage stærke felter, som normalt kræver en specifik EMF-vurdering. Ved udarbejdelsen af denne tabel er det forudsat, at eksisterende måledata for eksempler på disse situationer angiver, at felter kan være

så stærke, at de nærmer sig eller endda overstiger de relevante aktionsniveauer. Et »Ja« i kolonne 1 betyder derfor ikke, at det tilgængelige felt helt sikkert vil overstige en emissionsgrænseværdi. Det betyder i stedet, at det ikke kan garanteres, at emissionsgrænseværdien altid overholdes, idet man skal være opmærksom på den variation, der sandsynligvis vil forekomme på arbejdsstedet. Der bør derfor foretages en vurdering, som er specifik for hvert arbejdssted.

Det skal understreges, at tabel 3.2 indeholder eksempler på situationer, der ofte forekommer på arbejdssteder. Den er ikke en udtømmende liste, og der kan forekomme specialudstyr og usædvanlige processer, som ikke er medtaget. Listen kan dog hjælpe arbejdsgivere med at identificere situationer, som sandsynligvis kræver yderligere detaljeret vurdering.

3.3. Arbejdsaktiviteter, apparater og arbejdssteder, der ikke er anført i dette kapitel

Hvis arbejdsgivere identificerer situationer på deres arbejdssteder, som ikke er omfattet af optegnelserne i tabel 3.2, skal de først indsamle så mange oplysninger som muligt fra håndbøger og andre dokumenter, de er i besiddelse af. Dernæst skal de undersøge, om der kan indhentes oplysninger fra eksterne kilder, f.eks. udstyrsfabrikanter og branchesammenslutninger (se kapitel 7 i denne vejledning).

Hvis der ikke kan indhentes oplysninger om EMF fra andre kilder, kan det være nødvendigt at udføre en vurdering ved hjælp af måling eller beregning (se kapitel 8).

Afsnit 2

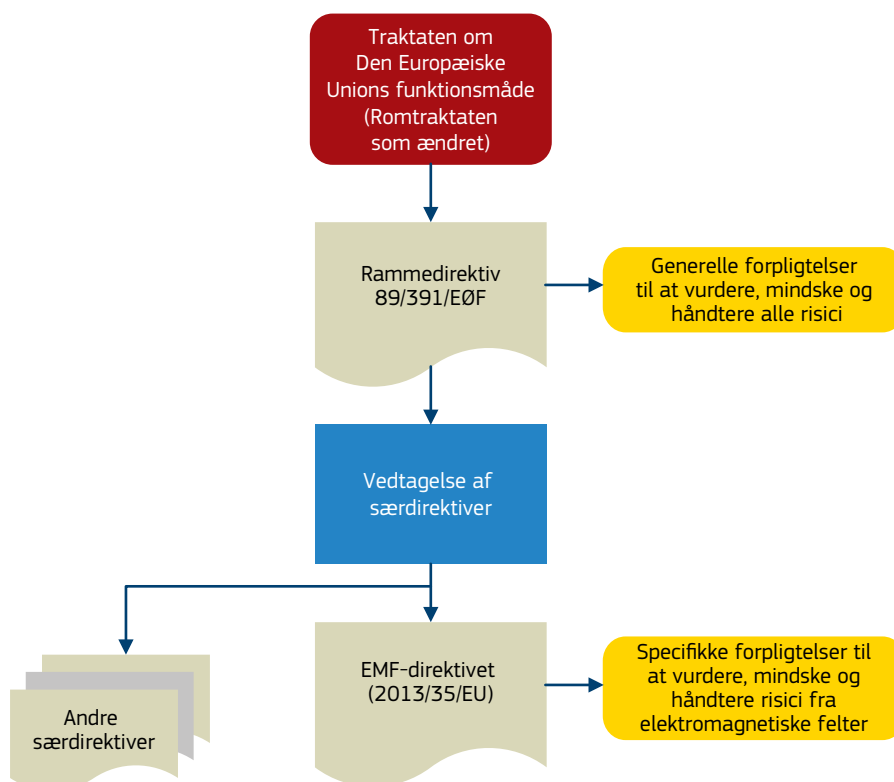
FIND UD AF, OM DER SKAL GØRES MERE

4. EMF-DIREKTIVETS OPBYGNING

EMF-direktivet (2013/35/EU) er i sin helhed anført i bilag L til denne vejledning. Her forklares det, hvordan og hvorfor EMF-direktivet er blevet indført, og der gives et resumé af dets væsentligste krav.

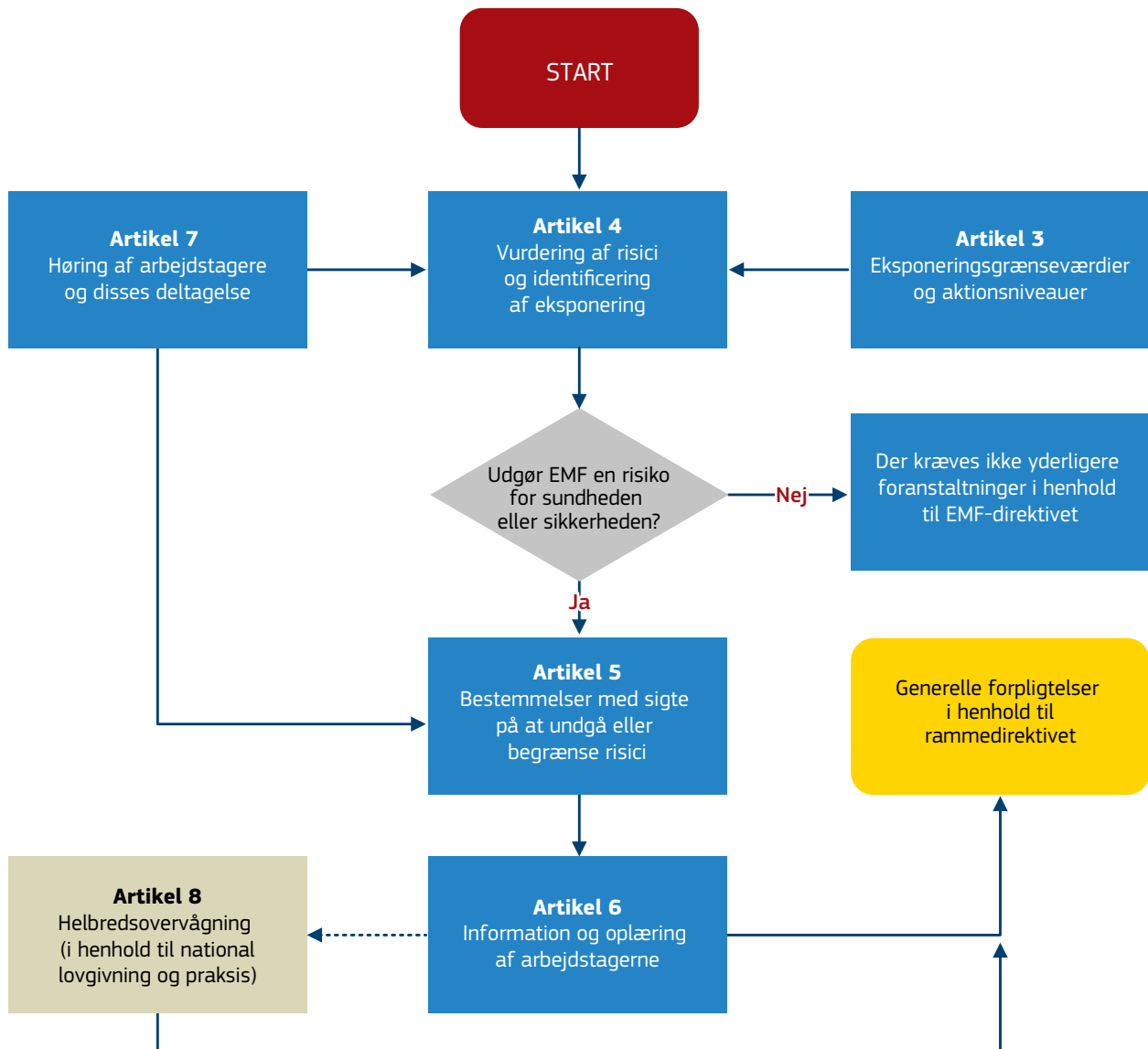
Ved Romtraktaten (nu traktaten om Den Europæiske Unions funktionsmåde) blev der fastsat et mål om at forbedre navnlig arbejdsmiljøet for at beskytte arbejdstagernes sikkerhed og sundhed. For at opfylde dette mål kan der i henhold til traktaten vedtages direktiver om fastsættelse af minimumsfor skrifter. I 1989 blev rammedirektivet (89/391/EØF) indført som et overordnet direktiv på dette område. Ved rammedirektivet fastsættes der generelle krav vedrørende vurdering og mindskelse af risici, nødberedskab, information, deltagelse og oplæring af arbejdstagere, arbejdstagernes forpligtelser og helbreds overvågning. Det omhandler også gennemførelsen af særdirektiver, der i detaljer fastsætter, hvordan rammedirektivets mål opfyldes i specifikke situationer. EMF-direktivet er det 20. særdirektiv. Figur 4.1 illustrerer, hvordan dette passer ind i det overordnede lovgivningslandskab.

Figur 4.1. Skematisk oversigt over lovgivningsmiljøet for EMF-direktivet



I figur 4.2 vises de vigtigste artikler i EMF-direktivet, som er relevante for arbejdsgivere, og samspillet mellem artiklerne.

Figur 4.2. Oversigt over samspillet mellem artikler i EMF-direktivet



Som forklaret ovenfor har EMF-direktivet til formål at hjælpe arbejdsgivere med at overholde deres forpligtelser i henhold til rammedirektivet for den specifikke arbejdssituation, der involverer eksponering for EMF. Det følger, at mange af kravene afspejler kravene i det mere generelle rammedirektiv. De to direktiver bør derfor anvendes sammen. Hovedvægten i EMF-direktivet ligger på at vurdere de risici, der opstår som følge af elektromagnetiske felter på arbejdsstedet, og derefter at gennemføre de nødvendige foranstaltninger for at mindske disse risici. Sammenhængen mellem de to direktiver betyder imidlertid, at de fleste arbejdsgivere, som allerede opfylder deres forpligtelser i henhold til rammedirektivet, vil konstatere, at de næsten ikke skal foretage sig noget for at opnå overensstemmelse med EMF-direktivet.

Ved EMF-direktivet indføres der *minimumsforskrifter* for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejde med EMF. I overensstemmelse med traktaten om Den Europæiske Unions funktionsmåde kan de enkelte medlemsstater vælge at bevare deres eksisterende lovgivning eller indføre ny lovgivning med forskrifter, der er strengere end EMF-direktivets forskrifter.

4.1. Artikel 3 — Eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer

Ved artikel 3 begrænses de maksimale eksponeringer ved hjælp af eksponeringsgrænseværdier (ELV'er) for sensoriske og sundhedsmæssige virkninger. De er defineret i EMF-direktivets bilag II (ikke-termiske virkninger) og bilag III (termiske virkninger). Eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger skal altid overholdes. Eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger kan midlertidigt overskrides, hvis arbejdstagerne informeres, og der iværksættes andre foranstaltninger i overensstemmelse med artikel 3.



Det vigtigste: Definitioner

Mange af de udtryk, der anvendes i EMF-direktivet, er defineret i artikel 2. Nogle udtryk, som f.eks. »midlertidigt« og »begrundet«, er imidlertid ikke defineret og kan have forskellig betydning afhængigt af sammenhængen. Hvis udtryk ikke er udtrykkeligt defineret i EMF-direktivet, skal medlemsstaterne definere dem i forbindelse med gennemførelsen enten i lovgivning eller på anden måde.

I de fleste tilfælde er eksponeringsgrænseværdierne angivet som størrelser i kroppen, der ikke kan måles direkte eller blot beregnes. Ved artikel 3 indføres der derfor aktionsniveauer, som er fastsat som ydre feltstørrelser, der lettere kan bestemmes ved måling eller beregning. Aktionsniveauerne er defineret i bilag II og III til EMF-direktivet. Såfremt aktionsniveauerne ikke overskrides, kan det antages, at eksponeringerne er i overensstemmelse med eksponeringsgrænseværdierne, og at der ikke er behov for yderligere vurdering. Under særlige omstændigheder kan visse aktionsniveauer overskrides i henhold til bestemmelserne i artikel 3.

Den praktiske anvendelse af aktionsniveauer og eksponeringsgrænseværdier er kompliceret og er beskrevet i detaljer i kapitel 6 i denne vejledning.

4.2. Artikel 4 — Vurdering af risici og identificering af eksponering

Det første skridt i indsatsen for at skabe et sikrere arbejdsmiljø er vurderingen af de risici, der findes på arbejdsstedet. Kapitel 5 i denne vejledning indeholder yderligere oplysninger om vurdering af risici fra EMF på arbejdsstedet. Det omfatter en diskussion af de forhold, der skal tages i betragtning for at opfylde artikel 4. Det skal bemærkes, at det ikke er tilstrækkeligt blot at påvise, at aktionsniveauer eller eksponeringsgrænseværdier overholdes, da det ikke altid er nok til at beskytte særligt udsatte arbejdstagere eller undgå sikkerhedsrisici fra indirekte virkninger.

Når risici fra EMF på arbejdsstedet vurderes, er det nødvendigt at forstå karakteren af de felter, der forekommer. Arbejdsgivere skal derfor i henhold til artikel 4 også identificere og vurdere EMF på arbejdsstedet. Arbejdsgivere kan dog benytte oplysninger fra andre parter, og de skal ifølge artiklen kun selv foretage vurderingen, hvis overensstemmelse ikke kan påvises på anden måde.

Muligheden for at anvende oplysninger fra fabrikanter eller databaser over generiske vurderinger er vigtig, fordi dette for de fleste arbejdsgivere vil være langt den nemmeste metode til at vurdere EMF på arbejdsstedet. Anvendelsen af oplysninger fra andre parter er omhandlet yderligere i kapitel 7 i denne vejledning og er illustreret i casestudier i bind 2.

Når arbejdsgivere selv skal vurdere felter, kan de i henhold til artikel 4 vælge, om de vil gøre det ved hjælp af målinger eller beregninger. Denne fleksibilitet giver arbejdsgiverne mulighed for at vælge den mest enkle metode henset til netop deres situation. Der er mange faktorer, som påvirker den valgte metode, og de er beskrevet i yderligere detaljer i kapitel 8 i denne vejledning. Yderligere vejledning gives i bilag D.

4.3. Artikel 5 — Bestemmelser med sigte på at undgå eller begrænse risici

Såfremt aktionsniveauerne ikke overskrides, og andre virkninger kan udelukkes, skal arbejdsgiverne ikke træffe yderligere foranstaltninger bortset fra at sikre, at de til stadighed opfylder deres forpligtelser i henhold til rammedirektivet. Dette omfatter regelmæssig revision af risikovurderingen med henblik på at sikre, at den stadig er relevant.

Hvis aktionsniveauer overskrides, kan arbejdsgiveren vælge at påvise overensstemmelse med eksponeringsgrænseværdierne og påvise, at der ikke forekommer andre sikkerhedsrisici fra EMF, hvis det er muligt. I mange tilfælde vil det dog være enklere og billigere at indføre foranstaltninger, som forebygger risiciene, end at påvise overensstemmelse med emissionsgrænseværdierne. Med hensyn til andre aspekter af EMF-direktivet bør de generelle løsninger, der iværksættes for at undgå og mindske risici, være i overensstemmelse med rammedirektivet. De fleste arbejdsgivere vil have forskellige muligheder, og den mest hensigtsmæssige afhænger af deres særlige situation. Fælles metoder er beskrevet i kapitel 9 i denne vejledning, herunder også foranstaltninger, der er specifikke for risici fra EMF.

Som nævnt i afsnit 4.1 ovenfor kan lave aktionsniveauer eller eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger i henhold til artikel 3 overskrides midlertidigt på visse betingelser. I artikel 5 angives de forholdsregler, der skal træffes i sådanne situationer.

Selv når aktionsniveauer ikke overskrides, skal arbejdsgiveren tage hensyn til, at dette muligvis ikke sikrer tilstrækkelig beskyttelse til særligt udsatte arbejdstagere eller forhindrer sikkerhedsrisici fra indirekte virkninger. Igen findes der forskellige muligheder for at håndtere disse risici, og de er beskrevet i yderligere detaljer i kapitel 9.

4.4. Artikel 6 — Information og oplæring af arbejdstagerne

Ligesom for de øvrige aspekter af EMF-direktivet er forskrifterne i artikel 6 generelt i overensstemmelse med rammedirektivets artikler. Hvis risici er blevet identificeret, skal arbejdstagerne have den nødvendige information og oplæring. Det anerkendes dog, at mange arbejdstagere ikke har kendskab til karakteren af de farer, der er forbundet med EMF, mulige symptomer eller begreber, som f.eks. eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer, og oplæringen bør derfor specifikt omfatte disse emner. Medarbejdere skal også have specifik information om resultaterne af vurderinger af deres specifikke arbejdssted.

Det er tilsvarende vigtigt, at risiciene sættes i perspektiv. Arbejdstagerne skal vide, at mange af kilderne til elektromagnetiske felter på arbejdsstedet ikke udgør en risiko for deres sundhed eller sikkerhed. Mange, f.eks. mobiltelefoner eller løfteudstyr, bidrager faktisk til deres velfærd eller gør deres arbejde meget lettere. Tilvejebringelsen af information og oplæring er omhandlet i kapitel 9 i denne vejledning.

4.5. Artikel 7 — Høring af arbejdstagere og disses deltagelse

Artikel 7 i EMF-direktivet henviser direkte til artikel 11 i rammedirektivet.

4.6. Artikel 8 — Helbredsovervågning

Artikel 8 i EMF-direktivet tager udgangspunkt i kravene i artikel 14 i rammedirektivet. Medlemsstaterne kan tilpasse disse forskrifter til de systemer, de allerede har indført. Den praktiske gennemførelse af denne artikel vil derfor sandsynligvis variere fra land til land. Enkelte retningslinjer for helbredsovervågning findes i kapitel 11 i denne vejledning.

4.7. Artikel 10 — Undtagelser

I henhold til artikel 10 kan der indrømmes én fast undtagelse og to skønsbaserede undtagelser. En undtagelse er en lempelse af et krav i lovgivningen. I dette tilfælde betyder det, at arbejdsgivere under specifikke omstændigheder ikke behøver opfylde enkelte af forskrifterne i EMF-direktivet, såfremt beskyttelsen af arbejdstagerne stadig er tilstrækkelig.

Den faste undtagelse vedrører installering, afprøvning, anvendelse, udvikling, vedligeholdelse eller forskning i tilknytning til anvendelsen af magnetisk resonansbilleddannelseudstyr (MRI) i sundhedssektoren. I henhold til undtagelsen kan eksponeringer overskride eksponeringsgrænseværdierne, hvis visse betingelser er opfyldt. Disse betingelser er omhandlet i bilag F til denne vejledning, hvor det også beskrives, hvordan arbejdsgivere kan påvise overensstemmelse.

Under den første skønsmæssige undtagelse kan medlemsstaterne tillade, at der gennemføres et alternativt beskyttelsessystem for personale, der arbejder i militære anlæg eller er involveret i militæraktiviteter, herunder deltager i fælles internationale militærøvelser. Denne undtagelse indrømmes, såfremt sundhedsskadelige virkninger og sikkerhedsrisici forebygges.

Den anden skønsmæssige undtagelse er en generel undtagelse, som giver medlemsstaterne mulighed for at tillade, at eksponeringsgrænseværdier midlertidigt overskrides i visse sektorer eller i forbindelse med visse aktiviteter, hvis visse betingelser er opfyldt.

Undtagelserne er beskrevet yderligere i afsnit 6.4 i denne vejledning.

4.8. Resumé

EMF-direktivet har til formål at hjælpe arbejdsgivere med at opnå overensstemmelse med kravene i rammedirektivet, for så vidt angår de specifikke risici, der er forbundet med EMF. De fleste arbejdsgivere opfylder allerede deres forpligtelser som fastsat i rammedirektivet, og de opfylder dermed også deres forpligtelser som fastsat i EMF-direktivet. For visse arbejdssteder, hvor felterne er stærkere, skal arbejdsgiverne i nogle tilfælde gennemføre mere detaljerede vurderinger og træffe yderligere foranstaltninger for at undgå eller mindske risiciene. Arbejdsgivere skal også give deres personale information og oplæring, inddrage arbejdstagerne i håndteringen af risici og følge den nationale praksis for helbredsovervågning.

Der indrømmes en fast undtagelse for MRI inden for sundhedssektoren. Yderligere undtagelser giver medlemsstater mulighed for at gennemføre et alternativ beskyttelsessystem for militære aktiviteter og tillade, at eksponeringsgrænseværdierne midlertidigt overskrides i andre sektorer på visse betingelser.

5. RISIKOVURDERING INDEN FOR RAMMERNE AF EMF-DIREKTIVET

Risikovurdering er et grundlæggende krav i rammedirektivet, og det er omhandlet i artikel 4 i EMF-direktivet. Der anføres en række specifikke forhold, som skal tages i betragtning ved vurderingen af risici fra EMF. Dette kapitel omhandler, hvordan man griber vurderingen af risici fra elektromagnetiske felter an. Oplysningerne kan tilpasses af de enkelte arbejdsgivere, så de passer ind i deres nuværende risikovurderingssystemer.

Generelt er der ingen faste regler for, hvordan en risikovurdering gennemføres, men arbejdsgiveren bør altid forhøre sig hos de nationale myndigheder, hvis der er fastsat specifikke nationale krav. Strukturerede risikovurderingsmetoder er normalt de mest effektive, da de gør det muligt systematisk at identificere farer og udsatte arbejdstagere. Derved sikres det, at risici ikke fejlagtigt overses. Komplexiteten af vurderingen varierer afhængigt af karakteren af de aktiviteter, der skal vurderes, men erfaringerne viser, at det i de fleste tilfælde er bedst at vælge den enkleste løsning.

Ligesom der ikke er faste regler for gennemførelsen af risikovurderinger, varierer den anvendte terminologi også. I dette kapitel bruges de udtryk og definitioner, der anbefales af EU-OSHA (tabel 5.1).

Tabel 5.1. Udtryk og definitioner vedrørende risikovurdering anvendt i denne vejledning

Fare	Potentielt skadelige eller skadevoldende egenskaber ved ting eller handlinger
Risiko	Sandsynligheden for, at skadespotentialet vil blive nået under de forhold, hvorunder brugen og/eller eksponeringen finder sted, samt skadens mulige omfang
Risikovurdering	Processen for evaluering af risikoen for arbejdstagernes sundhed og sikkerhed på arbejdet som følge af omstændighederne bag en fare på arbejdsstedet

En udførlig risikovurdering skal tage højde for alle farer i forbindelse med arbejdsaktiviteten. I denne vejledning drøftes dog kun de farer, der er forbundet med EMF. Eksempler på EMF-specifik risikovurdering findes i casestudierne i denne vejlednings bind 2. I nogle tilfælde er oplysningerne fra fabrikanten tilstrækkelige til at konkludere, at risikoen er håndteret tilfredsstillende. Risikovurderingsprocessen er derfor ikke nødvendigvis specielt arbejdskrævende. Vurderingen skal registreres i henhold til national lovgivning og praksis.

Risikovurdering er ledelsens ansvar, men den bør gennemføres i samarbejde med arbejdstagere, som bør informeres om resultatet af vurderingen.

5.1. OiRA — Platformen for interaktiv onlinerisikovurdering

For at hjælpe mikrovirksomheder og små virksomheder har EU-OSHA udviklet OiRA — platformen for interaktiv onlinerisikovurdering. Den har sit eget websted (www.oiraproject.eu), hvor man også kan få adgang til de forskellige OiRA-værktøjer. De tilbydes gratis og har til formål at hjælpe arbejdsgivere med at indføre en trinvis risikovurderingsproces. Da værktøjerne er sektorspecifikke, kan de hjælpe arbejdsgivere med at identificere de mest almindelige farer inden for netop deres sektor.

Der er fire hovedtrin i OiRA-processen, som det fremgår af tabel 5.2 nedenfor.

Tabel 5.2. Trin i OiRA-processen

Forberedelse	Her får du et overblik over den vurdering, du skal til at udføre, og du får mulighed for at tilpasse vurderingen til netop din virksomhed.
Identifikation	OiRA præsenterer en række potentielle sundheds- og sikkerhedsfarer eller -problemer, der muligvis forekommer på dit arbejdssted. Besvar udsagnene/spørgsmålene med ja eller nej for at angive, om sådanne farer eller problemer forekommer. Du kan også vælge ikke at besvare et spørgsmål, men vente med at besvare det til senere.
Evaluering	Her kan du fastlægge det risikoniveau, der skal knyttes til hvert af de elementer, du har identificeret som »skal håndteres« på identifikationstrinnet.
Handlingsplan	På det fjerde trin i vurderingen kan du fastlægge de foranstaltninger, du vil iværksætte for at håndtere de risici, du tidligere har identificeret, og ressourcer, der skal bruges til dette. Ud fra dette genereres der automatisk en rapport i det næste trin.

Vejledningen nedenfor er i overensstemmelse med OiRA-processen og kan anvendes af alle, der anvender OiRA-værktøjerne. Ikke alle arbejdsgivere ønsker dog at anvende OiRA-værktøjerne. Nogle har allerede indført risikovurderingssystemer, mens andre benytter bestemte sundheds- og sikkerhedsstyringssystemer, som f.eks. OHSAS 18001. Oplysningerne i dette kapitel er derfor skrevet, så de er relevante i alle disse situationer.

5.2. Trin 1 — Forberedelse

Det første trin i risikovurderingen er altid indsamling af oplysninger om arbejdsaktiviteterne, herunder:

- Beskrivelse af arbejdsopgaverne.
- Hvem udfører arbejdet?
- Hvordan udføres arbejdet?
- Hvilket udstyr bruges der til at udføre arbejdsopgaverne?

Det er vigtigt at høre arbejdstagerne og observere arbejdsaktiviteterne på dette trin. Hvordan en arbejdsaktivitet udføres i teorien, er ofte forskellig fra den måde, hvorpå den udføres i praksis.

Det er også vigtigt at sikre, at vurderingen omfatter både rutineopgaver og opgaver, der ikke udføres rutinemæssigt, men som kun udføres lejlighedsvis. De kan omfatte:

- rengøring
- vedligeholdelse
- servicering
- reparation
- nye installationer
- idriftsættelse
- nedlæggelse.

5.3. Trin 2 — Identifikation af farer og de udsatte arbejdstagere

5.3.1. Identifikation af farer

Det første trin i arbejdet med at identificere EMF-farer er identifikationen af aktiviteter og udstyr, der forårsager elektromagnetiske felter på arbejdsstedet. Denne liste kan med fordel sammenlignes med tabel 3.2 i kapitel 3, da karakteren af en aktivitet eller udformningen af udstyr ofte bevirker, at der kun genereres svage felter. Sådanne svage felter er ikke farlige, heller ikke selv om der er flere aktiviteter eller udstyrsenheder tæt ved hinanden.

I EMF-direktivet anerkendes det, at visse arbejdssteder, som er åbne for offentligheden, allerede er blevet vurderet med henblik på Rådets henstilling om begrænsning af befolkningens eksponering for elektromagnetiske felter (1999/519/EF). Hvis sådanne arbejdssteder overholder Rådets henstilling 1999/519/EF, og sundheds- og sikkerhedsrisici kan udelukkes, skal der ikke udføres yderligere eksponeringsvurdering. Disse betingelser vurderes at være opfyldt, når:

- udstyr, der er bestemt til offentlig anvendelse, anvendes efter hensigten
- udstyr er i overensstemmelse med produktdirektiver, der fastsætter strengere sikkerhedsniveauer end EMF-direktivet
- der ikke anvendes andet udstyr.

Tabel 3.2 i kapitel 3 kan også bruges, når der skal identificeres aktiviteter og udstyr, der med sandsynlighed kræver detaljeret vurdering.

Nogle kilder forårsager stærkere felter, der ikke er tilgængelige ved normal brug, fordi de er monteret i et kabinet, eller fordi arbejdsområdet er afskærmet. I sådanne situationer er det vigtigt at overveje, om arbejdstagere kan få adgang til stærke felter i forbindelse med vedligeholdelse, service eller reparation.

Fabrikanter og installatører af udstyr skal tage hensyn til, at arbejdstagere ved afprøvning af ufærdigt udstyr i nogle tilfælde kan få adgang til stærke felter, som normalt ikke er tilgængelige.

5.3.2. Identifikation af eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger

På de fleste arbejdssteder er der allerede indført en række forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger for at eliminere eller mindske risiciene på arbejdsstedet. Sådanne foranstaltninger vedrører i nogle tilfælde specifikt elektromagnetiske felter. I andre tilfælde vedrører de andre farer, men har også til formål at begrænse eksponeringen for EMF.

Det er derfor vigtigt at identificere de eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger som input til risikovurderingsprocessen.

5.3.3. Identifikation af de udsatte personer

Alle, der kan blive skadet som følge af de omhandlede farer, skal identificeres. I den forbindelse skal alle arbejdstagere på arbejdsstedet tages i betragtning. Det er uproblematisk at udpege personer, der udfører aktiviteter eller bruger udstyr, som genererer stærke felter. Personer, der udfører andre opgaver eller arbejder med andet udstyr, men som også kan være eksponeret for felterne, skal dog også tages i betragtning. Vurderingen af felter fra punktsvejsemaskinen i casestudiet vedrørende værkstedsarbejde (denne vejlednings bind 2) viser f.eks., at feltet ikke er stærkest på det sted, hvor operatøren befinder sig, men ved siden af udstyret. Hvis svejsemaskinen er placeret ved siden af et gangareal, kan andre arbejdstagere, som går forbi, blive eksponeret for stærkere felter end operatøren.

Det er også vigtigt at overveje risiciene for personer, der ikke er ansatte, men som alligevel befinder sig på arbejdsstedet. Det kan f.eks. være gæster, serviceteknikere, andre leverandører og chauffører.

5.3.4. Særligt udsatte arbejdstagere

Det kræves, at der tages hensyn til særligt udsatte arbejdstagere, og i EMF-direktivet udpeges specifikt fire grupper arbejdstagere, der er omfattet af denne kategori (se tabel 3.1 for yderligere detaljer):

- arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr
- arbejdstagere med passivt, implanteret medicinsk udstyr
- arbejdstagere med kropsbåret medicinsk udstyr
- gravide arbejdstagere.

Arbejdstagere i disse kategorier kan være udsat for større risiko fra elektromagnetiske felter end andre arbejdstagere og bør være omfattet af en særlig risikovurdering (se afsnit 5.4.1.3 nedenfor). Den viser i nogle tilfælde, at risikoen er acceptabel, mens det i andre tilfælde er nødvendigt at tilpasse disse personers arbejdsforhold for at mindske risikoen.

5.4. Trin 3 — Evaluering og prioritering af risici

5.4.1. Evaluering af risiko

Risikoevaluering kan omfatte forskellige grader af kompleksitet lige fra simpel vurdering af, om en risiko er lav, middel eller høj, til avanceret kvantitativ analyse. Den simple evaluering er normalt hensigtsmæssig, når felterne er så svage, at der for alle aktiviteter og alt udstyr er anført »Nej« i *alle* kolonner i tabel 3.2. Når felterne forventes at være stærkere, skal der foretages en mere kompleks evaluering, som f.eks. kan omfatte kvantitativ vurdering med henblik på at fastsætte omfanget af en fare.

Risikoevalueringen bør tage højde for både alvorligheden af en farlig hændelse og sandsynligheden for, at en sådan hændelse vil forekomme.

Den tildelte alvorgrad bør afspejle de følger, der forventes, hvis den farlige hændelse indtræder. Interaktioner med elektromagnetiske felter på arbejdsstedet kan have forskellige følger af varierende alvorlighed. Eksempler på mulige følger og alvorligheden heraf vises nedenfor. I praksis er det den person, der foretager vurderingen, som afgør, hvor alvorlig følgen er, og denne afgørelse vil være påvirket af det tilgængelige felts styrke og andre lokale forhold.

Tabel 5.3. Eksempler på mulige følger af interaktioner med EMF på arbejdsstedet og disse følgers alvorlighed

Følge	Alvorlighed
Svimmelhed og kvalme Synsforstyrrelser (lysglimt — fosfener) Prikkende fornemmelse eller smerte (nervestimulation) Små stigninger i vævstemperaturen Mikrobølgehørelse	Mindre
Bevægelse af ferromagnetiske genstande i statiske magnetfelter Interferens med implanteret medicinsk udstyr Store stigninger i vævstemperaturen	Alvorlig
Antændelse af brændbare atmosfærer Udløsning af detonatorer	Dødelig

Ved vurderingen af sandsynlighed skal der tages højde for en række faktorer, herunder adgang til feltet og karakteren af de udførte arbejdsopgaver. Ofte er adgangen til stærke felter begrænset af andre grunde, f.eks. mekaniske eller elektriske farer. Under disse omstændigheder er der ikke behov for at gennemføre yderligere restriktioner. Ved vurderingen af sandsynlighed skal der ligeledes tages højde for arbejdsprocessen. En induktionsovn kører f.eks. ved fuld kraft i opvarmningsfasen, men ofte befinder arbejdstagerne sig ikke i nærheden af ovnen i denne fase. Senere, når indholdet er smeltet, kører ovnen ved lavere kraft, og felterne vil derfor være meget svagere.

Ved evalueringen af risiko skal allerede eksisterende forebyggelses- eller beskyttelsesforanstaltninger tages i betragtning (se afsnit 5.3.2).

Elektromagnetiske felter kan forårsage både direkte og indirekte interaktioner, og disse risici skal evalueres separat. Bestemte arbejdstagere kan desuden være særligt udsatte (se afsnit 5.3.4 ovenfor), og risiciene for disse arbejdstagere skal evalueres særskilt.



Det vigtigste: risikoevaluering

Risikoevaluering behøver ikke være en kompleks opgave. Arbejdsgivere kan bruge tabel 3.2 til at fastlægge den krævede detaljeringsgrad. Evalueringen bør tage højde for både alvorligheden af en farlig hændelse og sandsynligheden for, at en sådan hændelse vil forekomme.

5.4.1.1. Direkte virkninger

Ved vurderingen af de risici, der følger af arbejdstageres direkte interaktion med elektromagnetiske felter, skal der tages hensyn til de tilgængelige felters særlige karakteristika. De primære faktorer, som påvirker omfanget af en fare, er den tilgængelige frekvens (eller de tilgængelige frekvenser) og feltstyrken. Andre faktorer, som f.eks. bølgeform, lokal homogenitet og ændringer i feltstyrke over tid, kan også være vigtige.

Det vigtigste i forbindelse med dette aspekt af vurderingen er at afgøre, om arbejdstagerne kan udsættes for eksponeringer, der overstiger eksponeringsgrænseværdierne (se kapitel 6). Hvis eksponeringsgrænseværdierne ikke kan overskrides, er der ingen direkte virkninger eller fare.

Når der er tale om tidsvarierende felter med frekvenser på mellem 1 Hz og 6 GHz, er det ikke nemt at måle eller beregne eksponeringsgrænseværdierne, og de fleste arbejdsgivere vil foretrække at vurdere, om de tilgængelige felter overskrider aktionsniveauerne for direkte virkninger. Hvis aktionsniveauerne ikke overskrides, kan eksponeringsgrænseværdierne heller ikke overskrides.

Arbejdsgivere skal i henhold til EMF-direktivet ikke foretage beregninger eller målinger med henblik på at fastsætte, at aktionsniveauer ikke overskrides, medmindre disse oplysninger ikke kan indhentes fra andre kilder. Mange arbejdsgivere vil opleve, at de for alle deres aktiviteter og alt deres udstyr kan indsætte »Nej« i alle tre kolonner i tabel 3.2. Hvis det er tilfældet, overskrides aktionsniveauerne ikke, heller ikke selv om der er flere aktiviteter eller udstyrsenheder tæt ved hinanden. Selv om aktiviteter eller udstyr ikke er opført i tabel 3.2, kan der muligvis indhentes oplysninger, som bekræfter, at aktionsniveauerne ikke overskrides, fra andre kilder (se kapitel 7).

Hvis arbejdsgivere ikke kan påvise overensstemmelse med enten aktionsniveauer eller eksponeringsgrænseværdier fra lettilgængelige oplysninger, kan de foretage en mere detaljeret vurdering (se kapitel 8), eller de kan overveje, om de kan indføre restriktioner for adgangen til felterne (se kapitel 9).

5.4.1.2. Indirekte virkninger

Elektromagnetiske felter kan forårsage sikkerheds- og sundhedsrisici via interaktion med genstande inden for feltet. I henhold til EMF-direktivet skal disse risici vurderes, og de skal vurderes særskilt fra risiciene fra direkte virkninger.

I EMF-direktivet identificeres en række indirekte virkninger, der eventuelt skal vurderes:

- interferens med elektromedicinske apparater og udstyr, herunder pacemakere og andre implantater eller andet kropsbåret medicinsk udstyr
- projektilrisiko ved ferromagnetiske genstande i statiske magnetfelter
- detonerer af elektro-eksplosive anordninger (detonatorer)

- brande og eksplosioner som følge af antændelse af brandfarlige materialer ved gnister forårsaget af inducerede felter, kontaktstrøm eller gnistudladninger
- kontaktstrøm.

Mange af disse indirekte virkninger vil kun forekomme under meget specifikke omstændigheder, og for de fleste arbejdsgivere vil det første skridt derfor være at vurdere, om der er sandsynlighed for, at disse risici overhovedet kan forekomme på deres arbejdssted.

EMF-direktivet fastsætter aktionsniveauer for derved at hjælpe arbejdsgivere med at vurdere risiciene for to af disse indirekte virkninger: projektilrisiko ved ferromagnetiske genstande i statiske magnetfelter og kontaktstrøm. Hvis aktionsniveauet ikke overskrides, er risikoen lav, og der kræves ingen yderligere forebyggelses- eller beskyttelsesforanstaltninger.

For de øvrige indirekte virkninger er der ikke fastsat aktionsniveauer, men der opstilles yderligere retningslinjer for vurderingen af risici i europæiske standarder. Dette er yderligere omhandlet i bilag E til denne vejledning.

5.4.1.3. Særligt udsatte arbejdstagere

For særligt udsatte arbejdstagere (se tabel 3.1) er vurderingen generelt mere kompliceret. Aktionsniveauerne for direkte virkninger sikrer ikke altid disse arbejdstagere tilstrækkelig beskyttelse, og der kræves en særskilt vurdering.

Arbejdstagere med implanteret eller kropsbåret medicinsk udstyr har ofte fået specifikke oplysninger om sikre feltstyrker. Hvis det er tilfældet, bruges disse oplysninger som vurderingskriterier og anvendes frem for mere generelle oplysninger, der måtte foreligge. Ved vurderingen vedrørende en person med pacemaker i casestudiet om RF-plasmaapparater (bind 2) anvendes f.eks. data fra fabrikanten.

Hvis der ikke foreligger specifikke oplysninger vedrørende medicinske implantater eller kropsbåret medicinsk udstyr eller for gravide arbejdstagere, bør arbejdsgiverne se retningslinjerne i bilag E til denne vejledning.



Det vigtigste: forhold, der skal tages i betragtning

Når arbejdsgivere vurderer risiciene fra EMF, skal de tage hensyn til både direkte og indirekte virkninger. Nogle arbejdstagere er særligt udsatte for EMF (se tabel 3.1), og det bør også tages i betragtning.

5.5. Trin 4 — Fastlæggelse af forebyggende foranstaltninger

Hvis der er identificeret risici, skal det først undersøges, om de kan fjernes. Vil det være muligt at reducere feltstyrken til et niveau, der ikke udgør en risiko, eller er det muligt at forhindre arbejdstagerne i at få adgang til feltet?

Hvis det er muligt, bør afgørelser om forebyggelsesforanstaltninger træffes i konstruktions- eller købsfasen for nye processer eller nyt udstyr.

Kapitel 9 i denne vejledning omhandler forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger, der kan anvendes til at minimere risiciene fra elektromagnetiske felter. Kollektiv beskyttelse bør altid have forrang for personlig beskyttelse.

5.6. Trin 5 — Iværksættelse af forebyggende foranstaltninger

Hvis det er nødvendigt at træffe foranstaltninger, skal gennemførelsen af forebyggelses- eller beskyttelsesforanstaltninger prioriteres. Foranstaltninger prioriteres efter risikoens omfang og alvorligheden af følgerne, hvis en farlig hændelse opstår. Det er ikke altid muligt straks at gennemføre alle nye foranstaltninger. I en sådan situation skal det vurderes, om det er muligt at gennemføre midlertidige foranstaltninger, der gør det muligt at fortsætte arbejdet, indtil de permanente forebyggelsesforanstaltninger er gennemført. Alternativt kan det besluttes, at arbejdet skal standses, indtil de nye foranstaltninger er gennemført.

5.7. Dokumentation af risikovurderingen

Det er vigtigt, at resultaterne af risikovurderingen registreres. Registreringen bør omfatte de centrale elementer i risikovurderingen, herunder de identificerede farer, de potentielt udsatte arbejdstagere og resultatet af vurderingen. Hvis særligt udsatte arbejdstagere er blevet identificeret, registreres dette også. Kravene til nye forebyggelses- eller beskyttelsesforanstaltninger bør dokumenteres sammen med ordningen for efterfølgende revision af vurderingen.

5.8. Overvågning og revision af risikovurderingen

Det er vigtigt regelmæssigt at revidere risikovurderingen med henblik på at afgøre, om den var hensigtsmæssig, og om forebyggelses- eller beskyttelsesforanstaltningerne var effektive. Denne revision bør tage højde for resultaterne af alle rutinekontroller af udstyrets tilstand, eftersom eventuelle forringelser kan påvirke konklusionen af risikovurderingen. Risikovurderingen skal også revideres, hvis der sker udskiftninger i det anvendte udstyr, eller hvis arbejdsmetoderne ændres.

Arbejdsgivere bør også huske, at arbejdstageres status kan ændre sig. En arbejdstager kan f.eks. få implanteret medicinsk udstyr eller blive gravid. Ved en sådan ændring revideres risikovurderingen med henblik på at afgøre, om den stadig er hensigtsmæssig.

Hvis arbejdstagere midlertidigt er eksponeret ud over det lave aktionsniveau for magnetiske felter (tabel B2 i bilag II til EMF-direktivet) eller en af eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger, kan de opleve forbigående symptomer. Disse symptomer kan omfatte:

- svimmelhed eller kvalme fra eksponering for statiske og lavfrekvente magnetfelter
- sanseforstyrrelser, som f.eks. lysglimt (fosfener) eller mindre ændringer i hjernefunktionerne fra eksponering for lavfrekvent EMF
- sanseforstyrrelser, som f.eks. »mikrobølgehørelse« fra eksponering for pulserende radiofrekvensfelter under særlige betingelser (se afsnit B5).

Hvis arbejdstagere rapporterer om sådanne symptomer, bør arbejdsgiveren revidere og om nødvendigt opdatere risikovurderingen. Dette kan betyde, at der skal gennemføres yderligere forebyggelses- eller beskyttelsesforanstaltninger.

Afsnit 3

OVERENSSTEMMELSE- VURDERINGER

6. BRUG AF EKSPONERINGS-GRÆNSEVÆRDIER OG AKTIONSNIVEAUER

Som nævnt i kapitel 2 kan eksponering for elektromagnetiske felter frembringe forskellige virkninger afhængigt af frekvensen. Som følge deraf er der fastsat eksponeringsgrænseværdier (ELV'er) i EMF-direktivet for:

- ikketermiske virkninger (0-10MHz) i bilag II
- termiske virkninger (100kHz-300GHz) i bilag III.

Det er følgelig generelt nødvendigt at kende det elektromagnetiske felts frekvens eller frekvenser, inden den korrekte emissionsgrænseværdi kan vælges. De to frekvensområder overlapper hinanden. I det midterste frekvensområde (100 kHz-10 MHz) kan der forekomme både termiske og ikketermiske virkninger, og derfor skal begge eksponeringsgrænseværdier tages i betragtning.

For frekvenser mellem 1 Hz og 6 GHz er eksponeringsgrænseværdierne defineret med hensyn til størrelser i kroppen, som ikke umiddelbart kan måles eller beregnes. EMF-direktivet fastsætter derfor også aktionsniveauer (AL'er), som fastsættes med hensyn til ydre feltstørrelser, der relativt let kan måles eller beregnes. Disse aktionsniveauer udledes af eksponeringsgrænseværdierne ved hjælp af konservative antagelser. Hvis det fastsatte aktionsniveau overholdes, overholdes den tilsvarende emissionsgrænseværdi derfor også. Det er dog muligt at overskride et aktionsniveau og alligevel overholde emissionsgrænseværdien. Der redegøres nærmere for dette i afsnit 6.1. Figur 6.1 illustrerer processen for at afgøre, om overensstemmelse skal vurderes i forhold til aktionsniveauer eller eksponeringsgrænseværdier.

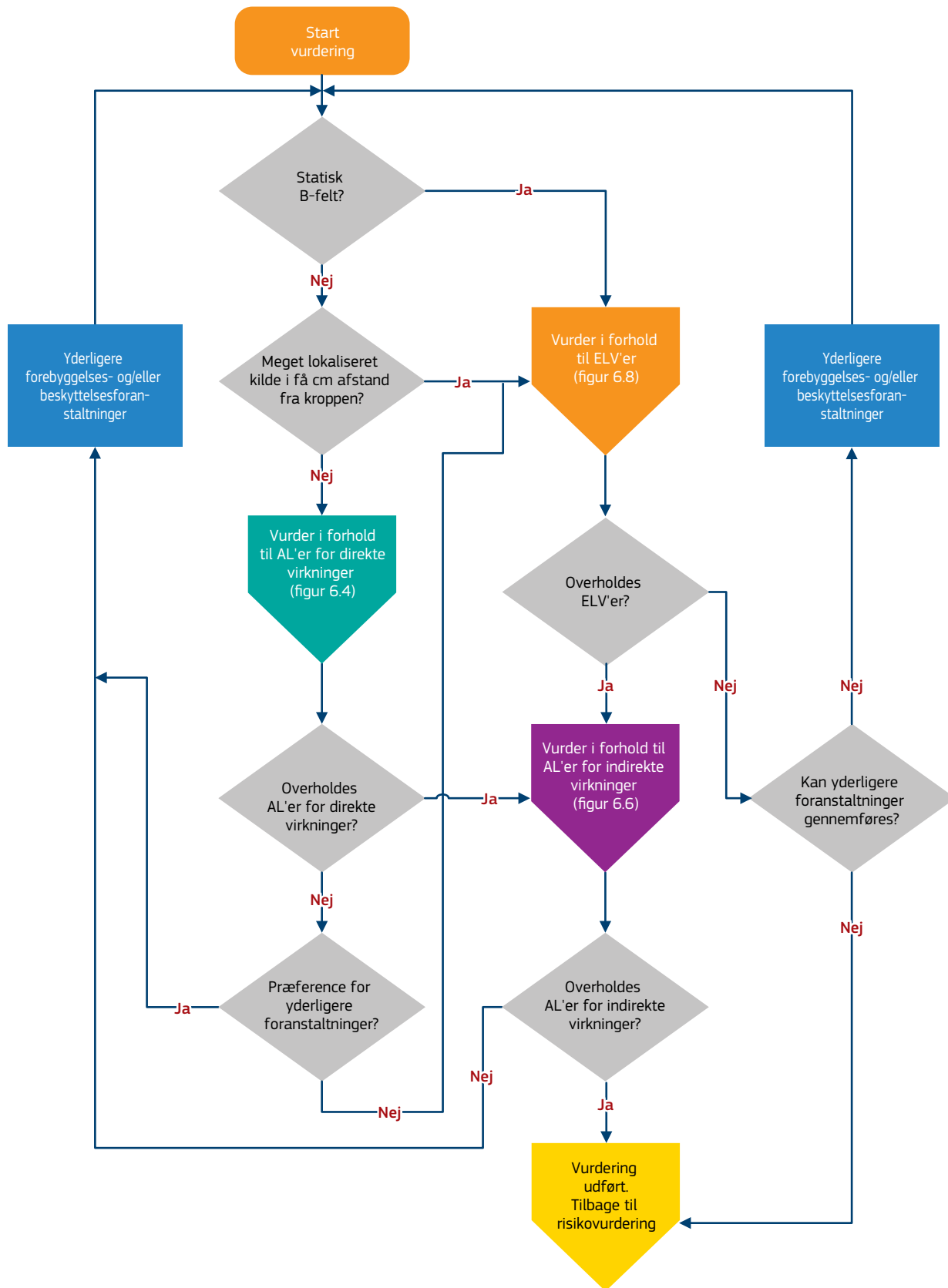
Sammenligningen med aktionsniveauer eller eksponeringsgrænseværdier bruges som input i risikovurderingsprocessen. Hvis overensstemmelse med aktionsniveauer ikke kan påvises, kan arbejdsgivere beslutte i stedet at foretage vurderingen i forhold til eksponeringsgrænseværdierne. En sådan vurdering vil sandsynligvis dog være mere kompleks og derfor dyrere. I mange tilfælde kan der gennemføres yderligere foranstaltninger for at sikre overensstemmelse med enten aktionsniveauer eller eksponeringsgrænseværdier. Når arbejdsgivere har påvist overensstemmelse eller udtømt alle praktiske muligheder for yderligere foranstaltninger, bør vedkommende gå videre med risikovurderingsprocessen (se kapitel 5).

Udførlig vurdering af arbejdstagernes eksponering og sammenligning med eksponeringsgrænseværdierne kan være en kompleks opgave og ligger uden for rammerne af denne vejledning. Yderligere oplysninger om vurderinger findes i bilag D til denne vejledning. Det primære formål med oplysningerne i dette kapitel er dog at forklare, hvordan systemet med eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer fungerer i praksis, så arbejdsgivere kan afgøre, om de selv vil foretage disse vurderinger eller søge bistand fra en specialist.

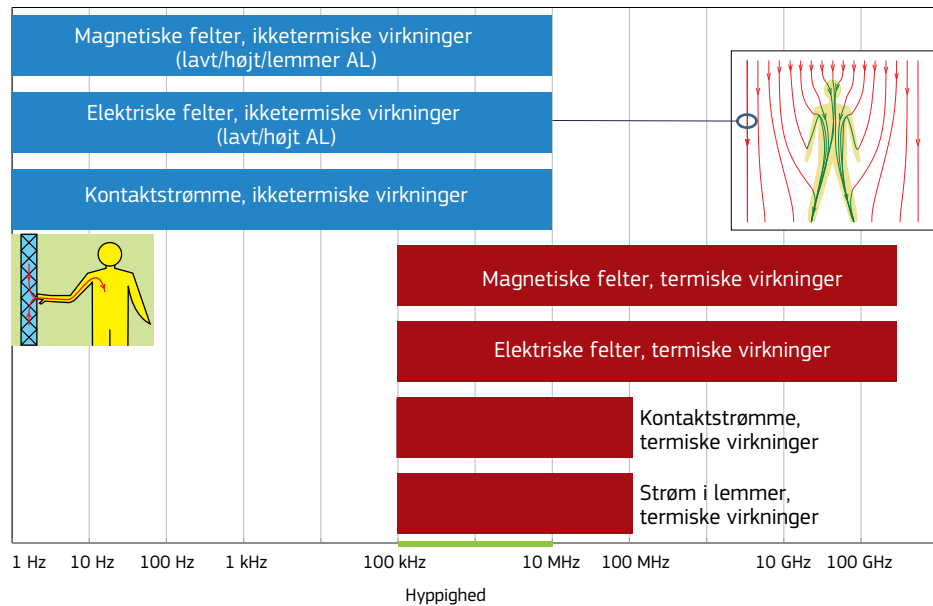
I EMF-direktivet defineres en række forskellige aktionsniveauer, hvoraf mere end ét kan finde anvendelse samtidig. Aktionsniveauerne vedrører direkte eller indirekte virkninger. Ved lave frekvenser kan elektriske og magnetiske felter betragtes som uafhængige (såkaldt kvasistatiskapproksimation), og begge vil inducere elektriske felter i kroppen. Ved lave frekvenser er der derfor aktionsniveauer for elektriske og magnetiske felter. Der er også aktionsniveauer for kontaktstrøm.

Ved stigende frekvens opstår der tættere forbindelse mellem felterne, og interaktionen med kroppen ændres, så der afsættes energi og opstår termiske virkninger. For disse frekvenser er der derfor aktionsniveauer for elektriske og magnetiske felter. Ved frekvenser over 6 GHz er der et yderligere aktionsniveau for effekttæthed, som afhænger af styrken af både de elektriske og magnetiske felter. Der er også aktionsniveauer for induceret strøm i lemmer, som også er forbundet med termiske virkninger, og for kontaktstrøm. Systemet med aktionsniveauer er illustreret i figur 6.2.

Figur 6.1. Proces for at afgøre, om overensstemmelse skal vurderes i forhold til AL'er eller ELV'er



Figur 6.2. Frekvensområder, hvor forskellige aktionsniveauer finder anvendelse.



Blå søjler angiver ikke-termiske virkninger, og røde søjler angiver termiske virkninger. Hvis frekvensområdet er fremhævet med grønt, skal både ikke-termiske virkninger (elektrisk felt, magnetisk felt og kontaktstrømme) og termiske virkninger (elektrisk og magnetisk felt) overholdes.

Eksponeringsgrænseværdierne (ELV'erne) og de tilknyttede aktionsniveauer (AL'er) er baseret på retningslinjerne fra International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Yderligere oplysninger om det bagvedliggende rationale findes i disse retningslinjer, der kan rekvireres fra www.icnirp.org (se Ressourcer i bilag I).

I henhold til EMF-direktivet skal medlemsstaterne gennemføre eksponeringsgrænseværdierne i deres nationale lovgivning, og arbejdsgiverne er derfor retligt forpligtede til at overholde dem. Kommissionen kan i henhold til EMF-direktivet revidere aktionsniveauerne, hvis det viser sig nødvendigt.



Det vigtigste: aktionsniveauer og eksponeringsgrænseværdier

For de fleste arbejdsgivere vil det være nemmere at påvise overensstemmelse med aktionsniveauer end eksponeringsgrænseværdier, selv om afstandene for overensstemmelse kan være større for førstnævnte end sidstnævnte. Aktionsniveauer er også fastsat for visse, men ikke alle indirekte virkninger. Aktionsniveauer og eksponeringsgrænseværdier sikrer generelt ikke særligt udsatte arbejdstagere tilstrækkelig beskyttelse.

6.1. Aktionsniveauer for direkte virkninger

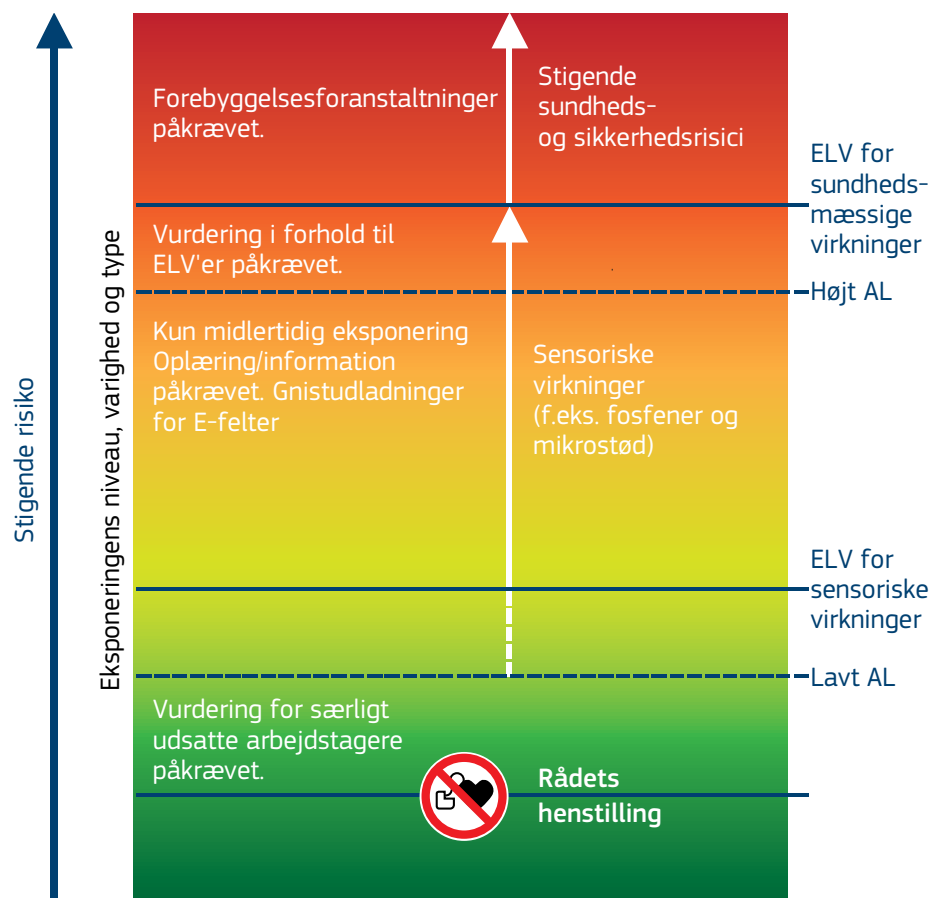
Som anført ovenfor er aktionsniveauerne for direkte virkninger udledt af de tilsvarende eksponeringsgrænseværdier ved hjælp af computermodeller og under forudsætning af worst case-interaktioner. Det betyder, at overensstemmelse med aktionsniveauet garanterer overensstemmelse med den tilsvarende emissionsgrænseværdi. I mange situationer er det dog muligt at overskride aktionsniveauet og stadig overholde den tilsvarende emissionsgrænseværdi. Forholdet mellem aktionsniveauet og emissionsgrænseværdien er illustreret i figur 6.3. For de fleste arbejdsgivere og de fleste situationer tilbyder aktionsniveauerne for direkte virkninger en relativt simpel metode til at påvise overensstemmelse med de bagvedliggende eksponeringsgrænseværdier.

Aktionsniveauer er angivet for felter, som ikke er forstyrret af tilstedeværelsen af arbejdstagerens krop.

Hvis det ikke er muligt at påvise overensstemmelse med aktionsniveauerne, kan arbejdsgiverne vælge at gennemføre forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger eller at vurdere overensstemmelsen med emissionsgrænseværdierne direkte. Når arbejdsgiverne træffer denne beslutning, skal de huske, at resultatet af vurderingen i forhold til emissionsgrænseværdierne muligvis vil kræve, at der gennemføres forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger.

Processen for valg af aktionsniveauer for direkte virkninger er illustreret i flowdiagrammet i figur 6.4.

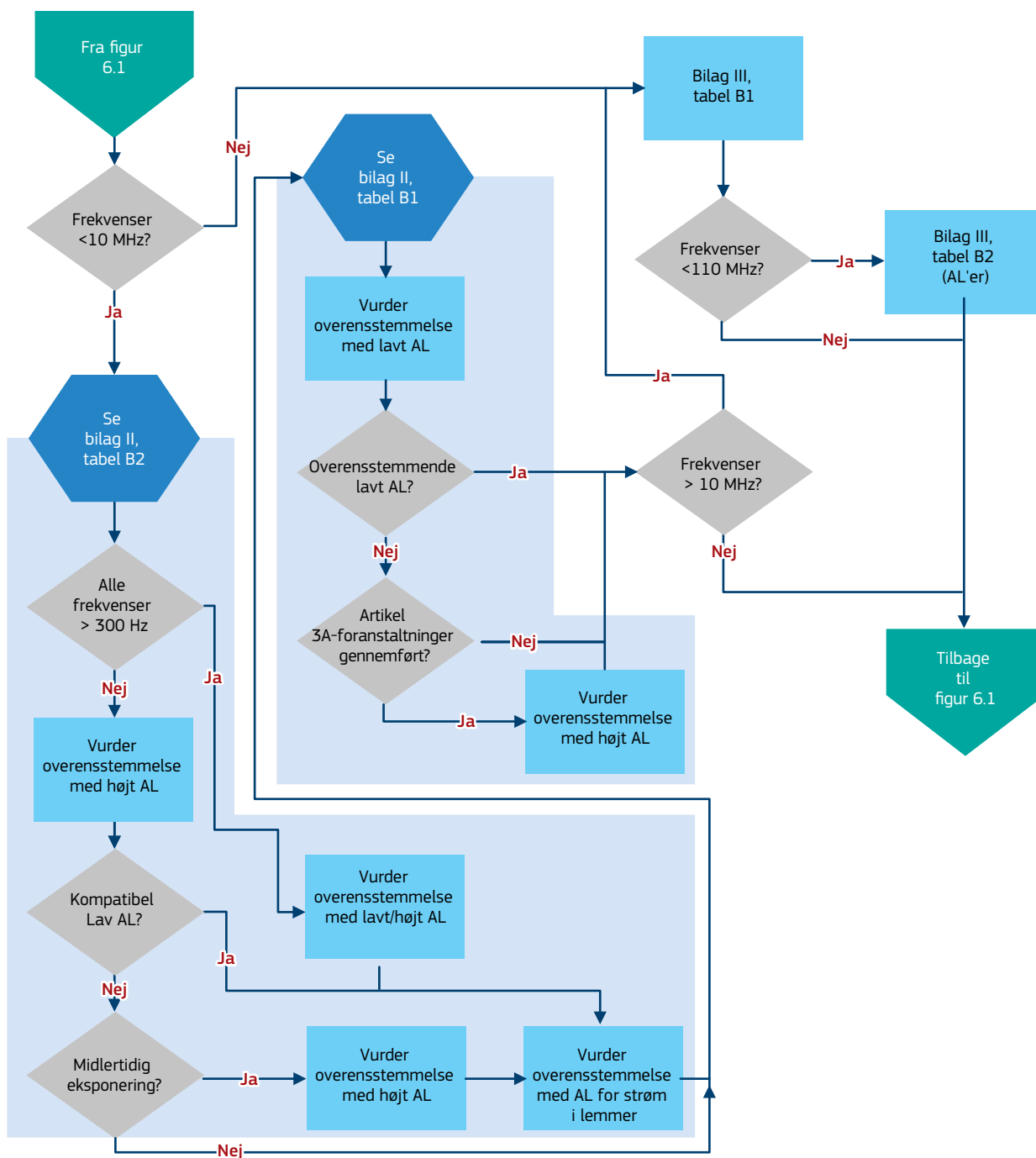
Figur 6.3. Skematisk oversigt over forholdet mellem eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer



6.1.1. Aktionsniveauer for elektriske felter (1 Hz-10 MHz)

I EMF-direktivet defineres to aktionsniveauer for lavfrekvente elektriske felter: lavt og højt. Begrebet lavt og højt aktionsniveau er illustreret i figur 6.3 ovenfor. Hvis det lave aktionsniveau overholdes, overskrides ingen af de gældende eksponeringsgrænseværdier, og der opstår ikke generende gnistudladninger til arbejdsområdet.

Figur 6.4. Flowdiagram for valg af aktionsniveauer for direkte virkninger (»Bilag« henviser til bilagene til direktivet om elektromagnetiske felter.)



Såfremt de elektriske feltstyrker ikke overstiger det lave aktionsniveau, overskrides ingen af de gældende eksponeringsgrænseværdier. Hvis de elektriske feltstyrker overskrider det lave aktionsniveau, er overensstemmelse med det høje aktionsniveau i sig selv ikke nok til at hindre generende gnistudladninger. I en sådan situation skal der derfor gennemføres yderligere tekniske, organisatoriske og, om nødvendigt, personlige beskyttelsesforanstaltninger for at begrænse gnistudladninger.

6.1.2. Aktionsniveauer for magnetiske felter (1 Hz-10 MHz)

I EMF-direktivet defineres tre aktionsniveauer for lavfrekvente magnetiske felter: lavt, højt og eksponering af lemmer.

De lave aktionsniveauer udledes af eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger (se afsnit 6.3.1). Det betyder, at overensstemmelse garanterer overensstemmelse med eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger og ELV'er for sundhedsmæssige virkninger. Lave aktionsniveauer har samme værdier som høje aktionsniveauer for frekvenser over 300 Hz.

Overensstemmelse med de høje aktionsniveauer garanterer overensstemmelse med de eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger, som de er udledt af, men det garanterer ikke overensstemmelse med eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger ved frekvenser under 300 Hz. De lave aktionsniveauer kan overskrides i henhold til EMF-direktivet, såfremt det kan påvises, at enten er eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger ikke overskredet, eller at der kun er tale om midlertidige overskridelser. Eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger må dog ikke overskrides. Arbejdstagerne skal desuden oplyses om mulige forbigående symptomer og fornemmelser. Hvis der indberettes forbigående symptomer, skal arbejdsgiveren om nødvendigt iværksætte en opdatering af risikovurderingen og forebyggelsesforanstaltningerne.

Overensstemmelse med aktionsniveauerne for eksponering af lemmer sikrer overensstemmelse med de eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger, som de er udledt af. Aktionsniveauerne for eksponering af lemmer tager højde for feltets svagere forbindelse til lemmerne og er derfor mindre restriktive end de høje aktionsniveauer. Anvendelse af aktionsniveauerne for eksponering af lemmer kan kun begrundes, hvis eksponering af hele kroppen for samme feltstyrke er usandsynlig. Deres anvendelse vil således være begrundet for en arbejdstager, der holder et værktøj, som genererer EMF, men ikke hvis værktøjet holdes ud for kroppen, når det anvendes (figur 6.5). Hvis der foretages vurdering af eksponering af lemmer i forhold til aktionsniveauet for eksponering af lemmer, er det normal praksis også at vurdere kroppens eksponering i forhold til det lave eller høje aktionsniveau.

Figur 6.5. Arbejdstager, der holder elværktøj tæt på kroppen. I denne situation er kroppens og lemmernes eksponering den samme, og overensstemmelse med lavt/højt aktionsniveau er begrænset.



6.1.3. Aktionsniveauer for elektriske og magnetiske felter (100 kHz–300 GHz)

For frekvenser mellem 100 kHz og 6 GHz definerer EMF-direktivet aktionsniveauer for elektrisk feltstyrke og magnetisk fluxtæthed, der er udledt af emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger. Da de bagvedliggende eksponeringsgrænseværdier er gennemsnitsværdier over tid, beregnes kvadratroden af aktionsniveauet som middelværdi for en periode på seks minutter.

For frekvenser over 6 GHz definerer EMF-direktivet aktionsniveauer for elektrisk feltstyrke, magnetisk fluxtæthed og effekttæthed. Aktionsniveauet for effekttæthed beregnes som middelværdi for et eksponeret område på 20 cm², såfremt den lokale maksimale effekttæthed beregnet som middelværdi for 1 cm² ikke overskrider 20 gange aktionsniveauet(S). Aktionsniveauer for effekttæthed beregnes også som middelværdi for en periode på seks minutter for frekvenser op til 10 GHz og over en periode på 68/f1,05 minutter for højere frekvenser (hvor f er frekvensen i GHz). Derefter bliver middelværditiden gradvis mindre ved stigende frekvens, hvilket afspejler den lavere indtrængningsdybde.

For frekvenser over 6 GHz er aktionsniveauerne for elektrisk feltstyrke og magnetisk fluxtæthed udledt af emissionsgrænseværdien for effekttæthed. Selv om det ikke er anført udtrykkeligt i EMF-direktivet, bør kriterierne for lokal beregning af middelværdier og middelværdier over tid for AL(S) også gælde for [AL(E)]² og [AL(B)]² ved frekvenser over 6 GHz.

6.1.4. Aktionsniveauer for induceret strøm i lemmer (10–110 MHz)

EMF-direktivet angiver aktionsniveauer for størrelsen af den radiofrekvensstrøm, der induceres i lemmerne på en arbejdstager, som eksponeres for et radiofrekvensfelt. Da dette aktionsniveau vedrører opvarmning af væv, beregnes kvadratroden af aktionsniveauet som middelværdi for en periode på seks minutter.

6.2. Aktionsniveauer for indirekte virkninger

EMF-direktivet angiver aktionsniveauer med det formål at beskytte mod visse indirekte virkninger af EMF. Processen for valg af aktionsniveauer for indirekte virkninger er illustreret i flowdiagrammet i figur 6.6.

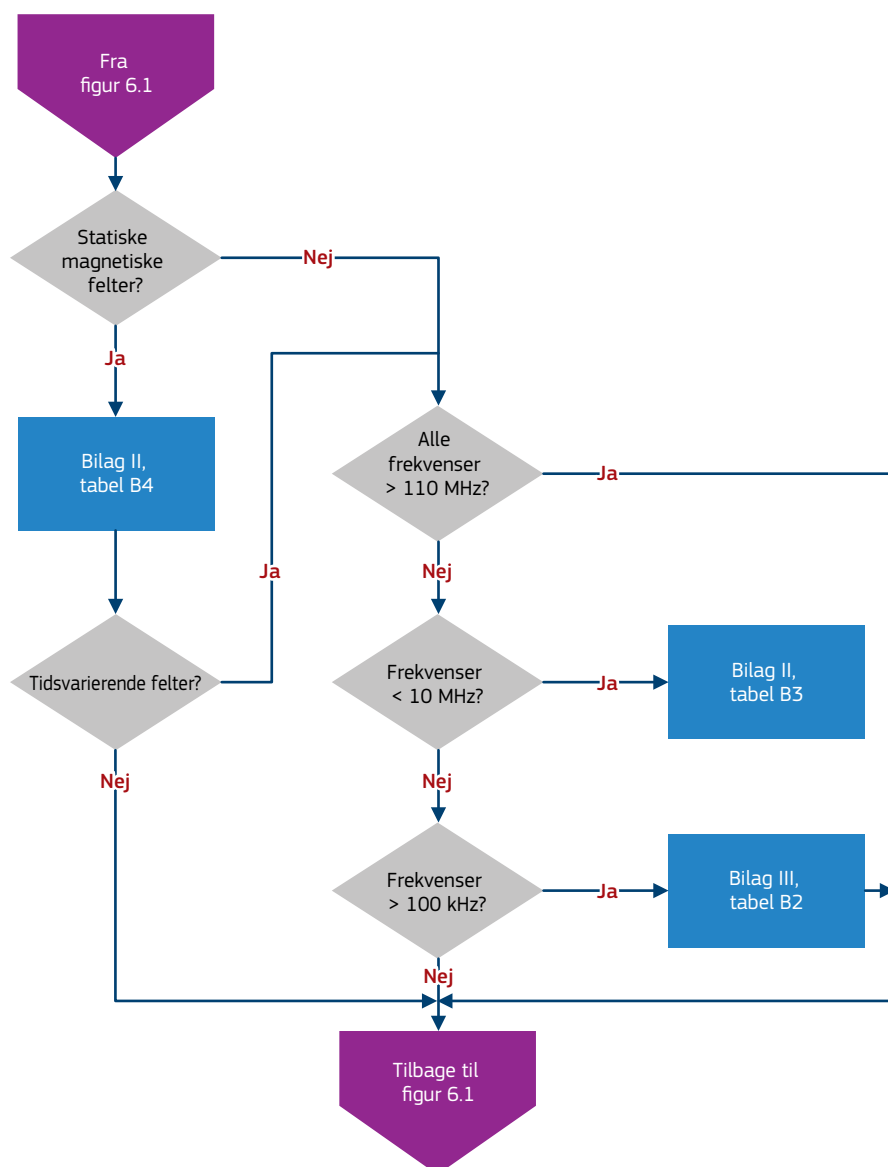
6.2.1. Aktionsniveauer for statiske magnetiske felter

Et aktionsniveau på 0,5 mT begrænser interferensen med funktionen af aktivt, implanteret medicinsk udstyr. I henhold til EMF-direktivet begrænser et aktionsniveau på 3 mT endvidere projektilrisikoen i det perifere område af kraftige feltkilder (> 100 mT).

6.2.2. Aktionsniveauer for kontaktstrømme (op til 110 MHz)

EMF-direktivet angiver aktionsniveauer for stationær kontaktstrøm for at begrænse risikoen for stød og forbrænding, når en person berører en ledende genstand i et felt, hvor den ene er jordforbundet, og den anden ikke er det.

Figur 6.6. Flowdiagram for valg af aktionsniveauer for indirekte virkninger
 (»Bilag« henviser til bilagene til direktivet om elektromagnetiske felter.)

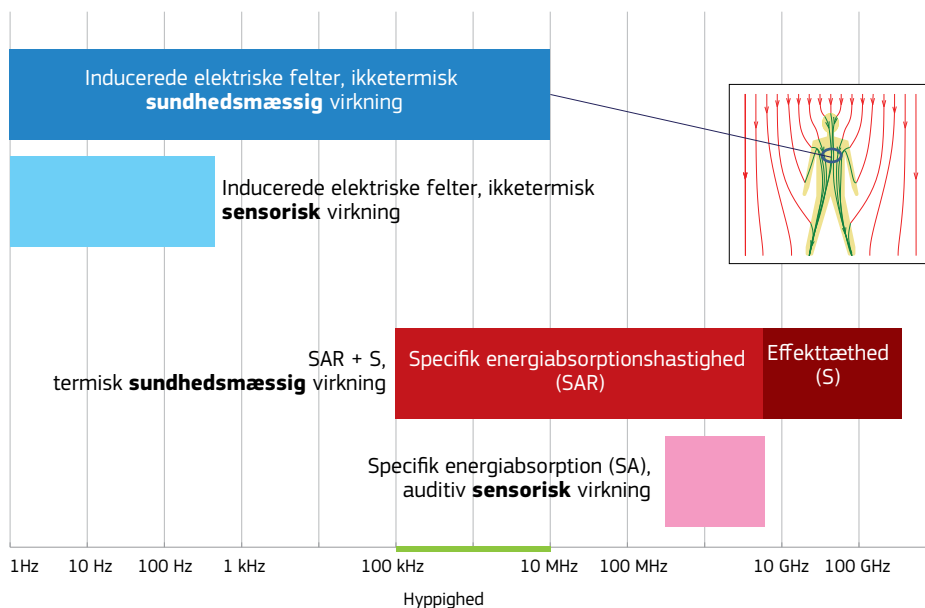


6.3. Eksponeringsgrænseværdier

6.3.1. Eksponeringsgrænseværdier for sensoriske og sundhedsmæssige virkninger

EMF-direktivet definerer separate eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger og for sundhedsmæssige virkninger (figur 6.7). Eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger gælder kun for specifikke frekvensområder (0-400 Hz og 0,3-6 GHz). For lavfrekvenser opfattes feltet ved lavere eksponeringsniveauer end de niveauer, der har indvirkning på sundheden. Emissionsgrænseværdier for sensoriske termiske virkninger er fastsat ud fra hensigten om at undgå virkningen af »mikrobølgehørelse«, som kun opstår under særlige betingelser (se bilag B). I modsætning dertil gælder eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger for alle frekvenser. Det er generelt tilladt midlertidigt at overskride eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger i korte perioder, såfremt visse betingelser opfyldes.

Figur 6.7. Frekvensområder, hvor forskellige eksponeringsgrænseværdier finder anvendelse



Blå søjler angiver ikke-termiske virkninger, og røde søjler angiver termiske virkninger.

6.3.2. Eksponeringsgrænseværdier (0-1 Hz)

Eksponeringsgrænseværdier i frekvensområdet 0-1 Hz er defineret med hensyn til ekstern magnetisk fluxtæthed (tabel A1 i bilag II til EMF-direktivet). Eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger fastsættes for at forhindre svimmelhed og andre perceptionsvirkninger. Sådanne virkninger følger primært af elektriske felter, der induceres i væv, når kroppen bevæges i et stærkt statisk magnetisk felt, selv om der i dag også foreligger dokumentation for, at de kan forekomme uden bevægelse. I et kontrolleret arbejdsmiljø, hvor bevægelse i feltet er begrænset, og arbejdstagere er informeret, kan midlertidig overskridelse af eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger tillades, såfremt det begrundes af den anvendte praksis eller proces. I dette tilfælde må eksponeringer ikke overskride emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger.

6.3.3. Eksponeringsgrænseværdier (1 Hz-10 MHz)

Eksponeringsgrænseværdierne i frekvensområdet 1 Hz-10 MHz er defineret med hensyn til indre elektriske felter, der induceres i kroppen (tabel A2 og tabel A3 i bilag II til EMF-direktivet).

For frekvenser op til 400 Hz er der fastsat eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger og eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger. Eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger har til formål at forhindre retinalefosfener og mindre forbigående ændringer af visse hjernefunktioner. Som følge deraf gælder de kun for centralnervesystemets væv i den eksponerede arbejdstagers hoved.

Eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger gælder for alle frekvenser mellem 1 Hz og 10 MHz og har til formål at forhindre stimulering af perifere og centrale nerver. Disse eksponeringsgrænseværdier gælder derfor for alt væv i hele den eksponerede arbejdstagers krop.

6.3.4. Eksponeringsgrænseværdier (100 kHz-300 GHz)

For frekvenser i området 100 kHz-6 GHz afhænger den opvarmning, der følger af eksponeringen, af den hastighed, hvormed energi absorberes i væv. Den defineres af den specifikke energiabsorptions-hastighed (SAR), som anvendes til at angive eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger med separate værdier for helkropseksponering og lokal eksponering (tabel A1 i bilag III til EMF-direktivet). Helkropsværdierne beskytter mod varmemstress og hedeslag og beregnes som gennemsnitlig helkrops-SAR. De lokale værdier beskytter mod termiske virkninger på specifikke væv og beregnes som SAR-middelværdi for en masse af 10 g sammenhængende væv. Både helkrops-SAR og lokal SAR beregnes som middelværdier for en periode på seks minutter.

For frekvenser i området 300 MHz-6 GHz er der også fastsat eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger, der har til formål at forhindre fænomenet »mikrobølgehørelse«, der følger af eksponering for pulserende felter (tabel A2 i bilag III til EMF-direktivet). Disse angives med hensyn til specifik absorption (SA) beregnet som middelværdi for en masse af 10 g i hovedet.

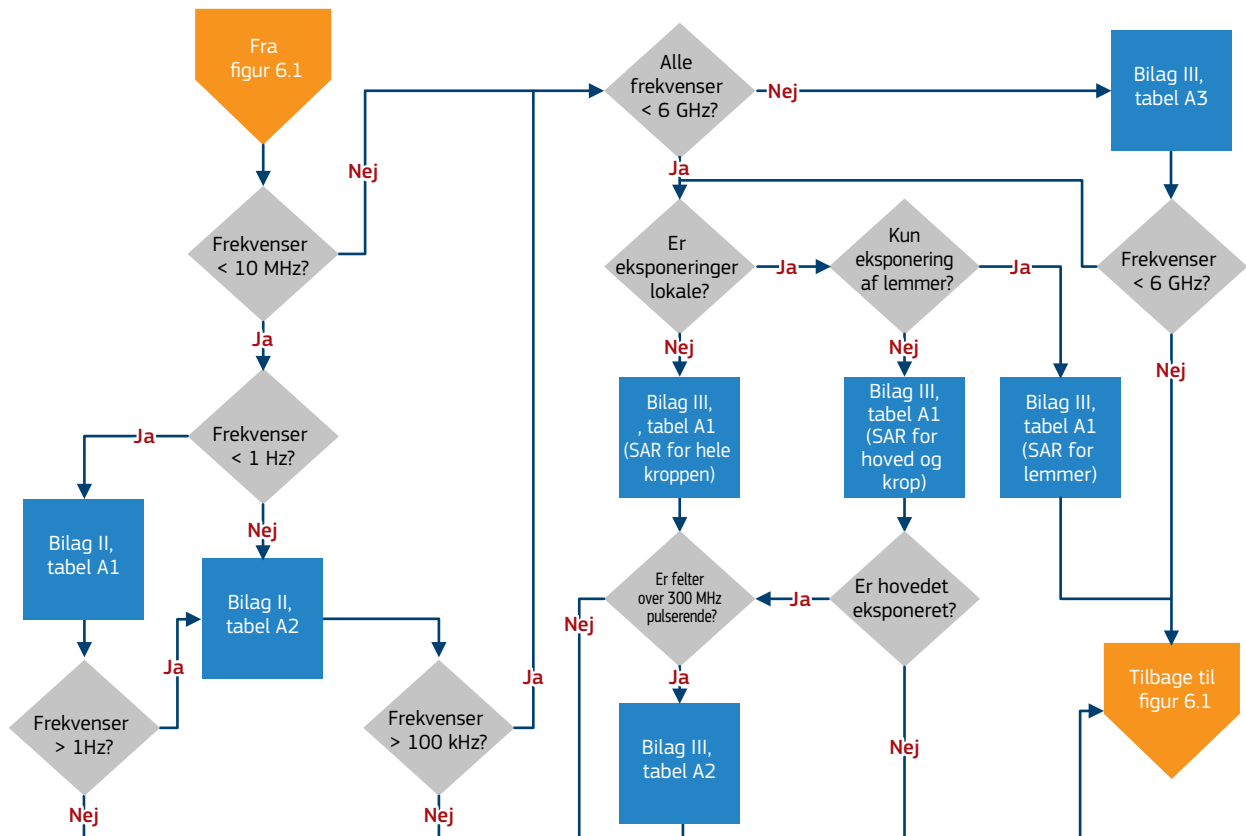
Indtrængning af EMF i kroppen falder med frekvensen i radiofrekvensområdet, og for frekvenser over 6 GHz absorberes næsten hele feltet på kroppens overflade. Det betyder, at det for disse frekvenser er meget mere relevant at begrænse effekttætheden på kroppens flade end at begrænse den hastighed, hvorved energi absorberes i vævsmasse. Effekttætheden beregnes som middelværdi for 20 cm², idet der er fastsat en grænse for den maksimale middelværdi over 1 cm². For frekvenser i området 6-10 GHz beregnes effekttætheden som middelværdi for en periode på seks minutter. Derefter falder middelværditiden med stigende frekvens, hvilket afspejler den lavere indtrængningsdybde (tabel A3 i bilag III til EMF-direktivet).

6.4. Undtagelser

I artikel 10 af EMF-direktivet indrømmes en betinget undtagelse fra artikel 3 (eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer) i tre situationer. Artikel 10 berører ikke arbejdsgiverens generelle forpligtelse i henhold til artikel 5, stk. 1, til at sikre, at risici forårsaget af elektromagnetiske felter på arbejdsstedet fjernes eller begrænses til et minimum.

Den første undtagelse, som vedrører brugen af magnetisk resonansbilleddannelse (MRI) i sundhedssektoren, er fast. De øvrige undtagelser er omfattet af medlemsstaternes skønsbeføjelser.

Figur 6.8. Flowdiagram for valg af eksponeringsgrænseværdier



6.4.1. MRI-undtagelse

Eksponeringer vedrørende installation, afprøvning, anvendelse, udvikling, vedligeholdelse eller forskning i tilknytning til anvendelsen af MRI til patienter i sundhedssektoren kan overstige eksponeringsgrænseværdierne, såfremt:

- (i) risikovurderingen har påvist, at eksponeringsgrænseværdierne er overskredet
- (ii) samtlige tekniske og/eller organisatoriske foranstaltninger under hensyn til den tekniske udvikling er indført
- (iii) omstændighederne behørigt begrundet overskridelsen af eksponeringsgrænseværdierne
- (iv) arbejdsstedets, arbejdsudstyrets eller arbejdsmetodernes særlige karakteristika er taget i betragtning
- (v) arbejdsgiveren påviser, at arbejdstagerne fortsat er beskyttet mod sundhedsskadelige virkninger og sikkerhedsrisici, herunder sikrer, at de instrukser for sikker brug, som fabrikanten af udstyret har givet, er blevet fulgt.

Yderligere vejledning til arbejdsgivere om overensstemmelse med MRI-undtagelsen findes i bilag F i denne vejledning.

6.4.2. Undtagelse for militæret

Medlemsstaterne kan tillade, at der gennemføres et tilsvarende beskyttelsessystem for personale, der arbejder i operationelle militære anlæg eller er involveret i militæraktiviteter. Denne undtagelse indrømmes, såfremt sundhedsskadelige virkninger og sikkerhedsrisici forebygges.

6.4.3. Generel undtagelse

Medlemsstaterne kan tillade en midlertidig overskridelse af eksponeringsgrænseværdierne i visse sektorer eller i forbindelse med visse aktiviteter, der ikke er omfattet af de to andre undtagelser, under behørigt begrundede omstændigheder. Ved »behørigt begrundede omstændigheder« forstås omstændigheder, der opfylder følgende betingelser:

- (i) Risikovurderingen har påvist, at eksponeringsgrænseværdierne er overskredet.
- (ii) Samtlige tekniske og/eller organisatoriske foranstaltninger under hensyn til den tekniske udvikling er indført.
- (iii) Arbejdsstedets, arbejdsudstyrets eller arbejdsmetodernes særlige karakteristika er taget i betragtning.
- (iv) Arbejdsgiveren påviser, at arbejdstagerne fortsat er beskyttet mod sundhedsskadelige og sikkerhedsmæssige risici, herunder ved anvendelse af sammenlignelige, mere specifikke og internationalt anerkendte standarder og retningslinjer.

7. BRUG AF DATABASER OG FABRIKANTERS EMISSIONSDATA

Oplysninger om eksponering kan i nogle tilfælde fås fra fabrikanter af udstyr. Mange offentlige institutioner, faglige organer og branchesammenslutninger udvikler og vedligeholder databaser med generiske vurderinger af eksponering. Hvis sådanne oplysninger er tilgængelige og relevante, kan arbejdsgivere bruge dem til på en enkel måde at påvise overensstemmelse med EMF-direktivet. De fleste arbejdsgivere ønsker naturligvis at undersøge denne mulighed, inden de overvejer at vurdere eksponeringer ved hjælp af målinger eller beregninger.

7.1. Brug af oplysninger fra fabrikanter

Det er vigtigt, at arbejdsgivere anerkender, at deres ansvar i henhold til EMF-direktivet vedrører arbejdstagerens samlede eksponering og ikke kun eksponering fra et bestemt apparat. Vurderingen skal derfor tage højde for eksponeringen fra alle kilder i arbejdsområdet. Hvis fabrikanter udleverer oplysninger, vedrører de kun netop det udstyr, de producerer.

For de fleste typer udstyr fortaber feltet sig meget hurtigt med afstanden til kilden (se figur 3.2). Det betyder, at arbejdstagernes eksponering i mange tilfælde domineres af én udstyrsenhed eller i værste fald få udstyrsenheder umiddelbart i nærheden af arbejdspladsen. Det betyder, at arbejdsgivere ofte har brug for oplysninger om den måde, hvorpå felter bliver svagere med afstanden fra udstyret. Når arbejdsgiverne vurderer bidragene fra flere kilder til arbejdstagernes eksponering, bør de ikke glemme felter, der genereres af tilknyttede anlæg, f.eks. forsyningskabler, strømforsyninger og koblingsudstyr.

Oplysninger fra fabrikanter kan give arbejdsgiverne en simpel løsning på problemet med at vurdere eksponering, men de skal dog være forsigtige med at bruge sådanne oplysninger. Der er mange grunde til, at fabrikanter udleverer oplysninger om EMF forbundet med deres udstyr. En fabrikant kan f.eks. oplyse om den feltstyrke, der genereres af udstyr, fordi det er vigtigt for udstyrets funktion og dermed udgør en del af specifikationerne. Oplysninger gives i nogle tilfælde også for at påvise overensstemmelse med elektromagnetiske kompatibilitetskrav i europæiske produktdirektiver (se bilag G). Disse oplysninger kan være relevante for sikkerhedsproblemer, der følger af interferens, men de er ikke relevante for vurderingen af eksponering.

De mest anvendelige oplysninger set med arbejdsgiverens øjne er en vurdering af de typiske arbejdstagereksponeeringer ved normal brug af udstyret og en angivelse af den måde, hvorpå felter fortaber sig med afstanden fra udstyret. Alternativt vil en angivelse af feltstyrkerne i forhold til aktionsniveauerne ved forskellige tilgængelige positioner omkring udstyret sætte arbejdsgivere i stand til at foretage deres egen overensstemmelsesvurdering, mens udstyret anvendes.



Det vigtigste: oplysninger fra databaser og fabrikanter

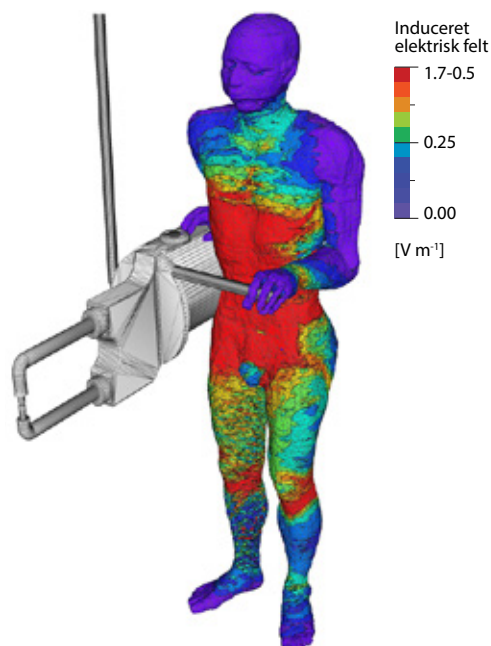
Når oplysninger er tilgængelige fra databaser og fabrikanter, giver de arbejdsgivere en meget enklere metode til at påvise overensstemmelse i forhold til at gennemføre en særlig vurdering. Leverandører af udstyr er retligt forpligtede til at sikre, at emissioner ikke er farlige for mennesker (se bilag H). De skal også give oplysninger om de tilbageværende risici og sandsynlige emissioner, der kan forvolde skader på mennesker, herunder personer med implanteret medicinsk udstyr.

7.1.1. Grundlag for fabrikantens vurdering

Nogle fabrikanter offentliggør vurderinger af deres udstyr, som er gennemført ved hjælp af standardprocedurer. Mange målestandarder er dog fastlagt på grundlag af emissioner og ikke på grundlag af menneskers eksponering. Disse emissionsstandarder er udviklet, så de kan anvendes som standardprocedurer ved laboratorietest af det EMF-niveau, der frembringes af bestemte typer elektrisk udstyr. De har fokus på feltværdien på et bestemt punkt i rummet og kan anvendes til at sammenligne forskellige enheder eller apparater. De er dog ofte knap så anvendelige til at vurdere eksponering i forhold til aktionsniveauer eller eksponeringsgrænseværdier ved normal brug.

Den gældende harmoniserede standard for overensstemmelsestest af svejsedstyr anbefaler f.eks., at felter måles 20 cm fra svejsekablet, da det giver målinger, som nemmere kan reproduceres. Ved almindelig brug kan kablet dog komme i kontakt med arbejdstagerens krop og kan være placeret tæt på følsomt væv i arbejdstagerens hoved. Figur 7.1 illustrerer en punktsvejsetang, der holdes tæt på arbejdstagerens krop og inden for de angivne 20 cm. Det anerkendes, at denne mangel skal afhjælpes i kommende udgaver af standarden.

Figur 7.1. Fordeling af induceret elektrisk felt i menneskemodel fra eksponering for en punktsvejsetang. I dette eksempel er kilden til det elektromagnetiske felt placeret betydeligt mindre end 20 cm væk fra kroppen.



Bemærk: Eksemplet i denne figur gives alene som illustration og bør ikke overføres til en specifik situation.

Dette viser, at det er vigtigt at forstå, hvilken standard der blev anvendt, og til hvilket formål oplysningerne blev genereret, inden oplysninger fra fabrikanten anvendes.

7.2. Databaser med vurderinger

Databaser med generiske vurderinger for bestemte industrisektorer kan være til stor hjælp. De er udviklet af offentlige institutioner, faglige organer eller branchesammenslutninger. Det primære mål bør altid være at spare de enkelte arbejdsgivere for den tid og de udgifter, der kræves for at udføre særlige vurderinger. Hvis udstyr og arbejdsmetoder er forholdsvis standard, er dette en pragmatisk og omkostningseffektiv løsning.

Når arbejdsgivere overvejer at bruge oplysninger hentet fra databaser, bør de sikre sig, at udstyret anvendes som foreskrevet i både databasевurderingen og for deres eget arbejdssted. Vurderingsoplysningerne er desuden ikke relevante, hvis udstyret er betydeligt ældre eller yngre eller ikke er blevet vedligeholdt korrekt.

Europa-Kommissionen har støttet et projekt vedrørende udvikling af en softwarepakke, der har til formål at bistå arbejdsgivere, som udfører vurderinger af svejseprocesser og andre dermed forbundne processer. Yderligere oplysninger om dette projekt findes via EMF Weld-webstedet (www.emfweld.com).

7.3. Information fra fabrikanter

Fabrikanter, der leverer udstyr, som er omfattet af anvendelsesområdet for maskindirektivet (se bilag G), har særlige forpligtelser til at fremlægge bestemte oplysninger. For at opfylde de væsentlige krav skal fabrikanter f.eks. fremlægge oplysninger om tilbageværende risici og beskyttelsesforanstaltninger, som brugeren skal gennemføre.

Hvis en maskine kan udsende ikke-ioniserende stråler, der kan være til fare for personer, især personer med implanteret medicinsk udstyr, skal fabrikanten fremlægge oplysninger om den emission, som operatøren og andre personer udsættes for.

7.3.1. Vurderingsstandarder

Standardiseringsudvalg udvikler aktivt standarder, der kan vejlede fabrikanter gennem processen for vurdering af emissioner i forhold til de aktionsniveauer og eksponeringsgrænseværdier, der er anført i EMF-direktivet. I nogle tilfælde angives det i disse standarder også, hvordan resultaterne af en vurdering skal rapporteres til købere af udstyr.

En fabrikant skal derfor som det første skridt undersøge, om der er offentliggjort en relevant standard, som vedrører det gældende EMF-direktiv. Hvis der findes en relevant standard, som indeholder oplysninger om rapporteringen af vurderingsresultater, bør fabrikanten benytte den.

Fabrikanter kan også vælge at fremlægge yderligere oplysninger, som ikke er anført i standarden, hvis de mener, det kan være en hjælp for en køber.

7.3.2. Hvis der ikke foreligger en relevant standard

Hvis der ikke foreligger en relevant standard, som kan vejlede fabrikanten, vil følgende vurderingsoplysninger sætte købere i stand til at udføre tilstrækkelige vurderinger på deres arbejdssteder.

De første tre oplysninger bør gives køberen sammen med baggrundsoplysninger om de typer af virkninger, der forventes, og hvordan vurderingen er udført. Det er især vigtigt, at køberen ved, om driftsbetingelserne under vurderingen har betydning for den måde, hvorpå de anvender udstyret.

De næste to oplysninger hjælper med at forstå de eksponeringer, operatøren udsættes for, og afgøre, om der skal gennemføres restriktioner eller oplæring af personalet.

De sidste to oplysninger kan bruges til at fortage en enkel vurdering af virkningen, hvis flere udstyrsheder anbringes inden for det samme område. Arbejdsgivere kan bruge de kurver, der viser de procentdele af aktionsniveauet eller af referenceniveauerne, der er fastsat i Rådets henstilling 1999/519/EF, til at foretage en enkel vurdering af den kumulative virkning, hvis flere udstyrsheder anbringes inden for det samme område.

Denne metode fører ofte til en overestimering af de frembragte feltstyrker. Det skyldes, at kilder ikke er aktive samtidig, og at felter ofte ophæves på grund af faseforskelle. Metoden er dog nem at anvende og vil gøre det nemt for de fleste købere at påvise overensstemmelse.

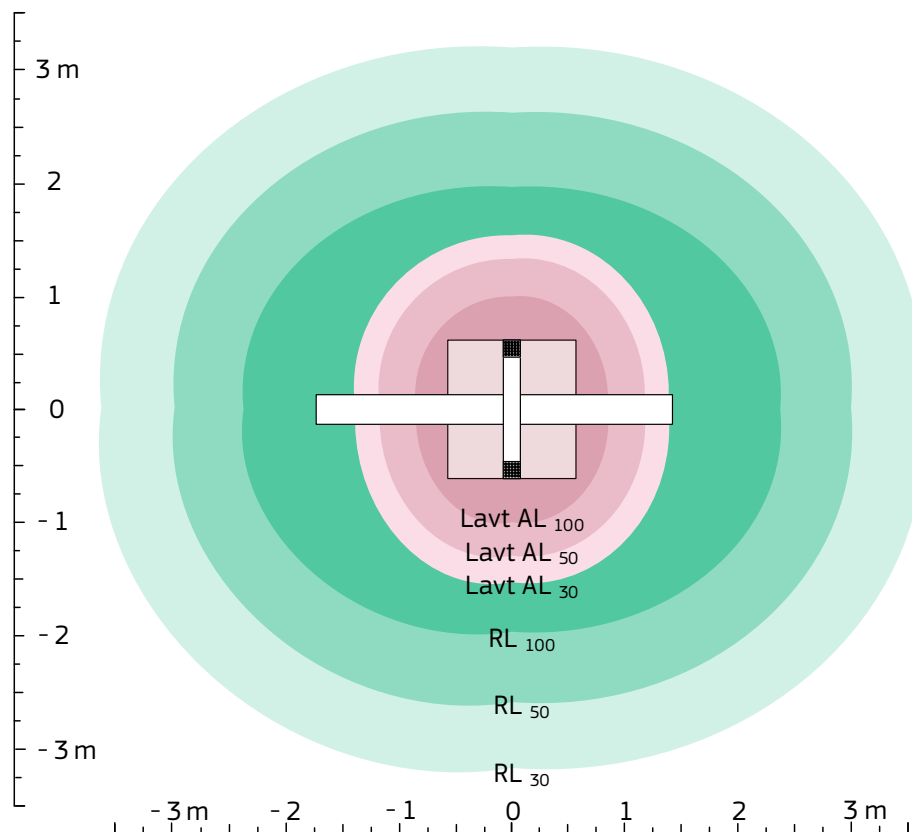
Tabel 7.1. Oplysninger, der bør fremlægges af fabrikanter

Forhold, der skal indgå i en arbejdspladsvurdering:	<ul style="list-style-type: none"> • ikketermiske virkninger • termiske virkninger • indirekte virkninger (angives).
Driftsforhold, hvorunder vurderingen er udført:	<ul style="list-style-type: none"> • maksimal effekt ved kilde • worst case-forhold (angives) • typiske forhold (angives).
Beregning af middelværdi for vurderingsresultat:	
<ul style="list-style-type: none"> • lokal • tid. 	
Overstiger eksponeringen ved operatørens sædvanlige position, når udstyret anvendes efter anvisningerne:	
<ul style="list-style-type: none"> • lavt AL • højt AL • AL for eksponering af lemmer 	} ELLER { <ul style="list-style-type: none"> • ELV for sensoriske virkninger • ELV for sundhedsmæssige virkninger
Overstiger eksponeringen ved operatørens sædvanlige position, når udstyret anvendes efter anvisningerne, de relevante værdier fastsat Rådets henstilling 1999/519/EF for:	
<ul style="list-style-type: none"> • referenceniveau 	ELLER <ul style="list-style-type: none"> • basisrestriktion
Hvis feltstyrkerne overstiger et eller flere aktionsniveauer, angives de maksimale afstande eller helst en højdekurve, for følgende procentdele af aktionsniveauet:	
<ul style="list-style-type: none"> • 100 % • 50 % • 30 % 	
Hvis feltstyrkerne overstiger et eller flere referenceniveauer, angives de maksimale afstande eller helst en højdekurve, for følgende procentdele af referenceniveauet:	
<ul style="list-style-type: none"> • 100 % • 50 % • 30 % 	

Generelt begrænser fysiske hensyn det antal enheder, der kan anbringes i nærheden af hinanden. Eftersom felter oftest fortaber sig med afstand (se kapitel 3), vil udstyr placeret længere væk næppe bidrage væsentligt til eksponeringen.

Figur 7.2 illustrerer højdekurver for udstyr.

Figur 7.2. Illustration af højdekurver, der kan udleveres af fabrikanter for at hjælpe brugere med at sikre, at den kumulative virkning af flere udstyrsenheder på arbejdsstedet ikke medfører en overskridelse af aktionsniveauerne.



I eksemplet vises en generisk udstyrsenhed med kurver, der viser de afstande, hvor feltet er lig med 100 %, 50 % og 30 % (vist med højstillede tal) af det relevante aktionsniveau. Tilsvarende kurver fremlægges for referenceniveauerne i Rådets henstilling 1999/519/EF (vist med RL) som en hjælp til at vurdere særligt udsatte arbejdstageres eksponering.

8. BEREGNING ELLER MÅLING AF EKSPONERING

Vurderingen af EMF-eksponeringer er en opgave for eksperter, og kun få arbejdsgivere har den nødvendige ekspertise til selv at udføre sådanne vurderinger. Anvendelse af en ekstern konsulent kan dog være en dyr affære. Generelt skal arbejdsgivere veje disse omkostninger op mod omkostningerne til gennemførelse af simple beskyttelses- eller forebyggelsesforanstaltninger (se kapitel 9). Når arbejdsgivere overvejer de tilgængelige muligheder, skal de huske, at resultatet af en vurdering under alle omstændigheder kan være et krav om gennemførelse af beskyttelses- eller forebyggelsesforanstaltninger. Som tidligere nævnt i denne vejledning fortaber felter sig ofte hurtigt med afstand, og restriktioner for adgangen til området umiddelbart omkring udstyret kan derfor være en billig og effektiv løsning.

8.1. EMF-direktivets krav

EMF-direktivet indeholder et klart krav om, at arbejdsgivere skal vurdere risiciene for deres arbejdstagere som følge af elektromagnetiske felter på arbejdsstedet. Som en del af risikovurderingen skal arbejdsgivere identificere og vurdere EMF på arbejdsstedet. Det behøver dog ikke omfatte beregninger eller målinger, da arbejdsgivere kan benytte emissionsdata og andre sikkerhedsrelaterede data fremlagt af fabrikanter eller distributører. Kun hvis overensstemmelse med eksponeringsgrænseværdier ikke kan påvises pålideligt på anden måde, skal arbejdsgivere foretage beregninger eller målinger.

Hvis fabrikanter har fremlagt eksponeringsdata eller vurderinger af risici, er det generelt en enklere og billigere løsning til at påvise overensstemmelse. Hvis relevante generiske vurderingsdata er tilgængelige fra offentlige institutioner, faglige organer eller branchesammenslutninger, vil det være lettere for mange arbejdsgivere at anvende disse end selv at gennemføre eksponeringsvurderinger. Begge disse muligheder er beskrevet i yderligere detaljer i kapitel 7.

8.2. Arbejdspladsvurderinger

Hvis en arbejdsgiver beslutter, at det er nødvendigt at udføre en vurdering af eksponeringen på arbejdsstedet, er der ofte en række forskellige muligheder. Arbejdsgiveren skal først afgøre, om vurderingen skal vurderes ved hjælp af beregning eller måling. Begge løsninger kan bruges til at påvise overensstemmelse med EMF-direktivet, og begge giver en række muligheder af varierende kompleksitet.

Simple vurderingsmetoder er ofte baseret på forudsætninger og approksimationer, der bevirker, at eksponeringen overestimeres. Mere komplekse vurderingsmetoder vil derfor sandsynligvis føre til mindre overensstemmelsesafstande, men vil sandsynligvis være dyrere med hensyn til både tid og penge. Den løsning, der vælges, afhænger således af de særlige forhold omkring både arbejdet og arbejdsstedet. For mange arbejdsgivere vil en forholdsvis simpel vurdering dog være fuldstændig tilstrækkelig.

Vurdering af EMF-eksponering er ofte en kompleks opgave. Arbejdsgivere, der ønsker selv at vurdere eksponeringer, skal derfor undersøge, om de personer, der varetager opgaven, har den fornødne kompetence. Kun få arbejdsgivere råder over de nødvendige kundskaber og kompetencer internt, og for de fleste vil det være en betydelig udgift at tilvejebringe sådanne kompetencer.

For vurderinger baseret på målinger pådrager de sig yderligere udgifter, idet de skal anskaffe sig de nødvendige instrumenter og sørge for, at de altid er kalibreret. De ansvarlige for vurderingen skal forstå de tekniske krav, der stilles til instrumenter, så de kan sikre sig, at de anskaffer sig det rigtige udstyr. De skal også vide, hvordan de anvender instrumentet i praksis, og kende til eventuelle faldgruber. De skal vide, at målinger repræsenterer et øjeblikbillede, som er afhængigt af driftsparametrene for udstyret på måletidspunktet. Hvis vurderinger er sjældne, kan det være mere omkostningseffektivt at leje instrumenter hos en anerkendt leverandør.

Endelig skal det erkendes, at udførelsen af en vurdering ikke kun handler om at måle felter. Det er vigtigt at vurdere karakteren af det arbejde, der udføres, så det kan afgøres, hvor arbejdstagerne er placeret. For frekvenser, hvor tidsmæssig beregning af middelværdier accepteres, er det vigtigt at registrere driftsperioderne for udstyret og estimere, hvor længe arbejdstagere befinder sig i nærheden.

8.3. Særlige tilfælde

Der er en række situationer, hvor eksponeringerne er usædvanligt komplekse. Nogle af disse er beskrevet i yderligere detaljer i bilag D, som det fremgår af tabel 8.1.

Tabel 8.1. Yderligere vejledning om vurdering af komplekse eksponeringer

Scenarie for vurdering	Bilag
Ikkehomogen eksponering	D2
Eksponering for felter med frekvenser mellem 100 kHz og 10 MHz	D3
Samtidig eksponering for komponenter med flere frekvenser	D3
Eksponering for ikke-sinusformede felter	D3
Vurdering af felter med frekvenser fra 0-1 Hz	D4

8.4. Yderligere assistance

Hvis arbejdsgivere ikke allerede har den fornødne ekspertise og de instrumenter — hvis der er tale om målinger — der skal bruges til at foretage vurderingerne, kræver dette en betydelig investering. Det kan kun betale sig for de færreste arbejdsgivere.

Arbejdsgivere, der indhenter ekstern assistance, skal være opmærksomme på, at de kan indhente den fra forskellige udbydere. Følgende typer organisationer har ofte den fornødne ekspertise og de fornødne instrumenter:

- nationale arbejdsmiljøinstitutioner
- visse lokale eller nationale myndigheder tilbyder billige vurderingstjenester til arbejdsgivere inden for deres område
- forskningsinstitutioner (f.eks. universiteter)
- fabrikker af måleudstyr eller deres agenter
- specialiserede konsulentvirksomheder.

Når en arbejdsgiver kontakter en ekstern udbyder med henblik på assistance, skal han sikre sig, at vedkommende er kompetent til at levere de krævede tjenester. Arbejdsgivere bør anmode om dokumentation for, at tjenesteudbyderen:

- stiller personale, som har kendskab til og erfaring med anvendelsen af relevante eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer samt de krævede beregningsmetoder, til rådighed
- stiller personale, som har kendskab til og erfaring med den krævede type vurdering, til rådighed
- anvender instrumenter, der kan måle de omhandlede felter, under hensyntagen til faktorer, som f.eks. frekvenskomponenter, pulskarakteristika og bølgeformer
- kan dokumentere sporbarhed af kalibrering i forhold til en hensigtsmæssig national standard
- kan vurdere usikkerheden i forbindelse med en måling, der er foretaget.

Arbejdsgiveren er afhængig af, at den eksterne udbyder vælger hensigtsmæssige aktionsniveauer eller eksponeringsgrænseværdier og genererer data, der kan bruges til sammenligning. Udbydere skal have et kvalitetssikringsystem, der sikrer, at deres data er pålidelige. De skal også fremlægge en skriftlig rapport, som forklarer arbejdsgiveren, hvad vurderingen betyder, og som angiver klare konklusioner. Hvis det er relevant, bør rapporten også indeholde anbefalinger til yderligere foranstaltninger.



Det vigtigste: måling eller beregning af eksponering

Vurdering af eksponering ved hjælp af måling eller beregning er generelt en kompleks opgave og bør undgås, hvis oplysninger kan indhentes fra andre kilder, som f.eks. fabrikanter eller databaser. Hvis det er nødvendigt at foretage en vurdering, bør arbejdsgiverne nøje overveje, om de selv har kompetencerne til at varetage denne opgave.

For mange arbejdsgivere vil det være mere omkostningseffektivt at indhente ekstern assistance. I det tilfælde skal de imidlertid forvise sig, at tjenesteudbydere har de nødvendige instrumenter, kompetencer og erfaringer til at gennemføre vurderingen.

Afsnit 4

SKAL DER GØRES MERE?

9. FOREBYGGELSES- OG BESKYTT- TELSESFORANSTALTNINGER

Valget af hensigtsmæssige beskyttelses- eller forebyggelsesforanstaltninger i en specifik situation afhænger af resultatet af risikovurderingen. Den vil give oplysninger om, hvor farlige eksponeringer der kan opstå. Valget af foranstaltninger til styring af risiciene afhænger også af karakteren af det arbejde, der skal udføres.

Hvis det kan fastlægges, at aktionsniveauer (AL'er) eller eksponeringsgrænseværdier (ELV'er) ikke overskrides, og der ikke er væsentlige risici fra indirekte virkninger eller for særligt udsatte arbejdstagere, er der ikke behov for yderligere foranstaltninger.

For områder, hvor der er risiko for overskridelse af aktionsniveauer eller eksponeringsgrænseværdier eller for indirekte virkninger, skal arbejdsgiveren overveje, om området er tilgængeligt, mens felter er til stede. Hvis der allerede er tilstrækkelige adgangsbegrænsninger for området af andre grunde (f.eks. højspænding), er der normalt ikke behov for yderligere foranstaltninger. Hvis det ikke er tilfældet, skal arbejdsgiveren normalt gennemføre yderligere foranstaltninger.

Hvis der indføres yderligere beskyttelses- eller forebyggelsesforanstaltninger, bør de tilknyttede aspekter af risikovurderingen revideres med henblik på at afgøre, om alle risici nu er blevet fjernet eller reduceret til et minimum.

Generelt kan der opnås betydelige sikkerheds- og driftsmæssige fordele ved at indføre beskyttelses- eller forebyggelsesforanstaltninger allerede i konstruktions- og installationsfasen for arbejdssteder eller udstyr. Senere indførelse kan medføre store omkostninger.

9.1. Forebyggelsesprincipper

Når der kræves forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger, benyttes de forebyggelsesprincipper, der er anført i rammedirektivets artikel 6, i forbindelse med alle risici (se tabel 9.1)

Tabel 9.1. Rammedirektivets forebyggelsesprincipper

Forebyggelsesprincipper:
Forhindring af risici
Evaluering af risici, som ikke kan forhindres
Bekæmpelse af risici ved kilden
Tilpasning af arbejdet til mennesket, navnlig for så vidt angår udformningen af arbejdspladsen samt valg af arbejdsudstyr og arbejds- og produktionsmetoder
Hensyntagen til den tekniske udvikling
Udskiftning af det, der er farligt, med noget, der er ufarligt eller mindre farligt
Planlægning af forebyggelsen for at gøre den til en sammenhængende helhed, inden for hvilken forebyggelsen omfatter teknik, tilrettelæggelse af arbejdet, arbejdsforhold, sociale relationer og påvirkning fra faktorer i arbejdsområdet
Vedtagelse af foranstaltninger til kollektiv beskyttelse frem for foranstaltninger til individuel beskyttelse
Hensigtsmæssig instruktion af arbejdstagerne.

9.2. Fjernelse af faren

Risici styres mest effektivt ved at fjerne faren fuldstændigt. Dette kan omfatte skift til en anden proces, som ikke resulterer i dannelsen af et stærkt EMF. Det kan f.eks. være skift fra elektrisk modstandssvejsning til lasersvejsning. Det anerkendes dog, at det ikke altid kan gennemføres. Der er ofte ingen hensigtsmæssig alternativ proces, eller de tilgængelige alternativer vil medføre andre former for farer (en kraftig laserstråle i ovennævnte eksempel), der fører til lige så store eller større risici for arbejdstagerne.

Fjernelse af farer omfatter ofte nyudvikling af en hel proces og betydelige investeringer i nyt udstyr. Det vil derfor kun være muligt i forbindelse med den indledende opsætning eller ved anskaffelse af nyt udstyr. På sådanne tidspunkter bør andre muligheder for at opnå det samme resultat uden at generere et stærkt EMF-felt overvejes.

9.3. Erstatning med mindre farlig proces eller mindre farligt udstyr

En effektiv metode til at reducere risiciene fra EMF er udskiftning af eksisterende processer eller udstyr med processer eller udstyr, der frembringer mindre EMF. I sin enkleste form kan dielektrisk svejsning af plast f.eks. udsætte operatøren for betydelig eksponering for stråling fra radiofrekvente EMF'er og endda risiko for forbrændinger ved berøring af eksponerede elektroder. Normalt kan udstyr konstrueres med afskærmning, som begrænser strålingsfeltets størrelse, ofte i kombination med automation, som forstærker adskillelsen af operatøren fra elektroderne.

Selv om udskiftningen af eksisterende anlæg med mere automatiseret og bedre afskærmet udstyr normalt vil forbedre processens effektivitet, kræves der betydelige investeringer. Denne mulighed er derfor kun realistisk som et led i den almindelige cyklus for udskiftning af udstyr.



Det vigtigste: foranstaltninger til reduktion af risici

Hvis risici ikke kan reduceres ved fjernelse eller erstatning, skal der gennemføres yderligere foranstaltninger. Arbejdsgivere har mange muligheder for at opnå dette, og generelt foretrækkes tekniske og organisatoriske foranstaltninger, fordi de sikrer kollektiv beskyttelse. Mange af de foranstaltninger, der kan anvendes til at reducere risici fra EMF, ligner dem, der anvendes i forbindelse med andre farer på arbejdsstedet.

9.4. Tekniske foranstaltninger

Hvis det er muligt at gennemføre tekniske foranstaltninger, har de den fordel, at de sikrer kollektiv beskyttelse og ofte fjerner risici ved kilden. De er desuden sædvanligvis mere pålidelige end organisatoriske foranstaltninger, fordi de ikke afhænger af, at bestemte personer udfører en handling. Der kan anvendes forskellige tekniske foranstaltninger til at forebygge eller begrænse adgangen til EMF. De er beskrevet i det følgende.

9.4.1. Afskærmning

Afskærmning kan være en effektiv metode til at reducere elektromagnetiske felter, der er genereret af en kilde, og er ofte integreret i selve udstyret for at begrænse emissioner. Et godt eksempel på dette er en mikrobølgeovn. Et net i vinduet er forbundet med ovnens metalkabinet, så der dannes en ubrudt afskærmning, som begrænser emissionen af mikrobølgestråling. Afskærmninger kan også anvendes i rum til at frembringe et svagt elektromagnetisk miljø, selv om det normalt sker for at beskytte følsomt elektrisk udstyr snarere end mennesker.

I praksis kræver afskærmninger for radiofrekvente og lavfrekvente elektriske felter, at kilden indesluttet i en ledende overflade (en Faradayafskærmning). Den er oftest fremstillet af plademetal eller metalvæv, men andre materialer, som f.eks. keramik, plast og glas med en eller flere metalbelægninger, eller materialer med metalvæv kan også anvendes. Sidstnævnte er velegnet til vinduer, når det er nødvendigt at kunne se processen. Når der er behov for luftgennemstrømning, f.eks. til afkøling, kan det normalt opnås ved hjælp af metalvæv eller honeycombmaterialer.

Afskærmningen er kun effektiv, hvis den er ubrudt. Eventuelle huller eller samlinger skal være meget mindre end det elektromagnetiske felts bølgelængde (se bilag A). Alle paneler, der indgår i en afskærmning, skal derfor være sikret med tæt placerede skruer eller bolte. Hvis et panel skal afmonteres, skal det monteres igen med alle skruer eller bolte for at minimere lækagen. Døre og adgangspaneler er ofte forsynet med en kontaktlamel hele vejen rundt. Afskærmningens effektivitet afhænger — ud over af huller og samlinger — af det materiale, den er fremstillet af, dens tykkelse, dens form og feltets frekvens.

Kabler og andre bølgeledere, der bruges til transmission af radiofrekvente felter, er som standard afskærmet. Det har primært til formål at forhindre stråling af radiofrekvent energi, som kan føre til alvorlige tab, men begrænser også størelsen af de omgivende felter. Tab af afskærmningens integritet kan føre til lækage, og afskærmningen bør observeres for nedbrydning af samlinger eller bøjninger.

Det er vanskeligere at afskærme statiske og lavfrekvente (under ca. 100 kHz) magnetiske felter. Sådanne felter kan afskærmes med specielle metallegeringer, som f.eks. mu-metal, men der er mange begrænsninger, og det anvendes generelt kun til specialformål.

Eftersom det er vanskeligt at etablere passiv afskærmning af magnetiske felter, anvendes aktiv afskærmning ofte i stedet, især for statiske felter (se casestudiet om NMR-enheder i denne vejlednings bind 2). Ved aktiv afskærmning bruges en yderligere spole, normalt i form af en solenoide, til at generere et modsat magnetisk felt. Ophævelse af de to felter fører til hurtig reduktion af den magnetiske fluxtæthed væk fra kilden.

9.4.2. Afspærringer

Afspærringer kan effektivt og billigt begrænse adgangen til områder med stærke felter. Som bemærket i kapitel 3 fortaber feltet sig normalt hurtigt med afstand fra kilden til feltet. Opsætning af afspærringer, som begrænser adgangen til området, er ofte en praktisk løsning. Alle, der har kendskab til feltstyrkefordeling samt konstruktion og montage af afspærringer omkring maskiner, kan tilvejebringe en effektiv løsning.

Når afspærringer opstilles i stærke felter, bør der tages hensyn til forbindelsen mellem feltet og afspærringernes materiale. Der skal muligvis anvendes ikke-metalliske materialer, f.eks. plastafspærringer i NMR-anlæg med stærke statiske magnetiske felter. Hvis der opstilles metalafspærringer, skal der i nogle tilfælde også tages højde for gnistudladninger og kontaktstrøm, og der skal sikres tilstrækkelig jordforbindelse (afsnit 9.4.7 og 9.4.8).

Hvis der ikke er behov for at få adgang til det afspærrede område under normal drift, er faste afspærringer oftest den enkleste og billigste løsning. Sådanne afspærringer er opstillet, således at der skal bruges værktøj for at fjerne dem.

Fordi der skal bruges værktøj for at fjerne dem, er faste afspærringer ikke egnede til områder, hvortil hyppig adgang er nødvendig. I det tilfælde kan flytbare afspærringer være en acceptabel løsning. De er normalt forbundet med kilden til feltet via en afbryder, selv om afspærringer uden afbryder (figur 9.1) kan accepteres, hvis risikoen er forholdsvis lav.

Figur 9.1. Eksempel på simple flytbare afspærringer, der begrænser adgangen til et stærkt magnetisk felt. I dette tilfælde er afspærringen ikke tilsluttet en afbryder, men suppleres af advarselsskilte og organisatoriske foranstaltninger.



Hvis der kun er adgang til stærke felter via faste lodrette stiger, f.eks. hvis kraftige antenner er monteret på et tag (se casestudie i denne vejlednings bind 2), kan en stigesikring være en billig og effektiv metode til at forhindre adgang (figur 9.2).

Figur 9.2. Brug af stigesikring til at forhindre adgang til stærke felter på tag



9.4.3. Afbryder

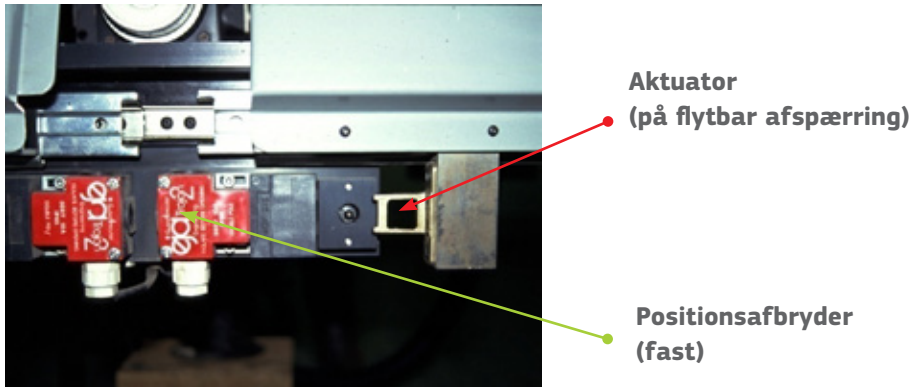
Når flytbare afspærringer anvendes til at begrænse adgangen til stærke felter, bør de være forbundet med kilden til det elektromagnetiske felt via en afbryder. En afbryder overvåger, at afspærringen er på plads, og blokerer genereringen af EMF, når afspærringen ikke er helt lukket.

Der findes forskellige typer afbrydere, som har hver deres fordele og ulemper (se tabel 9.2). Hvilken afbryder der skal vælges, afhænger af de specifikke omstændigheder og resultatet af risikovurderingen.

Tabel 9.2. Eksempler på forskellige typer afbrydere

Type	Beskrivelse	Eksempler
1	Mekanisk aktueret afbryder uden kodning	Roterende kamkontakt på ophængte afspærringer Lineær kamkontakt aktueret af skinne på glidende afspærringer Afbryder monteret indvendigt i hængsel
2	Mekanisk aktueret afbryder med kodning	Positionsafbryder aktueret af pal System med »trappedkey«
3	Positionsafbryder uden kontakt uden kodning	Nærhedsafbryder baseret på induktiv, magnetisk, kapacitiv eller optisk detektion eller ultralydsdetektion
4	Positionsafbryder uden kontakt med kodning	Nærhedsafbryder med kodet magnetisk detektion Nærhedsafbryder med RFID-detektion

Figur 9.3. Positionsafbryder aktueret af pal.
Eksempel på type 2-afbryder



Når der forefindes stærke elektromagnetiske felter, skal risikoen for interferens med funktionen af afbryderen og de tilknyttede kredsløb tages i betragtning. Mekanisk aktuerede anordninger kan være mindre følsomme over for elektromagnetisk interferens.

Afbrydere skal overholde de relevante europæiske standarder og skal være forsynet med beslag, som kun kan afmonteres ved brug af værktøj.

Eftersom åbning af afspærringen normalt forventes at afbryde tilstanden med et stærkt felt, er låsning af afspærringen (hvor den forbliver låst, indtil risikoen er fjernet) sædvanligvis ikke påkrævet.

9.4.4. Berøringsløst beskyttelsesudstyr

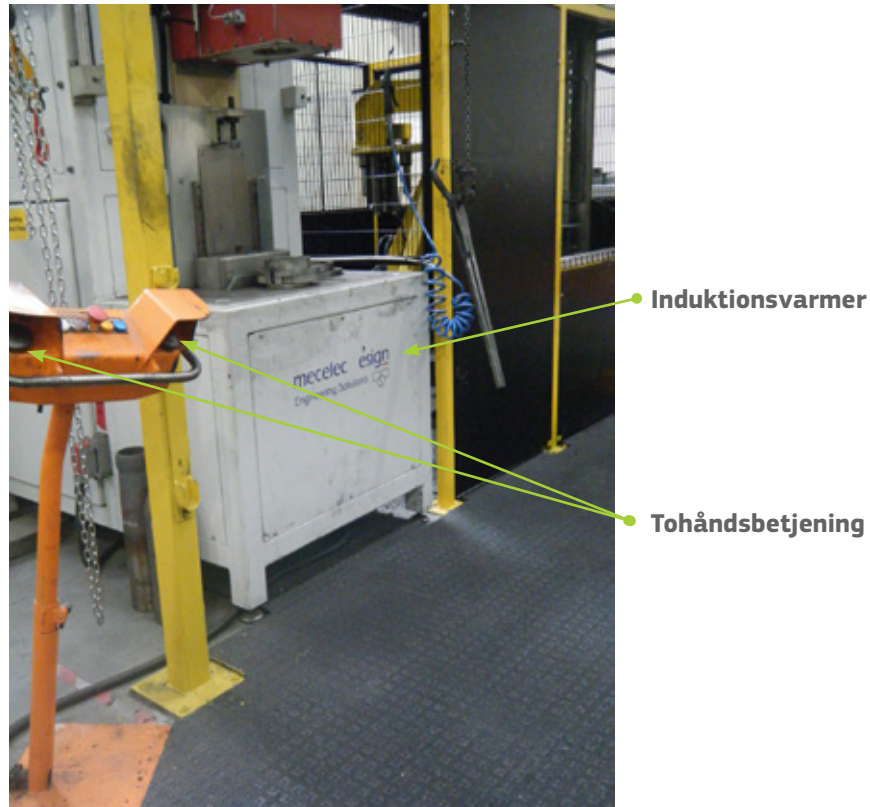
Hvis det ikke er praktisk muligt at installere faste eller flytbare afspærringer, kan berøringsløst beskyttelsesudstyr være en anden løsning. Det omfatter udstyr, som f.eks. lysgardiner, skannere og trykfølsomme måtter. Udstyret kan registrere, hvis en person går ind i eller befinder sig i området med stærke felter, og kan forhindre driften af udstyr, som genererer elektromagnetiske felter.

I berøringsløst beskyttelsesudstyr anvendes forskellige detektionsteknologier, hvor hver især er egnede til forskellige situationer. Arbejdsgivere bør rådføre sig med specialister vedrørende valget af det mest hensigtsmæssige system. De skal navnlig tage hensyn til risikoen for interferens fra stærke elektromagnetiske felter.

9.4.5. Tohåndsbetjening

En tohåndsbetjening (figur 9.4) kan bruges til at kræve, at operatøren bruger begge hænder samtidig ved aktivering. Det kan f.eks. bruges til at sikre, at en operatør står et bestemt sted, eller at vedkommendes hænder ikke er inden for området af et stærkt felt. Enheden beskytter dog ikke andre arbejdstagere.

Figur 9.4. Tohåndsbetjeningen sikrer, at arbejdstageren ikke berører induktionsvarmeren.



9.4.6. Nødstop

Når arbejdstagere kan få adgang til potentielt farlige områder, er det vigtigt, at der forefindes nødstop. De fleste mennesker kender de røde champignonformede nødstopknapper. Nødstoppet skal reagere hurtigt, stoppe alle enheder i området og forhindre genstart, indtil det er blevet nulstillet.

Der bør forefindes tilstrækkeligt mange nødstopknapper forskellige steder i området, så en nødstopknap altid er inden for rimelig rækkevidde, og så en person ikke skal gå gennem et farligere område for at komme til en nødstopknap. Hvis det drejer sig om store områder, er det ofte nemmere at bruge gribekabler i stedet for knapper.

9.4.7. Tekniske foranstaltninger til at forhindre gnistudladninger

Gnistudladninger kan forekomme inden for stærke elektriske felter, når en person berører en ledende genstand, og der er spændingsforskel, fordi den ene er jordforbundet, og den anden ikke er det. Gnistudladninger kan undgås, hvis det sikres, at sådanne spændingsforskelle ikke kan forekomme. Det kan opnås ved hjælp af tekniske foranstaltninger, f.eks. jording af ledende genstande og arbejdstagernes forbindelse til arbejdsobjekter (potentialudjævning).

I praksis kan det være vanskeligt at gennemføre disse tekniske foranstaltninger fuldt ud, fordi det er vanskeligt at opnå effektiv jordning af genstande i bevægelse. Det er derfor oftest nødvendigt at kombinere tekniske foranstaltninger med relevante organisatoriske foranstaltninger, især oplæring af arbejdstagere, og muligvis brug af personlige værnemidler.

9.4.8. Tekniske foranstaltninger til at forhindre kontaktstrøm

Når en person kommer i kontakt med en ledende genstand i et radiofrekvent felt, og personen eller genstanden ikke er jordforbundet, kan en radiofrekvent strøm strømme gennem personen til jorden. Det kan give stød eller forbrænding. Der kan træffes forskellige foranstaltninger med det formål at undgå kontaktstrømme. Hvis spredningsfeltets styrke reduceres, reduceres størrelsen af den radiofrekvente strøm, der kan strømme. Yderligere forbedringer kan også foretages ved hjælp af isolering og jordning. Endelig skal det bemærkes, at organisatoriske foranstaltninger, som f.eks. fjernelse af unødvendige ledende genstande, især store genstande, vil reducere risikoen for kontakt.

9.5. Organisatoriske foranstaltninger

I nogle situationer er det ikke praktisk muligt at minimere risiciene fra EMF ved hjælp af tekniske foranstaltninger. I sådanne situationer er næste skridt at undersøge muligheden for at iværksætte organisatoriske foranstaltninger. De bør stadig sikre kollektiv beskyttelse, men deres effektivitet vil altid afhænge af de menneskelige handlinger, eftersom de generelt afhænger af, at mennesker reagerer på information. Organisatoriske foranstaltninger spiller dog en vigtig rolle og kan i visse situationer være den primære kontrolforanstaltning, f.eks. ved idriftsættelse og service.

De organisatoriske foranstaltninger, der vælges, afhænger af risikoens karakter og den måde, hvorpå arbejdet udføres. Foranstaltninger kan omfatte afgrænsning af områder og adgangsbegrænsninger, skilte, signaler og mærkater, udpegning af bestemte personer til at føre tilsyn med områder eller arbejdsaktiviteter og skriftlige procedurer.

9.5.1. Afgrænsning og adgangsbegrænsninger

I nogle situationer er det ikke praktisk muligt at begrænse adgangen til områder med stærke felter ved brug af tekniske foranstaltninger, f.eks. afspærringer. I disse situationer kan der anvendes en række organisatoriske foranstaltninger til at afgrænse områderne og indføre begrænsninger for adgang eller aktiviteter. Dette omfatter generelt advarselsskilte og meddelelser, der gør arbejdstagerne opmærksomme på risikoen, ofte kombineret med gulvmarkeringer, der identificerer områder med stærke felter.

Tabel 9.3. Eksempler på adgangsbegrænsninger eller andre begrænsninger for områder med stærke EMF'er

Kriterier	Begrænsninger
Ikketermiske virkninger ELV for sundhedsmæssige virkninger overskredet Højt AL overskredet AL for eksponering af lemmer overskredet	Ingen adgang, når felter er til stede
Termiske virkninger ELV for sundhedsmæssige virkninger overskredet AL for eksponering overskredet AL for induceret strøm i lemmer overskredet	Adgangsbegrænsninger for at begrænse middeleksponeringen over tid
ELV for sensoriske virkninger midlertidigt overskredet Lavt AL midlertidigt overskredet	Kun adgang for arbejdstagere, der har deltaget i oplæring Andre begrænsninger kan finde anvendelse
Projektilrisici fra stærke statiske magnetiske felter	Begrænsninger med hensyn til medbringelse af ferromagnetiske materialer i området
Risici for særligt udsatte arbejdstagere	Adgangsbegrænsning for områder med stærke felter Information om adgang til området
Risiko for gnistudladninger fra stærke elektriske felter	Kun adgang for arbejdstagere, der har deltaget i oplæring
Risiko for kontaktstrømme	Kun adgang for arbejdstagere, der har deltaget i oplæring Forbud mod unødvendige ledende genstande

Hvis gulvmarkeringer allerede advarer om andre farer eller begrænsninger, kan der i nogle situationer anvendes alternative midler til at afgrænse områder, f.eks. markering eller opsætning af områdeplaner med markerede områder.

Hvis EMF'er kun er til stede i visse faser af en udstyrscyklus, kan det være nyttigt at angive, hvornår felterne er til stede, ved hjælp af visuelle (f.eks. en tændt lampe) eller hørbare (f.eks. en sirene) advarselssignaler.

Hvis kun bestemte arbejdstagere har adgang, skal der være en proces for formel godkendelse af disse personer.

I nogle tilfælde kan det være nødvendigt at indføre midlertidige adgangsbegrænsninger. Det kan f.eks. være tilfældet i forbindelse med en midlertidig installation eller under idriftsættelse af en permanent installation, men inden de faste afspærringer er kommet på plads. I disse situationer kan der normalt opstilles midlertidige afspærringer. De er oftest forsynet med advarselsskilte. Hvis der er tale om situationer med høj risiko og af kort varighed, kan der også udpeges arbejdstagere, som skal overvåge afgrænsningen af området og sikre, at ingen krydser afspærringerne.

Figur 9.5. Midlertidige afspærringer og advarselsskilte for at begrænse adgangen til stærke felter genereret af en midlertidig installation



Hvis der er risiko for antændelse af brændbare atmosfærer eller detonerende af elektroeksplosive anordninger, er det normal praksis at afgrænse det område, hvor den primære fare (brændbar atmosfære eller elektroeksplosiv anordning) befinder sig, og derefter indføre begrænsninger vedrørende alle kilder til antændelse eller detonerende, herunder EMF, i det pågældende område.

9.5.2. Sikkerhedsskilte og -meddelelser

De er en vigtig del af ethvert system af organisatoriske foranstaltninger. Sikkerhedsskilte og -meddelelser er kun effektive, hvis de er klare og utvetydige. De bør placeres i øjenniveau, så de er så synlige som muligt. Karakteren af faren skal være tydeligt angivet. Eksempler på piktogrammer, der er relevante for EMF, vises i figur 9.6-9.8 sammen med deres anerkendte betydning. Generelt bør der anbringes en supplerende tekstmeddelelse for at lette forståelsen. Dette er især relevant i forbindelse med påbudsskilte, der kræver brug af isolerende eller ledende fodtøj eller handsker.

Figur 9.6. Standardadvarselsskilte vises ofte i forbindelse med EMF.



Advarsel: magnetisk felt



Advarsel: ikkeioniserende stråling

Figur 9.7. Standardforbudsskilte vises ofte i forbindelse med EMF.

Ingen adgang for personer med aktivt, implanteret medicinsk udstyr



Ingen adgang for personer med metalliske implantater

Figur 9.8. Standardpåbudsskilte, der ofte vises i forbindelse med EMF

Fodværn påbudt



Beskyttelseshandsker påbudt



Øjenværn påbudt



Generelt påbud

Hvis elektromagnetiske felter kun forekommer lejlighedsvis, bør advarselsskiltene kun vises, når feltet forekommer, da de ellers ofte ignoreres. Det kan i praksis opnås ved at vende skiltet (anbragt på en krog eller i et rillebeslag), så det er blankt, når den farlige situation er bragt til ophør.

Det er normal praksis at anbringe advarselsskilte med samme piktogram på udstyr, der genererer EMF.

9.5.3. Skriftlige procedurer

Hvis det er nødvendigt at benytte organisatoriske foranstaltninger til at håndtere risici fra EMF, bør de dokumenteres i risikovurderingen, så alle er klar over, hvad der kræves. Det bør omfatte:

- beskrivelser af områder med specifikke begrænsninger med hensyn til adgang eller aktiviteter
- detaljer om betingelser for adgang til området eller udførelse af en bestemt aktivitet
- specifikke krav vedrørende oplæring af arbejdstagere (f.eks. oplæring for midlertidigt at overskride det lave aktionsniveau)
- navne på personer, der har adgang til områder
- navne på de ansvarlige for tilsyn med arbejdet eller håndhævelse af adgangsbegrænsninger
- udpegning af grupper, der udtrykkeligt er udelukket fra området, f.eks. særligt udsatte arbejdstagere
- detaljer om eventuelt nødberedskab.

Kopier af skriftlige procedurer bør være tilgængelige i de områder, hvor de finder anvendelse, og bør udleveres til alle, der er berørt af dem.

9.5.4. Sikkerhedsoplysninger for arbejdsstedet

Det er almindelig praksis at give sikkerhedsoplysninger eller en sikkerhedsorientering til personer, første gang de går ind på et arbejdssted. Hvis arbejdsstedet omfatter udpegede områder med særlige begrænsninger med hensyn til adgang eller aktiviteter, er det god praksis at forklare dette i sikkerhedsoplysningerne for arbejdsstedet.

Figur 9.9. I de sikkerhedsoplysninger for arbejdsstedet, der udleveres til besøgende, forklares alle begrænsninger vedrørende adgang til områder og særlige risici for særligt udsatte arbejdstagere.



Dette skal især fremhæves, hvis der er områder, som er særligt farlige for særligt udsatte arbejdstagere. De anerkendte grupper af udsatte arbejdstagere skal udpeges, og personer, der tilhører en af disse grupper, skal anmodes om at oplyse dette til deres vært. Oplysningerne bør omfatte en advarsel til personer i disse grupper om, at de skal være opmærksomme på yderligere advarselsskilte.

9.5.5. Tilsyn og styring

EMF-sikkerheden bør styres ved hjælp af de samme sundheds- og sikkerhedsstyringssystemer som andre potentielt farlige aktiviteter. Selve den organisatoriske struktur kan variere afhængigt af organisationens størrelse og struktur.

Hvis felter er tilstrækkeligt stærke til at kræve specifik styring, bør en erfaren og kompetent medarbejder udpeges til at føre dagligt tilsyn med EMF-sikkerheden på arbejdsstedet.

9.5.6. Information og oplæring

Artikel 6 i EMF-direktivet omhandler udtrykkeligt information og oplæring af arbejdstagere, der sandsynligvis eksponeres for risici fra EMF på arbejdet. Kravene til indholdet af oplæringen er anført i tabel 9.4.

Det niveau af information eller oplæring, der gives, skal stå i forhold til risiciene fra EMF på arbejdsstedet. Hvis den indledende vurdering (se kapitel 3) har vist, at de tilgængelige felter er så svage, at der ikke kræves specifikke foranstaltninger, er det tilstrækkeligt at oplyse dette til arbejdstagerne. Selv i denne situation er det dog vigtigt at gøre arbejdstagerne eller deres repræsentanter opmærksomme på, at visse arbejdstagere kan være særligt udsatte. En arbejdstager, der tilhører en af de anerkendte udsatte grupper, bør opfordres til at underrette ledelsen herom.

Tabel 9.4. Indhold af information og oplæring som anført i EMF-direktivet

De foranstaltninger, der træffes i forbindelse med anvendelsen af EMF-direktivet
Værdier og begreber i forbindelse med ELV'er og AL'er, de dermed forbundne mulige risici og de forebyggelsesforanstaltninger, der træffes
De mulige indirekte virkninger af eksponeringen
Resultatet af den vurdering, måling eller beregning af niveauet for eksponering for elektromagnetiske felter, der foretages i overensstemmelse med EMF-direktivets artikel 4
Hvordan sundhedsskadelige virkninger af eksponering kan opdages og anmeldes.
Muligheden for forbigående symptomer og sanseoplevelser i forbindelse med virkninger i centralnervesystemet eller det perifere nervesystem
Hvornår arbejdstagerne har ret til helbredsovervågning.
Sikker arbejdspraksis, der kan begrænse risici som følge af eksponering mest muligt
Arbejdstagere, der er udsat for særlig risiko

Hvis det er nødvendigt at gennemføre specifikke tekniske eller organisatoriske foranstaltninger vedrørende EMF, er det ofte hensigtsmæssigt at tilbyde mere formel oplæring. Hvis risici er blevet fjernet eller minimeret alene ved brug af tekniske foranstaltninger, er det tilstrækkeligt at give denne oplæring via en sikkerhedsorientering eller en gennemgang af værktøjet (en såkaldt »toolbox talk«). Derved gøres arbejdstagerne opmærksomme på risiciene, ligesom de får forklaret

de tekniske foranstaltninger, der er truffet for at beskytte dem. Ved oplæringen understreges vigtigheden af at indberette enhver synlig fejl eller mangel i beskyttelsesforanstaltninger, så de kan afhjælpes.

Hvis styringen af risici fra EMF i høj grad er baseret på organisatoriske foranstaltninger eller brug af personlige værnemidler, skal oplæringen sædvanligvis være mere formel og detaljeret.

Når dybden, bredden og varigheden af den nødvendige oplæring fastlægges, bør arbejdsgiveren overveje de forhold, der er anført i tabel 9.5. Det er vigtigt, at risiciene fra EMF under oplæringen sættes i forhold til andre risici på arbejdsstedet.

Tabel 9.5. Forhold, der har betydning for det krævede niveau af oplæring

Resultat af risikovurderinger
Arbejdstagernes nuværende ekspertise og bevidsthed om risiciene fra EMF
Arbejdstagernes inddragelse i styringen af risici fra EMF
Karakteren af arbejdsmiljøet, og om det er stabilt eller ofte ændres
Er oplæringen henvendt til nye arbejdstagere, eller er det genopfriskning for eksisterende personale?

Hvis der er risiko for gnistudladninger eller kontaktstrømme, skal oplæringen specifikt omhandle disse risici. De foranstaltninger, der er gennemført for at reducere risiciene, skal også forklares, især hvis de kræver indgriben fra arbejdstagernes side.

Gennemførelsen af oplæringen bør dokumenteres.

9.5.7. Arbejdsstedernes og arbejdspladsernes udformning og indretning

Risici fra EMF kan ofte minimeres uden eller med få omkostninger ved at overveje udformningen og indretningen af arbejdsstedet generelt og de enkelte arbejdspladser i særdeleshed.

Udstyr, der genererer stærke felter, kan f.eks. ofte placeres væk fra gangarealer og andre meget anvendte områder. Det skal under alle omstændigheder omhyggeligt sikres, at udstyr er placeret på en sådan måde, at adgangen kan begrænses, hvis det ikke er muligt at overholde eksponeringsgrænseværdierne.

Udstyr, der genererer stærke felter, bør placeres, så særligt udsatte arbejdstagere ikke skal passere felter, der kan bringe dem i fare. Sådanne felter bør derfor aldrig nå ud i gangarealer og bør ikke nå ud i andre områder, medmindre det kan accepteres, at sådanne arbejdstagere ikke får adgang til disse områder.

Når arbejdsgivere planlægger indretningen af arbejdssteder, skal de være opmærksomme på, at magnetiske felter normalt ikke dæmpes af skillevægge, og de skal derfor tage anvendelsen af de tilstødende områder i betragtning. Dette er illustreret i casestudiet vedrørende udstyr til magnetpulverundersøgelse anvendt på et maskinværksted i denne vejlednings bind 2.

Arbejdspladsernes indretning har også stor betydning. I eksemplet i figur 9.10 er feltet ved operatørpositionen foran punktsvejsere svagere end feltet ved siden af svejseren. I sådanne situationer er det vigtigt, at arbejdspladsen indrettes således, at operatøren sidder eller står det rigtige sted (figur 9.10), og at overveje, hvor arbejdstagere, der udfører andet arbejde, befinder sig.

Figur 9.10. God og dårlig praksis ved indretning af arbejdsplads til punktsvejsere og planlægning af operatørens placering



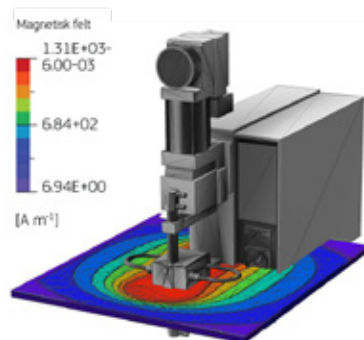
God praksis:

Feltet er stærkere på siden af punktsvejseren end foran den. Her står arbejdstageren foran udstyret for at svejse. Arbejdstagerens eksponering er derfor lav.



Dårlig praksis:

Her skal arbejdstageren stå ved siden af udstyret for at svejse. Det betyder, at arbejdstagerens eksponering er højere.



Grafikken viser, hvordan kurverne for det magnetiske felt er mere spredt på siden af svejseren.

9.5.8. Indførelse af god arbejdspraksis

Ofte kan arbejdstagerne minimere dannelsen af stærke felter eller reducere deres eksponering ved hjælp af små ændringer af deres arbejdsmetoder. Når forsynings- og returstrømme f.eks. løber gennem separate ledere, bør de så vidt muligt være placeret tæt på. Det sikrer normalt en betydelig reduktion af det genererede felt, da modsatte strømme ophæver feltet.

Arbejdstagerne skal så vidt muligt sørge for at lede kabler væk fra kroppen, især hvis der er forskellige forsynings- og returkabler. I figur 9.11 vises eksempler på god og dårlig praksis i forbindelse med svejsearbejde. Svejssekabler er tunge og begrænser ofte svejsetangens bevægelser. Svejserne understøtter derfor ofte kablet hen over

skulderen eller lader det hænge omkring halsen. Derved placeres kilden til det stærke felt uundgåeligt tæt på hjernen og rygmarven. Hvis kablet understøttes på anden måde, opnås ikke kun en reduktion af eksponeringen, men også ergonomisk bedre forhold.

Figur 9.11. Eksempler på god og dårlig praksis ved føring af svejsekabel



God praksis:

Kablet er ført væk fra arbejdstagerens krop, så eksponeringen for feltet er lav.

Forsynings- og returkabler holdes så vidt muligt sammen, så feltophævelsen reducerer størrelsen af felter i arbejdsområdet.



Dårlig praksis:

I dette eksempel understøtter arbejdstageren vægten af svejsekablet hen over skulderen. Derved placeres kablet tæt på hovedet og kroppen, og eksponeringen forøges.

• Kabel ført hen over skulder



Dårlig praksis:

I dette eksempel understøtter arbejdstageren vægten af svejsekablet hen over skuldrene, så der dannes en løkke. Derved placeres kablet tæt på hovedet og kroppen, og eksponeringen forøges.

• Kabel i løkke omkring halsen

Magnetpulverundersøgelser afsluttes ofte med en afmagnetiseringscyklus, som typisk genererer et stærkere felt end selve undersøgelsescyklussen. I modsætning til undersøgelsescyklussen behøver kontrolløren ikke befinde sig sæt på arbejdsområdet under afmagnetiseringen, og det er derfor god praksis, hvis vedkommende placerer sig længere væk i denne fase af processen.

I nogle situationer kan afmagnetisering ske ved brug af en afmagnetiseringsspole (se casestudiet vedrørende maskinværkstedet i denne vejlednings bind 2). Sådanne spoler leveres normalt med en skinne og en lille vogn, som arbejdsområdet monteres på. Ved at skubbe arbejdsområdet og vognen gennem spolen ved brug af en stav kan operatøren minimere sin eksponering.

9.5.9. Programmer for forebyggende vedligeholdelse

Udstyr, der producerer EMF, bør regelmæssigt underkastes et program for forebyggende vedligeholdelse og eventuel kontrol med henblik på at sikre, at det fortsat fungerer effektivt. Tilstrækkelig vedligeholdelse er et krav i henhold til direktivet om arbejdsudstyr (se bilag G) og vil medvirke til at minimere stigninger i emissioner, efterhånden som udstyr forringes.

Tekniske foranstaltninger, der har til formål at begrænse emissioner eller begrænse adgangen til stærke felter, bør ligeledes underkastes løbende vedligeholdelse, kontrol og efterprøvning for at sikre, at de bevarer deres fulde effektivitet.

Hyppigheden af sådanne vedligeholdelses- og kontrolaktiviteter afhænger af udstyrets art, hvordan det anvendes, og det miljø, hvori det er placeret. Generelt anbefaler fabrikanter af udstyr bestemte vedligeholdelsesintervaller og giver i de fleste tilfælde passende vejledninger. Usædvanligt hårde miljøer eller tung brug af udstyr kan bevirke, at udstyr hurtigere slides eller forringes, og i sådanne tilfælde kræves der hyppigere vedligeholdelse og kontrol.

9.5.10. Begrænsning af bevægelse inden for statiske magnetiske felter

Ved bevægelse i stærke statiske magnetiske felter kan der induceres lavfrekvente elektriske felter i kroppen, som kan have forskellige virkninger. Disse virkninger kan minimeres ved at begrænse omfanget og hastigheden af bevægelse gennem felterne. Dette er især vigtigt ved bevægelse af kropsdele, f.eks. rotation af hovedet. Med oplæring og/eller øvelse kan arbejdstagere lære at begrænse deres bevægelser og på den måde minimere eventuelle virkninger.

9.5.11. Koordinering og samarbejde mellem arbejdsgivere

Hvis arbejdstagere, der er ansat hos forskellige arbejdsgivere, arbejder på det samme arbejdssted, skal arbejdsgiverne underrette hinanden med henblik på at sikre tilstrækkelig beskyttelse af alle arbejdstagere. Sådanne situationer opstår almindeligvis under installation, idriftsættelse og servicering af udstyr, men kan også opstå i forbindelse med andre aktiviteter. Arbejdsgivere udliciterer f.eks. ofte forskellige støttefunktioner, herunder rengøring, facilitetsforvaltning, lagerfunktioner og logistik, arbejdsmiljø og IT.

I forbindelse med EMF bør sådan underretning omfatte detaljer om begrænsninger, der skal overholdes med hensyn til adgang eller aktiviteter inden for et bestemt område, og risici for særligt udsatte arbejdstagere. Sådanne begrænsninger skal aftales mellem arbejdsgiverne, og de enkelte arbejdsgivere skal sikre, at de overholdes af deres ansatte.

9.6. Personlige værnemidler

Rammedirektivets forebyggelsesprincipper (se tabel 9.1) præciserer, at kollektiv beskyttelse altid skal prioriteres højere end individuelle beskyttelsesforanstaltninger. Det kan dog i nogle tilfælde være umuligt at gennemføre tekniske eller organisatoriske foranstaltninger, som giver tilstrækkelig kollektiv beskyttelse. I sådanne situationer kan det være nødvendigt at anvende personlige værnemidler.

Som bemærket i afsnittet om tekniske foranstaltninger ovenfor, er det forholdsvis enkelt at screene elektriske felter, men det er vanskeligt at opnå effektiv beskyttelse mod magnetiske felter. Det er derfor generelt ikke praktisk muligt at anvende personlige værnemidler som beskyttelse mod magnetiske felter. Effektiviteten af personlige værnemidler afhænger af feltets frekvens. Det betyder, at personlige værnemidler, der er egnede til ét frekvensområde, næppe er egnede til andre.

Hvilke værnemidler der bør vælges, afhænger af den konkrete situation og karakteren af de risici, der skal minimeres. I forskellige situationer kan isolerende eller ledende sko, støvler eller handsker effektivt reducere risici. Når der kræves isolerende fodværn, er det normalt tilstrækkeligt at bære robuste arbejdsstøvler eller sko med tykke gummisåler. Hvis en vurdering viser, at det ikke er tilstrækkeligt, skal der benyttes særligt sikkerhedsudstyr.

Øjenværn anvendes ofte til at beskytte øjnene mod højfrekvente felter. I nogle situationer kan det være nødvendigt at anvende beskyttelsesdragt, men det bør bemærkes, at man derved kan introducere nye risici, fordi personens bevægelighed eller varmeafgivelse reduceres.

Personlige værnemidler skal vedligeholdes korrekt og regelmæssigt kontrolleres for at sikre, at de altid er egnede til formålet.

Det bør overvejes, om personlige værnemidler der bæres med henblik på andre risici, er forenelige med tilstedeværelsen af stærke EMF'er. Det kan f.eks. være u hensigtsmæssigt at anvende sikkerhedsstøvler med tåværn i stål i et område med stærke statiske magnetiske felter, ligesom lavfrekvente magnetiske felter vil opvarme stålindlægget, hvis felterne er stærke nok. Nogle beskyttelsesdragter er forsynet med elektroniske komponenter, og de kan udsættes for interferens i stærke felter. Lignende problemer kan opstå med aktive høreværn.

10. NØDBEREDSKAB

Hvis arbejdsgivere anvender udstyr eller udfører aktiviteter, der kan forårsage utilsigtede hændelser, bør de indføre beredskabsplaner med henblik på at håndtere følgerne. I denne forbindelse omfatter utilsigtede hændelser situationer, hvor en person kommer til skade eller bliver syg, næsten uheld og uønskede omstændigheder. Utilsigtede hændelser kan omfatte situationer, hvor en emissionsgrænseværdi er blevet overskredet, uden at nogen blev skadet (og en undtagelse ikke gjorde sig gældende). Et eksempel kan være en antennemontør, der uvidende går ind i eksklusionszonen for en højeffektsender, inden den er slukket.

Utilsigtede hændelser kan også opstå som følge af indirekte virkninger, f.eks. interferens med implanteret medicinsk udstyr eller antændelse af brændbar atmosfære. Et andet eksempel er, når en ferromagnetisk genstand tiltrækkes ind i røret på en NMR-enhed af det stærke statiske magnetiske felt (den såkaldte »projektil effekt«).

Tabel 10.1. Scenarier, der skal omfattes af beredskabsplaner

I beredskabsplaner fastlægges de handlinger og ansvarsområder, der skal varetages i følgende tilfælde:
Faktisk eksponering af arbejdstager ud over en emissionsgrænseværdi (ingen undtagelse)
Faktisk utilsigtet hændelse som følge af en indirekte virkning
Formodet eksponering af arbejdstager ud over en emissionsgrænseværdi
Næsten uheld eller uønsket virkning som følge af en indirekte virkning

10.1. Udarbejdelse af planer

Den risikovurdering, der er udført i henhold til artikel 4 i EMF-direktivet, bør sætte arbejdsgiveren i stand til at identificere utilsigtede hændelser, der med rimelighed kan forudses (se kapitel 5 i denne vejledning). Når arbejdsgiveren har identificeret og forstået karakteren af disse potentielt utilsigtede hændelser, kan der udvikles planer for håndteringen af følgerne. I nogle tilfælde opstiller fabrikanter nødprocedurer i deres dokumentation, og sådanne procedurer bør have forrang.

De fleste arbejdsgivere har allerede udarbejdet generelle beredskabsplaner, og i nogle tilfælde kan potentielle utilsigtede virkninger i forbindelse med EMF være omfattet af disse eksisterende planer. Beredskabsplaner kan omfatte førstehjælpsforanstaltninger og efterfølgende lægeundersøgelse (se kapitel 11 i denne vejledning). Under alle omstændigheder afhænger planernes detaljeringsgrad og kompleksitet af risikoen. Det er generelt god praksis at afprøve beredskabsplanerne med henblik på at identificere eventuelle mangler og sikre, at alle altid ved, hvad de skal gøre.

10.2. Reaktion på utilsigtede hændelser

Reaktionen på en utilsigtet hændelse vil altid være dynamisk og afhænge af hændelsens art og alvorlighed. I figur 10.1 vises en typisk sekvens af foranstaltninger som reaktion på en hændelse. Ikke alle foranstaltninger er nødvendigvis hensigtsmæssige i forbindelse med alle utilsigtede hændelser.

Den første rapport om den utilsigtede hændelse bør indeholde så mange oplysninger som muligt til brug i den efterfølgende undersøgelse. Rapporten skal normalt indeholde:

- en beskrivelse af den utilsigtede hændelses art
- hvordan den utilsigtede hændelse opstod
- detaljer om alle involverede personer og deres position under den utilsigtede hændelse
- detaljer om eventuelle personskader
- karakteristika for den involverede EMF-kilde
 - frekvens
 - effekt
 - strømstyrke og spænding
 - belastningscyklus (hvis relevant).

Figur 10.1. Sekvens af foranstaltninger i en typisk reaktion på en hændelse



Yderligere oplysninger om håndtering af utilsigtet eksponering for RF-felter findes i rapport udarbejdet af det finske arbejdsmiljøinstitut (Alanko et al., 2014). Den omfatter skabeloner til en indledende hændelsesrapport og en teknisk rapport som bilag.

11. RISICI, SYMPTOMER OG HELBREDSOVERVÅGNING

Artikel 8 i EMF-direktivet vedrører helbredsovervågning af arbejdstagere, som bør opfylde kravene i rammedirektivets artikel 14. Ordningerne for helbredsovervågning i forbindelse med elektromagnetiske felter vil sandsynligvis blive fastsat ud fra de systemer, der allerede er indført i medlemsstaterne. Der fastsættes bestemmelser om patientjournaler og adgangen hertil i overensstemmelse med national lovgivning og praksis.

11.1. Risici og symptomer

Virkningerne af eksponering for elektromagnetiske felter er opsummeret i kapitel 2, og der gives yderligere oplysninger om indvirkninger på sundheden i bilag B. Eksponeringer, der overstiger eksponeringsgrænseværdierne (ELV'erne), kan have indvirkning på nervevæv og muskler, hvis der er tale om lavfrekvente felter, eller opvarmning, hvis der er tale om højfrekvente felter. Berøring af metalgenstande kan forårsage stød og forbrænding i begge frekvensområder. Generelt skal felter eller eksponeringer ligge langt over aktionsniveauerne (AL'erne) eller eksponeringsgrænseværdierne for at give fysiske skader. Aktionsniveauer og eksponeringsgrænseværdier er fastsat med en sikkerhedsmargen. En enkelt kortvarig eksponering lige over grænsen vil derfor ikke have sundhedsskadelige følger.

11.1.1. Statiske magnetiske felter (0-1 Hz) ⁽¹⁾

Statiske magnetiske felter ved fluxtætheder over 0,5 mT kan forårsage interferens med aktivt, implanteret medicinsk udstyr, som f.eks. pacemakere og defibrillatorer, eller kropsbåret medicinsk udstyr, som f.eks. insulininfusionspumper. Sådant interferens kan have meget alvorlige følger.

Eksponering for statiske magnetiske felter langt over eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger kan medføre ændringer i blodgennemstrømningen i lemmer og/eller hjerterytmen. Der foreligger aktuelt ikke udførlig dokumentation for disse virkninger, og de udgør muligvis ikke en sundhedsmæssig risiko.

Ophold eller bevægelse inden for stærke statiske magnetiske felter kan forårsage svimmelhed, kvalme og andre sensoriske virkninger. Der kan også forekomme mindre synlige ændringer i en persons opmærksomhed, koncentration eller andre intellektuelle funktioner, der kan have en skadelig virkning på arbejdsevnen og sikkerheden. Der kan induceres nervestimulation og ufrivillige muskelsammentrækninger ved hurtige bevægelser, hvis hele kroppen er eksponeret for et felt over 8 T eller situationer, hvor fluxtætheden hurtigt ændres. Disse virkninger er reversible, og symptomer varer sjældent ved, når eksponeringen er ophørt.

⁽¹⁾ Videnskabeligt har statiske magnetiske felter en frekvens på 0 Hz, men i EMF-direktivet defineres de som felter, der har en frekvens på 0-1 Hz.

11.1.2. Lavfrekvente magnetiske felter (1 Hz-10 MHz)

Eksponering for lavfrekvente felter under det lave aktionsniveau kan forårsage interferens med den normale funktion for aktivt, implanteret medicinsk udstyr eller kropsbåret medicinsk udstyr. Sådant interferens kan potentielt have alvorlige følger. Tilstedeværelsen af passive metalimplantater kan føre til lokale områder med stærkere elektriske felter i kroppen, mens selve implantatet induktivt kan blive opvarmet og potentielt forårsage termisk skade.

For høj eksponering af andre arbejdstagere kan konstateres, hvis en arbejdstager angiveligt ser utydelige, flimrende billeder (fosfener), som kan være distraherende eller generende. Den maksimale lysfølsomhed forekommer ved 16 Hz, og der kræves meget høje feltstyrker for at producere fosfener ved andre frekvenser, som ligger langt over de niveauer, arbejdstagere normalt eksponeres for. Arbejdstagere kan desuden opleve en fornemmelse af kvalme eller svimmelhed, og der kan forekomme små ændringer i deres evne til at ræsonnere, løse problemer og træffe beslutninger under eksponering, hvilket kan have en skadelig virkning på arbejdsevnen og sikkerheden. Som ved eksponering for statiske magnetiske felter er disse virkninger reversible og varer derfor næppe ved, når eksponeringen er ophørt.

Nervestimulering kan forekomme, så der opstår en prikkende fornemmelse eller smerte, og der kan forekomme ukontrollerede trækninger eller andre muskelsammentrækninger. Hvis der er tale om meget stærke ydre felter kan dette endda have indvirkning på hjerterytmen (arytmi). I praksis opstår disse virkninger kun ved feltstyrker, der ligger langt over de styrker, der normalt forefindes på arbejdssteder.

I den øvre del af dette frekvensområde opstår der desuden termiske virkninger (se afsnit 11.1.4).

11.1.3. Lavfrekvente elektriske felter (1 Hz-10 MHz)

Lavfrekvente elektriske felter har samme virkninger på nervevæv og muskler som magnetiske felter. De første tegn på stærke elektriske felter vil dog være, når de små hår på kroppen rejser sig eller vibrerer, og når arbejdstagere begynder at få elektrisk stød, hvis de rører ved ledende genstande uden jordforbindelse i feltet. Dette kan være distraherende og generende, og elektrisk stød kan være irriterende, ubehagelige eller smertefulde afhængigt af feltets intensitet. Berøring af genstande i stærke felter kan også medføre forbrændinger.

11.1.4. Højfrekvente felter (100 kHz-300 GHz)

Eksponering for højfrekvente felter under det relevante aktionsniveau kan forårsage interferens med den normale funktion for aktivt, implanteret medicinsk udstyr eller kropsbåret medicinsk udstyr. Sådant interferens kan potentielt have alvorlige følger. Passivt, implanteret medicinsk udstyr af metal kan fungere som absorberende antenner og kan eksponere væv for øget RF, hvilket kan forårsage skade.

Det første tegn på eksponering for højfrekvente felter er nogle gange en fornemmelse af varme, fordi arbejdstageren eller dele af vedkommendes krop opvarmes af feltet. Det er dog ikke altid tilfældet, og fornemmelsen af varme er ikke et pålideligt advarselssignal. Det er også muligt at »høre« pulserende frekvenser mellem 300 kHz og 6 GHz, og eksponerede arbejdstagere kan muligvis høre en klikkende, summende eller hvæsende lyd.

Langvarig eksponering af hele kroppen kan medføre forhøjet kropstemperatur. En temperaturstigning på få grader kan føre til mental forvirring, træthed, hovedpine og andre symptomer på varrestress. Høj fysisk belastning eller arbejde under varme og fugtige forhold kan øge sandsynligheden for disse virkninger. Alvorligheden af symptomerne afhænger også af arbejdstagerens fysiske tilstand, om vedkommende er dehydreret, og det tøj, vedkommende bærer.

Eksponering af dele af kroppen kan føre til lokal opvarmning eller »hot spots« i muskler og indre organer, og det kan forårsage overfladiske forbrændinger, der vises straks ved eksponering. Der kan opstå alvorlige indre kvæstelser uden synlige forbrændinger på huden. Stærk lokal overeksponering kan forårsage skader på muskler og det omkringliggende væv i eksponerede lemmer (kompartmentsyndrom), der udvikles straks eller højst inden for et par dage. Generelt kan væv modstå temperaturstigninger i korte perioder, uden at der opstår kvæstelser, men en temperatur på 41 °C eller derover i mere end 30 minutter vil forårsage skade.

Eksponeringer, der forårsager betydelig opvarmning af testiklerne, kan medføre et midlertidigt fald i spermtallet, og opvarmning kan øge risikoen for abort tidligt i graviditeten.

Øjnene er følsomme over for varme, og meget høj eksponering langt over emissionsgrænseværdien kan forårsage betændelse i sclera, iris eller conjunctiva. Symptomer omfatter rødhed, smerte i øjnene, lysfølsomhed og sammentrækning af pupillerne. Katarakt (grå stær) er en sjælden, men mulig senvirkning af eksponering og kan udvikles uger eller måneder efter eksponeringen. Der er ikke indberettet virkninger, som er udviklet flere år efter eksponeringen.

For felter med højere frekvens (omkring 6 GHz og derover) bliver energiabsorptionen stadig mere overfladisk. Disse felter absorberes af hornhinden, men forbrændinger opstår kun ved eksponeringer, der ligger langt over emissionsgrænseværdien. Huden absorberer også disse højfrekvente felter, og ved tilstrækkeligt høje eksponeringer kan det give smerter og forbrændinger.

Arbejdstagere kan få stød eller kontaktforbrændinger, hvis de rører antenner eller store metalgenstande uden jordforbindelse, f.eks. biler, i området. Lignende virkninger kan opstå, hvis en arbejdstager uden jordforbindelse rører en metalgenstand med jordforbindelse. Sådanne forbrændinger kan være overfladiske eller svære. Metalimplantater, herunder tandfyldninger og bodypiercing (samt smykker og visse tatoveringspigmenter), kan koncentrere feltet og føre til lokal opvarmning og termisk forbrænding. Høj eksponering af hånden kan give nerveskader.

I henhold til rapporter fra overeksponerede arbejdstagere kan der også opstå andre symptomer, herunder hovedpine, urolige tarme, letargi og langvarig prikkende fornemmelse i det eksponerede væv.

Der kan også opstå stressreaktioner i forbindelse med faktisk eller formodet overeksponering.

Tabel 11.1. Virkninger og symptomer i forbindelse med eksponering over ELV for sundhedsmæssige virkninger

Felt	Frekvens	Mulige virkninger og symptomer
Statiske magnetiske felter	0-1 Hz	Interferens med implanteret medicinsk udstyr Kvalme og svimmelhed. Virkninger på blodgennemstrømning, hjerterytme og hjernefunktion (mulig over 7 T) Nervestimulering og muskelsammentrækning (hurtige bevægelser)
Lavfrekvente magnetiske felter	1 Hz-10 MHz	Interferens med implanteret medicinsk udstyr Synsforstyrrelser Nervestimulering, der fører til en prikkende fornemmelse eller smerte Muskelsammentrækning og hjertearytmi
Lavfrekvente elektriske felter	1 Hz-10 MHz	Elektrisk stød og overfladisk forbrænding (berøring af genstande)
Højfrekvente felter	100 kHz over derover	Interferens med implanteret medicinsk udstyr Fornemmelse af varme Varmestress Elektrisk stød og overfladisk eller svær forbrænding (berøring af genstande). Andre symptomer er mulige

Mellemfrekvente felter (100 kHz-10 MHz) producerer en blanding af de symptomer, der produceres af lav- og højfrekvente felter.

11.2. Helbredsovervågning

Arbejdstagernes helbred bør overvåges rutinemæssigt i overensstemmelse med national lovgivning eller praksis. Hvis der ikke forekommer kendte risici eller symptomer fra eksponeringer for elektromagnetiske felter under eksponeringsgrænseværdierne, er der ikke behov for at udføre regelmæssige lægeundersøgelser. Overvågning kan være begrundet af andre hensyn.

Arbejdstagere, der er særligt udsatte for eksponering for elektromagnetiske felter, omfatter gravide og personer med aktivt eller passivt, implanteret medicinsk udstyr eller kropsbåret medicinsk udstyr. Sådanne arbejdstagere skal jævnligt kontaktes af den arbejdsmiljøansvarlige for at sikre, at de forstår de yderligere begrænsninger, der gælder for dem i deres arbejdsmiljø. I den forbindelse kan arbejdstageren også indberette eventuelle utilsigtede eller uventede sundhedsmæssige virkninger og sikre, at situationen overvåges.

Arbejdstagere, der oplever en uventet eller utilsigtet sundhedsmæssig virkning, skal eventuelt undersøges af en læge.

11.3. Lægeundersøgelse

Utilsigtede eksponeringer, der forårsager skader eller kvæstelser, bør behandles som andre arbejdsulykker i overensstemmelse med national lovgivning og praksis.

Hvis en arbejdstager har fået stød og/eller pådraget sig forbrændinger, har smerter eller har forhøjet temperatur, skal vedkommende omgående tilses af en læge eller lignende. Sådanne virkninger skal behandles på sædvanlig måde i overensstemmelse med de foranstaltninger, der er indført på arbejdsstedet. Arbejdstagere, der har fået stød og/eller pådraget sig forbrændinger, skal følges af en læge med relevant ekspertise. Andre arbejdstagere skal eventuelt kontakte deres egen læge vedrørende deres symptomer.

Der er ingen specifikke undersøgelser, som skal gennemføres efter overeksponering for et elektromagnetisk felt. Der er f.eks. ingen dokumentation for, at eksponering for EMF forårsager ændring af blodparametre, som f.eks. blodtælling, urea og elektrolytter, eller af leverfunktionen. En øjenundersøgelse kan dog være hensigtsmæssig, hvis der er tale om overeksponering for højfrekvente felter, og den skal normalt gentages senest tre måneder efter den første undersøgelse. En sådan undersøgelse foretages sædvanligvis af en øjenlæge.

11.4. Journaler

Arbejdstagere, der har været eller formodes at have været eksponeret for felter over eksponeringsgrænseværdierne, bør tilbydes lægeundersøgelse. Sådanne undersøgelser bør være gratis for arbejdstageren, og de bør tilbydes i arbejdstiden. Patientjournaler opbevares i overensstemmelse med national lovgivning og praksis.

Patientjournalerne bør indeholde et resumé af de foranstaltninger, der er truffet, og være i en form, så de senere kan konsulteres, under overholdelse af fortrolighedskrav. Den enkelte arbejdstager bør efter anmodning have adgang til sin egen personlige patientjournal.

Detaljer om overeksponering eller formodet overeksponering bør registreres så hurtigt efter hændelsen som muligt. Disse fortegnelser bør omfatte eksponeringens intensitet og varighed samt feltets frekvens (med henblik på at estimere feltets indtrængningsdybde i kroppen). Det er også vigtigt at fastslå, om hele kroppen eller kun dele af kroppen har været eksponeret, og om arbejdstageren havde en pacemaker eller andet medicinsk udstyr. Eksempler på sådanne fortegnelser findes i det finske arbejdsmiljøinstituts rapport om arbejde i elektromagnetiske felter med en pacemaker (Alanko et al., 2013).

Afsnit 5

REFERENCEMATERIALE

BILAG A. ELEKTROMAGNETISKE FELTER OG NATUREN

De elektromagnetiske felter, vi kender bedst, er nok dem, der forekommer i naturen. Jordens magnetfelt, som vi kan spore på Jordens overflade, dannes sandsynligvis ved elektriske strømme i den flydende del af Jordens jernkerne. Selv om vi ikke helt forstår feltets oprindelse, er den måde, hvorpå det interagerer med magnetiske materialer i kompasser, blevet anvendt til navigation i flere århundreder. Den elektriske ladning, der genereres i tordenskyer, resulterer ligeledes i meget høje spændinger mellem skyerne og Jordens overflade. Disse spændinger danner elektriske felter mellem skyerne og Jorden, der kan føre til store, hurtige udladninger af elektrisk strøm mellem skyen og Jorden, dvs. lyn.

Figur A.1. Naturlige kilder til elektromagnetiske felter: a) et kompas, der bruges til at detektere retningen af Jordens statiske magnetfelt, og b) lyn, dvs. udladninger af høje spændinger mellem skyen og Jorden



A.1. Opdagelsen af elektromagnetisme

Mennesker har kendt virkningerne af statisk elektricitet og magnetisme siden oldtiden. Fremskridtet hen imod en forståelse af selve fænomenet begyndte sandsynligvis, da Luigi Galvani i 1780 opdagede, at man kunne få frølar til at spjætte ved hjælp af elektricitet genereret fra to forskellige metaller. Dette princip blev 10 år senere anvendt af Alessandro Volta i voltasøjlen.

Opdagelserne kom derefter hurtigt efter hinanden i Europa, og i 1820 påviste Hans Christian Ørsted forbindelsen mellem elektrisk strøm og magnetiske felter, da det lykkedes for ham at aflede en kompasnål ved hjælp af en strømførende ledning. Andre Marie Ampere opdagede, at strømførende ledninger producerede kræfter på hinanden, og Michael Faraday undersøgte magnetisk induktion.

Få år senere formulerede James Clerk Maxwell teorien bag elektromagnetisme matematisk og offentliggjorde sin »Treatise on Electricity and Magnetism« i 1873. Maxwells idéer om elektromagnetiske bølger anvendes stadig i dag som grundlaget for elektromagnetisk teori.

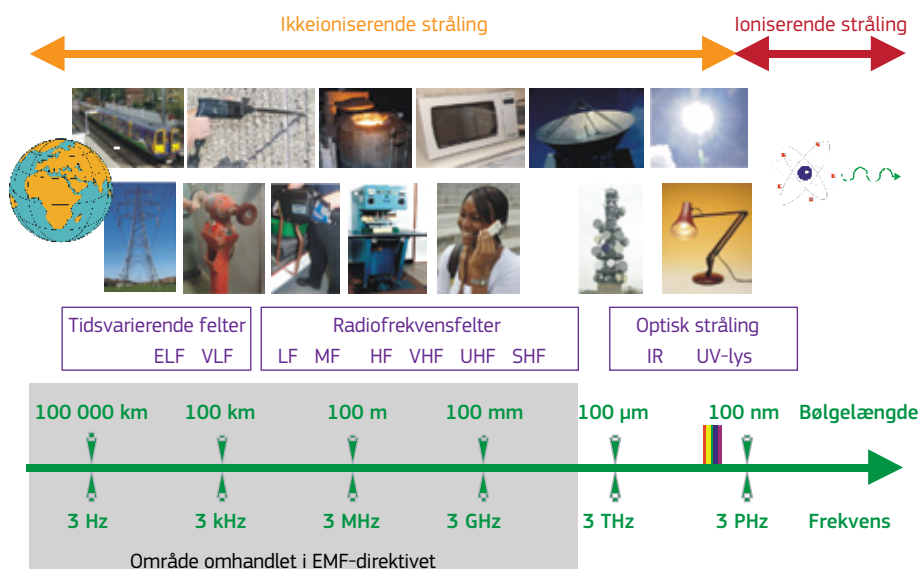
Heinrich Hertz bekræftede Maxwells idéer ved at generere og detektere elektromagnetiske bølger i 1885, og 10 år senere anvendte Guglielmo Marconi denne opdagelse til at sende meddelelser over store afstande ved hjælp af radiosignaler. Som en landvinding for produktionen af elektrisk strøm byggede Nikolai Tesla den første vekselstrømsgenerator i 1892.

Elektromagnetiske felter findes nu overalt i den moderne verden. Det er vanskeligt at forestille sig et moderne samfund uden elektriske apparater. I det 20. århundrede skete der en enorm vækst i anvendelsen af elektrisk energi i industrien og i hjemmene. Der skete en lignende udvikling inden for radio- og TV-transmission, og ved slutningen af århundredet og begyndelsen af det 21. århundrede skete der en revolution inden for telekommunikation med udviklingen af mobiltelefoner og andre trådløse enheder, som nu findes overalt. Elektromagnetiske felter anvendes også i vid udstrækning til specielle formål, som f.eks. radionavigation og medicinsk udstyr.

A.2. Det elektromagnetiske spektrum

Det elektromagnetiske spektrum, der er illustreret i figur A.2, dækker et bredt strålingsområde med forskellige frekvenser og bølgelængder. Forholdet mellem frekvens og bølgelængde er forklaret i bilag C. Den del af dette spektrum, som er omfattet af EMF-direktivet, varierer fra statiske felter (0 Hz) til tidsvarierende elektromagnetiske felter med frekvenser op til 300 GHz (0,3 THz). Inden for dette område findes der stråling, som almindeligvis kaldes statiske felter, tidsvarierende felter og radiobølger (herunder mikrobølger). Andre dele af det elektromagnetiske spektrum, som ikke er omfattet af EMF-direktivet, omfatter det optiske område (infrarøde, synlige og ultraviolette stråler) og det ioniserende område. Disse områder er omhandlet i henholdsvis direktiv 2006/25/EU om kunstig optisk stråling og direktiv 2013/59/Euratom om grundlæggende sikkerhedsnormer.

Figur A.2. Det elektromagnetiske spektrum

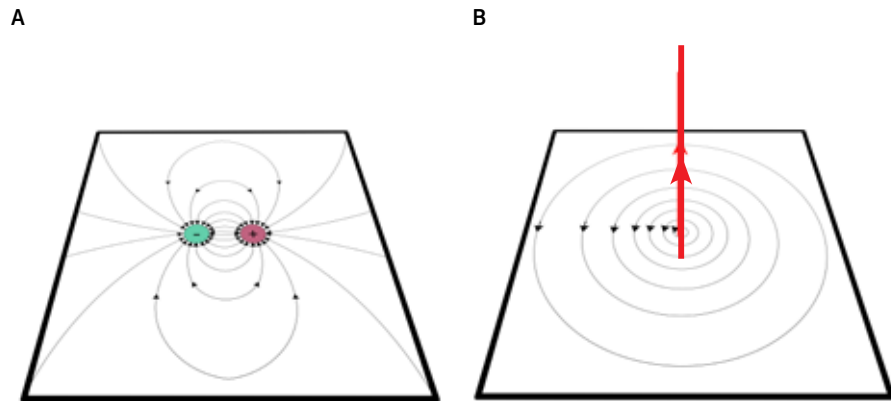


Elektromagnetisk stråling i det frekvensområde, der er omfattet af EMF-direktivet, har ikke tilstrækkelig energi til at fjerne elektroner fra atomerne i et materiale og klassificeres derfor som ikkeioniserende. Røntgenstråler og gammastråler er elektromagnetiske højenergi-stråler, der kan fjerne disse baneelektroner, og klassificeres derfor som ioniserende.

A.3. Produktion af elektromagnetiske felter

Elektriske ladninger producerer et elektrisk felt. Når de bevæger sig, så der dannes en elektrisk strøm, produceres der også et magnetisk felt. Det er sundheds- og sikkerhedsrisiciene fra disse elektriske og magnetiske felter på arbejdsstedet, som EMF-direktivet omhandler.

Figur A.3. Gengivelser af feltlinjer omkring: a) elektriske ladninger og b) en elektrisk strøm vist som en rød linje



Produktionen af et magnetisk felt omkring en permanent magnet er resultatet af summationen af alle de magnetiske felter, der frembringes ved elektronernes ensrettede bevægelse i materialet. I et ikkemagnetisk materiale sker en sådan ensretning ikke, og derfor ophæves de magnetiske felter, der er genereret omkring hvert atom.

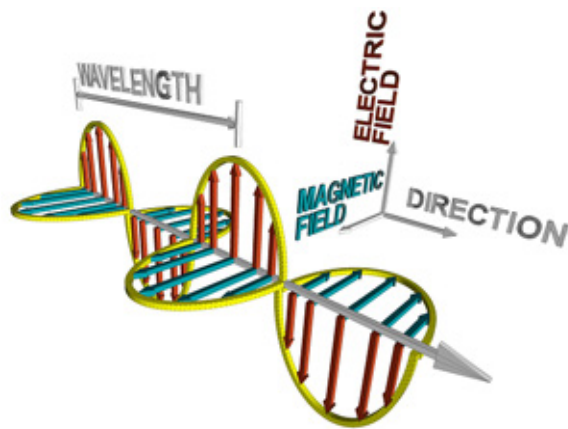
A.3.1. Tidsvarierende felter

Hvis den elektriske ladning på en genstand varierer med tiden, eller ladningens flow (strøm) varierer, produceres der tidsvarierende felter. Karakteren af tidsvarierende felter afhænger af svingningernes frekvens. Ved lave frekvenser kan de elektriske og magnetiske felter anses for at være uafhængige. Når frekvensen stiger til radiofrekvensområdet, bliver felterne tættere forbundet: et tidsvarierende felt inducerer et magnetisk felt og omvendt. Det er denne interaktion mellem elektriske og felter, der gør det muligt for elektromagnetisk stråling at bevæge sig over store afstande.

A.3.2. Stråling fra elektromagnetiske felter

Interaktionen mellem elektriske og magnetiske felter ved radiofrekvenser tillader, at energi stråler væk fra det sted, hvor den er produceret. I det fjerneste felt svinger de to komponenter, et elektrisk felt og et magnetisk felt, ved de rigtige vinkler i forhold til hinanden og i forhold til den retning, hvori bølgen bevæger sig. Det sker ved lysets hastighed. Konstruktionen af transmitteren gør det muligt at udsende stråling i alle retninger eller at koncentrere strålingen i en bestemt retning.

Figur A.4. Elektromagnetisk stråling består af to komponenter, et elektrisk felt og et magnetisk felt, der svinger ved de rigtige vinkler i forhold til hinanden og bevæger sig ved lysets hastighed.



BILAG B.

ELEKTROMAGNETISKE FELTERS INDVIRKNING PÅ SUNDHEDEN

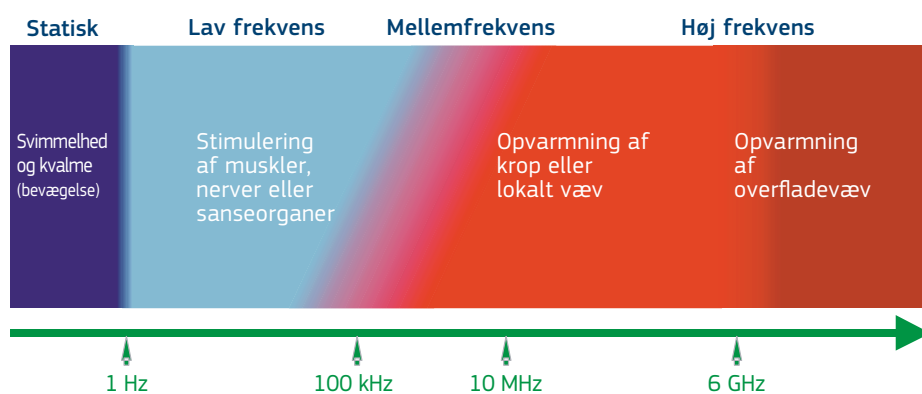
B.1. Indledning

Den reaktion, der forårsages af eksponering for et elektromagnetisk felt, afhænger primært af det pågældende felts frekvens. Det skyldes, at forskellige frekvenser interagerer med kroppen på forskellige måder. Det betyder, at virkningerne af lavfrekvente felter ikke er de samme som virkningerne af højere frekvenser: Lavfrekvente felter forårsager stimulering af nerver og muskler, mens højfrekvente felter forårsager opvarmning.

På grundlag af deres interaktion med mennesker kan elektromagnetiske felter opdeles i fire brede områder (figur B.1): felter med frekvenser på 0-1 Hz (statiske felter), felter med frekvenser på 1 Hz-100 kHz (lavfrekvente felter), felter med frekvenser på 100 kHz-10 MHz (mellemfrekvente felter) og felter med frekvenser på mere end 10 MHz (højfrekvente felter). Over et par GHz er opvarmning i stigende grad begrænset til kroppens overflade.

I EMF-direktivet betragtes virkninger, der opstår som følge af påvirkning af nervesystemet, som ikketermiske virkninger, mens opvarmningsvirkninger, der opstår som følge af eksponering for felter over 100 kHz, betragtes som termiske virkninger.

Figur B.1. Skematisk gengivelse af princippet for direkte virkninger af EMF, som viser de primære breakpoints for frekvenser, der bruges til at definere eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer i EMF-direktivet



Omfanget af reaktionen på en frekvens afhænger af feltets intensitet, idet svagere felter primært frembringer perceptionsvirkninger eller sensoriske virkninger, og stærkere felter frembringer alvorligere reaktioner. For at en reaktion kan forekomme, skal en eksponeringsgrænseværdi overskrides.

EMF-direktivet beskytter eksponerede arbejdstagere ved at fastsætte en serie eksponeringsgrænseværdier (ELV'er). For hvert frekvensområde er der en nedre værdi, som begrænser sensoriske virkninger, og en øvre værdi, som begrænser sundhedsmæssige virkninger (se tabel B.1). Disse værdier er baseret på anbefalinger

fra International Commission on Non-Ionizing Radiation (ICNIRP) og vedrører kun de kortsigtede virkninger af eksponering, som er baseret på dokumenterede biofysiske interaktionsmekanismer.

Tabel B.1. Relevante sundhedsmæssige og sensoriske virkninger anvendt til at begrænse eksponeringer i forskellige frekvensområder

Felt og frekvens	Sensoriske virkninger	Indvirkninger på sundheden
Statisk magnetisk felt 0-1 Hz	Svimmelhed, kvalme, metalsmag	Ændret blodgennemstrømning i lemmer, ændret hjernefunktion Ændret hjerterytm
Lavfrekvente felter 1 Hz-10 MHz	Fosfener (opfattes som lysglimt) (Mindre ændring af hjernefunktion 1-400 Hz)	Prikkende fornemmelse eller smerte (nervestimulation) Muskeltrækninger Hjertearytmi
Højfrekvente felter 100 kHz-6 GHz	Mikrobølgehørelse (200 MHz-6,5 GHz)	Svær helkropsopvarmning eller lokal opvarmning eller forbrænding
Højfrekvente felter 6-300 GHz		Lokal varmeskade på øjne eller hud

Bemærk: Virkningerne af mellemfrekvente felter (100 kHz-10 MHz) er en kombination af virkningerne af lavfrekvente felter og højfrekvente felter.

Det er muligt, at gentagen og langvarig eksponering kan medføre visse endnu ikke identificerede sundhedsrisici, men det fastsættes udtrykkeligt i EMF-direktivet, at det ikke omhandler sådanne potentielle langsigtede virkninger.

B.2. Statiske magnetiske felter (0-1 Hz)

Mennesker i hvile påvirkes generelt ikke af statiske magnetiske felter, muligvis med undtagelse af meget høje intensiteter, hvor der kan forekomme virkninger på hjertet eller hjernen (se tabel B.1). Virkninger opstår dog, når mennesker bevæger sig inden for disse felter. Ved bevægelse produceres der elektriske felter i væv, og de kan berøre nervevæv. I henhold til nylig forskning kan disse virkninger også opstå uden bevægelse. Størrelsen af de inducerede elektriske felter afhænger af de temporale og rumlige gradienter.

Balanceorganerne i ørerne er særligt følsomme og forårsager svimmelhed, når en person går gennem eller hurtigt bevæger hovedet i feltet. Tungen kan også blive påvirket, idet der frembringes smagsfornemmelser, ligesom kvalme og andre symptomer er blevet rapporteret af personer, som arbejder omkring MRI-apparater i drift. Alle disse virkninger er forbigående og ophører, når bevægelsen standses, eller farten sænkes.

Der er ingen dokumentation for, at eksponering forårsager funktionsnedsættelse eller medfører svære utilsigtede virkninger. Langsom bevægelse i feltet vil hjælpe med at forebygge disse virkninger, og hvis den ydre magnetiske fluxtæthed begrænses til 2 T, beskyttes arbejdstageren.

B.3. Lavfrekvente felter (1 Hz-100 kHz)

B.3.1. Lavfrekvente elektriske felter

Lavfrekvente elektriske felter uden for kroppen kan inducere elektriske felter i kropsvævet. Kroppens overflade sørger dog for effektiv afskærmning, som sikrer, at det inducerede felt i kroppen størrelsesmæssigt er meget mindre end det ydre felt.

I princippet kan inducerede elektriske felter frembringe virkninger som de felter, der induceres ved eksponering for lavfrekvente magnetiske felter (se afsnit B.3.2). Afskærmningen betyder dog, at det inducerede elektriske felt sædvanligvis er for svagt til at medføre utilsigtede virkninger for typisk ydre elektriske felter, der typisk findes på arbejdsstedet.

Lavfrekvente elektriske felter har desuden en anden virkning, der ikke ses i forbindelse med magnetiske felter. En arbejdstager kan opleve en prikkende fornemmelse i huden, når vedkommende står i et elektrisk felt af tilstrækkelig intensitet. Det kan nogle gange ske, hvis man står under en højspændingsledning på en tør dag. Det sker, fordi det lavfrekvente elektriske felt oplader kroppens overflade, og denne elektriske ladning får hårene i huden til at bevæge sig og vibrere (ved en frekvens, der er det dobbelte af frekvensen for det lavfrekvente felt). Lignende fornemmelser kan også mærkes, når hår vibrerer mod tøj.

B.3.2. Lavfrekvente magnetiske felter

Lavfrekvente magnetiske felter inducerer elektriske felter i menneskekroppen, hvilket kan medføre stimulering af sansorganer ved lavere feltværdier eller stimulering af nerver og muskler (især i arme og ben) i stærkere felter. Virkningerne på sansorganer er ikke skadelige, men kan være generende eller distraherende for arbejdstagere. Virkningerne i stærkere felter kan dog være ubehagelige eller endda smertefulde.

Forskellige væv udviser maksimal følsomhed over for forskellige frekvenser, og de faktiske virkninger varierer derfor også med frekvensen.

Tabel B.2. Interaktionsområder og maksimal følsomhed for forskellige virkninger

Virkning	Interaktionsområde	Maksimal følsomhed (Hz)
Metalsmag	Receptorer i tunge	< 1 Hz
Svimmelhed, kvalme Stimulering af muskler og nerver	Indre øre (det vestibulære sansesystem) Elektriske felter i væv induceret af blodgennemstrømning	< 0,1-2 Hz
Fosfener	Nethinde i øje	~ 20 Hz
Fornemmelse af berøring og smerte Induceret muskelsammentrækning Virkninger på hjertet	Perifere nerver Perifere nerver og muskler Hjertet	~ 50 Hz

Øjnene er tilsyneladende meget følsomme over for virkningerne af inducerede elektriske felter, og den hyppigst indberettede virkning af eksponering er fosfener, som er synsforstyrrelser i form af glimt i periferien af synsfeltet (næsten samme virkning fås, hvis man forsigtigt masserer sine lukkede øjne). Ved at begrænse det inducerede elektriske felt i nervesystemet undgås disse virkninger, og arbejdstageren beskyttes.

Denne overfladeopladning påvirker ikke kun mennesker. Metalgenstande eller ledende genstande, f.eks. køretøjer eller hegn uden jordforbindelse, kan også oplades af det elektriske felt. En person, der berører sådanne genstande, vil få et lille elektrisk stød. Et stød kan være overraskende, men det kan blive generende eller endda værre, hvis man får gentagne stød fra berøring af genstande. En person, der ikke selv er jordforbundet, og som berører en jordforbundet genstand, kan også få stød. For at sikre den nødvendige beskyttelse skal arbejdstagere, der arbejder under sådanne forhold, have den nødvendige oplæring og anvende isolerende fodtøj, handsker og beskyttelsestøj, ligesom der skal være hensigtsmæssig kontrol af genstandes og personers jordforbindelse.

B.4. Mellemfrekvente felter

Mellemfrekvente felter udgør overgangszonen mellem lavfrekvente felter og højfrekvente felter. Virkningerne i dette område ændrer sig gradvist fra virkninger på nervesystemet til opvarmingsvirkninger, hvor førstnævnte dominerer ved 100 kHz, og sidstnævnte dominerer ved 10 MHz.



Det vigtigste: mellemfrekvente felter

Mellemfrekvente felter defineres i denne vejledning som felter med frekvenser fra 100 kHz-10 MHz, som kan producere både ikke-termiske og termiske virkninger.

Andre definitioner af mellemfrekvente felter anvendes andre steder. Verdenssundhedsorganisationen (WHO) definerer f.eks. mellemfrekvente felter som felter med frekvenser fra 300 Hz-10 MHz.

B.5. Højfrekvente felter

Eksponering af mennesker for felter med frekvenser over 100 kHz forårsager opvarmning via absorption af energi. Afhængigt af forholdene kan dette føre til opvarmning af hele kroppen eller lokal opvarmning af dele af kroppen, f.eks. lemmerne eller hovedet.

Raske voksne kan normalt regulere deres kropstemperatur meget effektivt og opretholde en balance mellem deres mekanismer for varmeudvikling og varmetab. De normale mekanismer for varmetab kan dog ikke håndtere det, hvis energi absorberes for hurtigt, og det fører til en gradvis og konstant stigning i kropstemperaturen på ca. 1 °C eller mere, hvilket fører til varrestress. Dette har ikke kun skadelig indvirkning på en persons evne til at arbejde sikkert, men langvarige stigninger i den indre kropstemperatur på få grader kan være meget farlige.

Hvis den specifikke energiabsorptions hastighed (SAR) sænkes, forhindres varmerelaterede forstyrrelser, og arbejdstageren sikres den nødvendige beskyttelse. Da opvarmning ikke sker øjeblikkeligt, og kroppen kan håndtere øget varmebelastning i korte perioder, beregnes eksponeringsgrænseværdierne som middelværdier for en periode på seks minutter. Derved kan arbejdstagere eksponeres for højere SAR-værdier i korte perioder, såfremt middelværdien ikke overskrides.

Eksponeringsgrænseværdierne er desuden fastsat tilstrækkeligt forsigtigt, så det er ikke nødvendigt at tage højde for andre faktorer, der kan påvirke temperaturreguleringen, f.eks. belastende manuelt arbejde eller arbejde i varmt og fugtigt miljø.

I mange situationer inden for industrien vil eksponeringen dog ikke være homogen, og energien absorberes kun i bestemte dele af kroppen, f.eks. hænder og håndled. Hvis grænsen for hele kroppen blev anvendt i sådanne situationer, kunne der opstå termiske skader i de eksponerede områder (da den absorberede energi ville være koncentreret i en langt mindre vævsmasse). Værdier, der begrænser eksponeringen af dele af kroppen, er derfor også fastsat i EMF-direktivet.

Disse værdier er fastsat med henblik på at undgå overophedning af kroppens varmfølsomme dele, dvs. øjenlenser og testikler (hos mænd). Fostre er også særligt følsomme over for virkningerne af hypertermi hos moderen, og gravide arbejdstagere bør behandles som særligt udsatte arbejdstagere.

Ved de højeste frekvenser, dvs. 6 GHz og derover, trænger felterne ikke i væsentlig grad ind i kroppen, og opvarmningen er generelt begrænset til huden. Beskyttelse ydes ved at begrænse den effekt, der absorberes gennem et lille hudområde.

Pulserende radiofrekvensfelter kan forårsage sanseforstyrrelser i form af »mikrobølgehørelse«. Mennesker med normal hørelse kan opfatte pulsmodulerede felter med frekvenser mellem 200 MHz og 6,5 GHz. Dette beskrives oftest som en summende, klikkende eller poppende lyd afhængigt af feltets modulationskarakteristika. For at feltet kan opfattes, skal pulseringerne typisk vare få tiendedele af et mikrosekund.

Som med lavfrekvente elektriske felter er der risiko for stød eller forbrænding, hvis en person i et højfrekvent felt rører en ledende genstand. Denne risiko er også omhandlet i EMF-direktivet.

BILAG C.

EMF-STØRRELSER OG -ENHEDER

Risiciene fra elektromagnetiske felter afhænger primært af feltets frekvens og intensitet. For at vurdere den fare, der er forbundet med et bestemt elektromagnetisk felt, skal man kunne karakterisere feltet med hensyn til fastsatte fysiske størrelser. De størrelser, der bruges i EMF-direktivet, er beskrevet nedenfor.

EMF-størrelser kan udtrykkes på forskellige måder. Dette gælder især på måleinstrumenters displays, hvor pladsen ofte er begrænset. Ved at kende de forskellige enheder og de forskellige måder, hvorpå de udtrykkes, kan man bedre udnytte de tilgængelige oplysninger. Her er nogle eksempler.

- Præfikser kan bruges til at omregne omfanget af enheden. Det betyder, at 1 volt, 1 V, 1 000 mV og 1 000 000 μ V alle repræsenterer den samme værdi. De mest almindeligt anvendte præfikser findes i tabel C.1.
- Et højtstillet tal eller en potens efter tallet eller enheden angiver den potens, hvori det er opløftet. Således er eksempelvis m^2 lig med kvadratmeter, og denne enhed angiver, at der måles et areal.
- Enheder kan udtrykkes på forskellige måder. 100 volt pr. meter, 100 V/m, 100 $V \cdot m^{-1}$ og 100 Vm^{-1} repræsenterer f.eks. alle den samme værdi.

Tabel C.1. Præfikser anvendt med SI-enheder

Navn	Symbol	Omregningsfaktor
Tera	T	10^{12} eller 1 000 000 000 000
Giga	G	10^9 eller 1 000 000 000
Mega	M	10^6 eller 1 000 000
Kilo	k	10^3 eller 1 000
Milli	m	10^{-3} eller 0,001
Mikro	μ	10^{-6} eller 0,000 001
Nano	n	10^{-9} eller 0,000 000 001



Det vigtigste: notation anvendt i EMF-direktivet

Enheder kan udtrykkes i forskellige formater. I EMF-direktivet udtrykkes enheder i formatet Vm^{-1} . Denne notation benyttes også i denne vejledning.

EMF-direktivet bryder med den videnskabelige konvention ved at bruge et komma som decimaltegn.

C.1. Frekvens (f)

De aktionsniveauer (AL'er) og eksponeringsgrænseværdier (ELV'er), der er anført i EMF-direktivet, er specificeret i henhold til det elektromagnetiske felts frekvens. Frekvens repræsenteres normalt af bogstavet f .

Et elektromagnetisk felts frekvens angiver, hvor mange gange spidsen af den elektromagnetiske bølge går gennem et bestemt punkt hvert sekund. Den repræsenterer antallet af svingninger pr. sekund og er en grundlæggende egenskab for en bølge.

Enheden for frekvens er hertz, som forkortes Hz.

Frekvens er nært knyttet til et elektromagnetisk felts bølgelængde, som angives med symbolet λ . Bølgelængde måles i meter, der forkortes m.

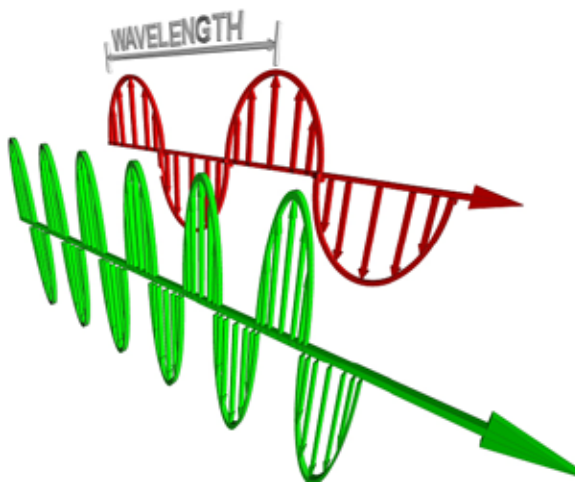
Det antal bølgespidser, der passerer et bestemt punkt på et sekund, afhænger af bølgelængden, idet alle elektromagnetiske bølger bevæger sig med samme hastighed i et vakuum. Felter med længere bølgelængder har derfor lavere frekvenser (figur C.1).

Frekvensen er knyttet til bølgelængden med udtrykket

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

hvor c er lysets hastighed i et vakuum ($3,0 \times 10^8$ msek⁻¹).

Figur C.1. Elektromagnetiske bølger, hvor bølgelængden er angivet. En bølge med længere bølgelængde har en lavere frekvens (rød), og bølger med kortere bølgelængder har en højere frekvens (grøn).



C.2. Elektrisk feltstyrke (E)

Den elektriske feltstyrke på et punkt i et elektrisk felt er den kraft, der virker på en ladet partikel på det pågældende punkt. Det er en vektorstørrelse og har både størrelse og retning. Den elektriske feltstyrke eller det elektriske felts intensitet kan sammenlignes med hældningen af en bakke. Jo stejlere hældningen er, jo stærkere er den kraft, der får genstande til at rulle ned ad bakken. For et elektrisk felt gælder det, at jo større den elektriske feltstyrke er, jo større er kraften på en ladet partikel.

Elektrisk feltstyrke angives normalt med bogstavet E og måles i volt pr. m, som forkortes Vm^{-1} .

Elektriske felter kan findes både i og uden for kroppen. Aktionsniveauerne for elektriske felter under 10 MHz og elektromagnetiske felter over 100 kHz angives som ekstern elektrisk feltstyrke. De eksponeringsgrænseværdier for ikke-termiske virkninger, der præsenteres i bilag II til EMF-direktivet, angives som indre elektrisk feltstyrke i kroppen.

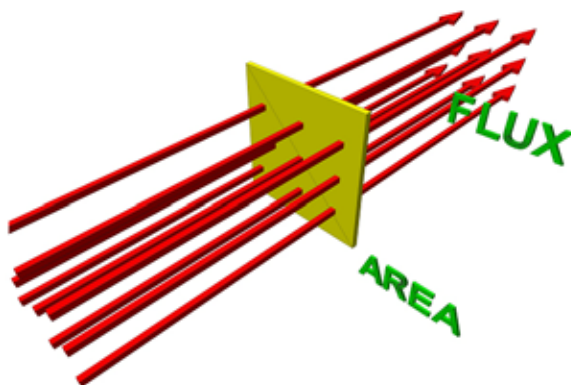
C.3. Magnetisk fluxtæthed (B)

Magnetisk fluxtæthed er et mål for den magnetiske fluxstrøm gennem et bestemt område (figur C.2). Den magnetiske fluxtæthed er større, hvis der er flere feltlinjer i et bestemt område, dvs. at tætheden af fluxlinjer er høj. Den magnetiske fluxtæthed resulterer i den kraft, der virker på ladninger i bevægelse.

Den magnetiske fluxtæthed er et mål for »magnetismens størrelse«. Det er en skalær størrelse, der tager højde for et magnetisk felts styrke og omfang.

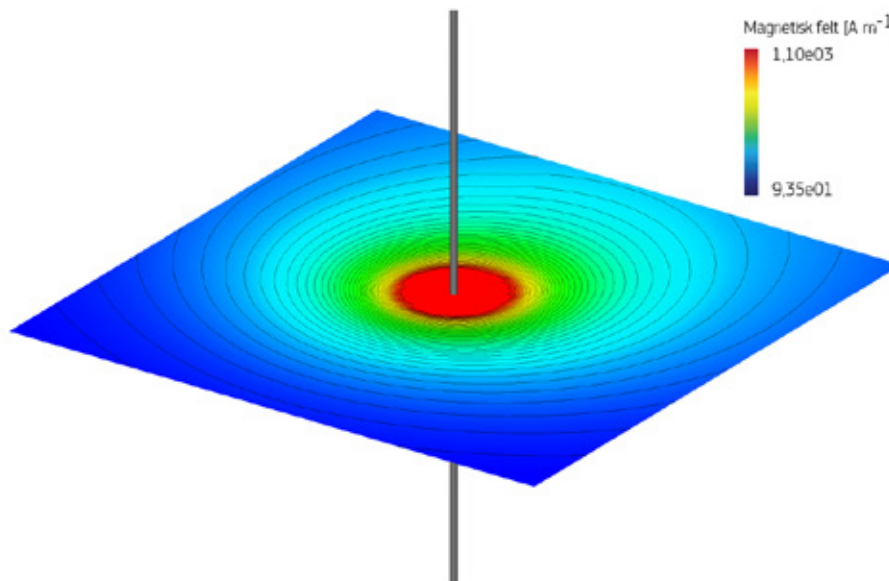
Magnetisk fluxtæthed angives normalt med bogstavet B og måles i enheden tesla, som forkortes T .

Figur C.2. Den magnetiske flux (rød) gennem et defineret område (gul). Den magnetiske fluxtæthed angiver mængden af magnetisk flux pr. områdeenhed og udtrykkes med enheden tesla.



Eksponeringsgrænseværdierne for eksponering for felter mellem 0 og 1 Hz angives med hensyn til magnetisk fluxtæthed, og det samme gør aktionsniveauerne for magnetiske felter mellem 1 Hz og 10 MHz samt elektromagnetiske felter over 100 kHz.

Figur C.3. Den lokale fordeling af magnetisk feltstyrke omkring et 50 Hz-kabel med en strøm på 70 A



C.4. Magnetisk feltstyrke (H)

Ligesom magnetisk fluxtæthed er magnetisk feltstyrke et mål for størrelsen af et magnetisk felt. Magnetisk feltstyrke angives med bogstavet H og måles i ampere pr. meter (Am^{-1}). Magnetisk feltstyrke anvendes ikke i EMF-direktivet, men den anvendes i ICNIRP-retningslinjerne, og mange måleinstrumenter viser deres resultater i denne enhed.

I frit rum kan en magnetisk feltstyrke omregnes til en tilsvarende magnetisk fluxtæthed ved hjælp af formlen:

$$B [\mu\text{T}] \approx H \times 1,25 [\text{Am}^{-1}]$$

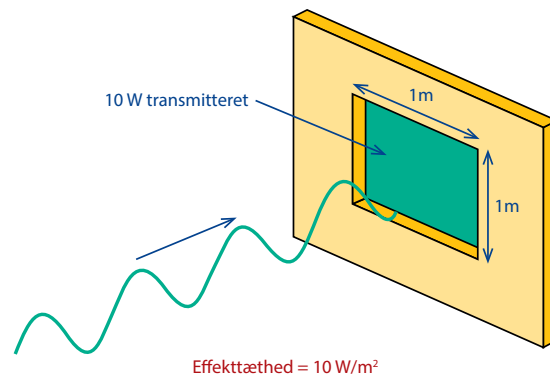
Hvis H har værdien 800 Am^{-1}

Er B omtrentlig lig med $800 \times 1,25 \mu\text{T} = 1\,000 \mu\text{T} = 1 \text{ mT}$

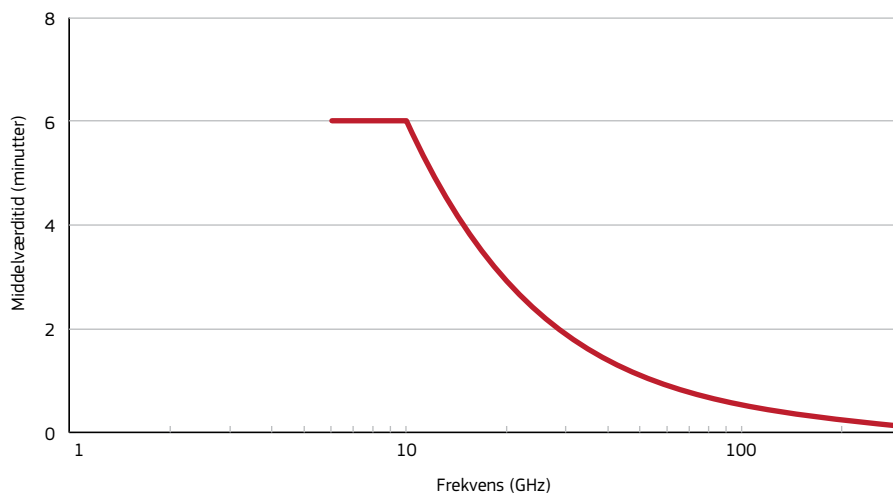
C.5. RF-effektæthed (S)

Ved meget høje frekvenser (over 6 GHz), hvor indtrængningsdybden i kroppen er lav, angives både eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer som effektæthed og har samme numeriske værdi. Effektæthed defineres som strålingseffekten vinkelret på en overflade målt i kvadratmeter. Den angives med symbolet S og udtrykkes i watt pr. kvadratmeter (Wm^{-2}).

Når en effektæthed sammenlignes med den relevante emissionsgrænseværdi og det relevante aktionsniveau, beregnes den som middelværdi for et 20 cm^2 eksponeret område, såfremt effektætheden som middelværdi for et 1 cm^2 eksponeret område ikke overstiger 20 gange emissionsgrænseværdien eller aktionsniveauet (dvs. $1\,000 \text{ Wm}^{-2}$).

Figur C.4. Effekttæthed er strålingseffekten pr. enhed

Effekttæthed kan også beregnes som middelværdi for en tidsperiode, der er afhængig af strålingsfrekvensen. Formlen for denne tidsperiode er anført i note A3-1 og B1-4 i bilag III i EMF-direktivet og er præsenteret grafisk i figur C.5.

Figur C.5. Figur, som viser, hvordan beregningen af middelværditiden for effekttæthed afhænger af frekvens

C.6. Specifik energiabsorptionshastighed (SAR)

Den specifikke energiabsorptionshastighed (SAR) måler den hastighed, hvormed en enhed vævsmasse i kroppen absorberer energi fra elektromagnetisk stråling. Energiabsorptionshastigheden vedrører de termiske virkninger af EMF.

Den specifikke energiabsorptionshastighed måles i watt pr. kg forkortet til Wkg^{-1} .

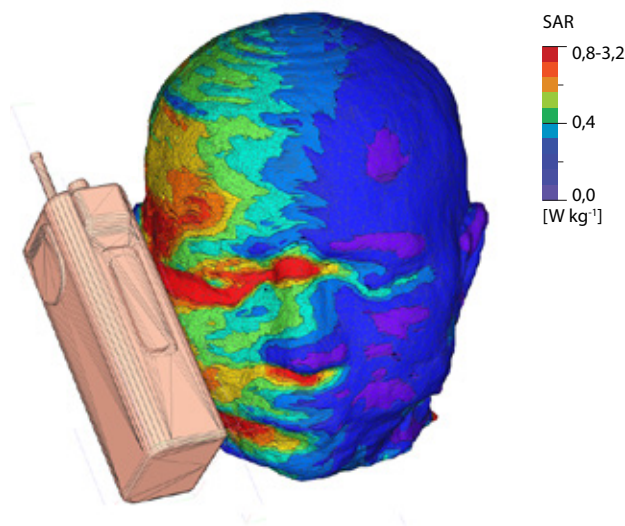
Specifik energiabsorptionshastighed anvendes til at beregne forhøjelser i kropstemperaturen, der følger af helkropseksposeringer. I denne situation beregnes SAR som middelværdi for massen af arbejdstagerens krop. Muligheden for opvarmning af væv og følgelig sundhedsskadelige virkninger stiger med SAR'en. Middelværdi-SAR'en for en arbejdstagers krop er ofte på sit højeste ved den resonante frekvens for arbejdstagerens krop. Den resonante frekvens afhænger af størrelsen og formen af arbejdstagerens krop samt dens retning i forhold til det pågældende elektromagnetiske felt. For en arbejdstager af gennemsnitlig højde og masse forekommer resonansen ved ca. 65 MHz, når arbejdstageren er isoleret fra elektrisk jord, og det pågældende felt er vertikalt polariseret.

Lokal SAR anvendes, når absorptionen af det elektromagnetiske felt finder sted i et lille område af kroppen, f.eks. hovedet, når det eksponeres for et tetrahåndsæt (figur C.6). Lokal SAR beregnes som middelværdi for en masse af 10 g sammenhængende væv i kroppen. SAR for de 10 g sammenhængende væv er et mere præcist udtryk for den lokale energiabsorption og et bedre mål for SAR-fordelingen i kroppen.

Når vævet i kroppen absorberer energi fra et strålingsfelt, tager det tid, inden vævet når termisk ligevægt. Både helkrops-SAR og lokal SAR beregnes som middelværdi for en bestemt tidsperiode (seks minutter).

Eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger for eksponering for elektromagnetiske felter fra 100 kHz til 6 GHz angives som helkrops-SAR og lokal SAR.

Figur C.6. SAR-fordelingen i hovedet fra eksponeringen for et 380 MHz tetrahåndsæt (TerrestrialTrunked Radio)



C.7. Specifik energiabsorption (SA)

Specifik energiabsorption (SA) defineres som den energi, der absorberes pr. masseenhed af biologisk væv, udtrykt i joule pr. kilogram (Jkg^{-1}). I EMF-direktivet anvendes størrelsen til at fastlægge grænser for virkninger fra pulserende mikrobølgestråling.

Eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger for eksponering for elektromagnetiske felter fra 300 MHz til 6 GHz er anført i EMF-direktivet som lokal SA beregnet som middelværdi for 10 g væv.

C.8. Kontaktstrøm (I_c)

Kontakt med passive ledende genstande inden for elektromagnetiske felter kan forårsage strømme i kroppen, som kan føre til stød og forbrænding eller lokal opvarmning. Aktionsniveauer er fastsat for at begrænse denne virkning. Kontaktstrøm angives med I_c og måles i milliamperere (mA).

C.9. Strøm i lemmer (I_L)

Induceret strøm i lemmer er den elektriske strøm, der udledes til jorden fra en person, der er udsat for et elektrisk felt, men som ikke berører en ledende genstand. Den kan måles med et måleinstrument af klemtypen omkring lemmet (figur C.7) eller ved at måle strømmen til jorden. Den angives med I_L og måles i milliamperere (mA).

Figur C.7. Et måleinstrument, der anvendes til at måle strømmen i lemmer under anvendelse af en 27 MHz dielektrisk svejser



BILAG D.

VURDERING AF EKSPONERING

I dette bilag får arbejdsgiverne en oversigt over processen for vurdering af eksponering på arbejdsstedet i forhold til EMF-direktivet, herunder særlige hensyn vedrørende eksponeringer for flere frekvenser og ikkehomogene eksponeringer. Hensigten er ikke at definere detaljerede måleprotokoller for undersøgelse af særligt udstyr eller processer på arbejdsstedet. Med tiden vil Cenelec og andre standardorganisationer udarbejde tekniske standarder til disse formål.

EMF'er er komplekse fysiske agenser, der varierer med tid og rum. Afhængigt af den særlige situation på arbejdsstedet kan eksponeringen være domineret af bølgens elektriske eller magnetiske felt. Bølgen kan svinge ved én frekvens eller bestå af mange frekvenser med uregelmæssige svingninger eller pulser. Frekvens og amplitude kan også ændres med tiden i løbet af driftscyklussen.

I visse situationer inden for industrien vil det være nødvendigt at foretage målinger med henblik på sammenligning med EMF-direktivets aktionsniveauer (AL'er), og det vil i enkelte tilfælde være nødvendigt at anvende beregningsbaserede teknikker til at vurdere eksponeringen i forhold til EMF-direktivets eksponeringsgrænseværdier (ELV'er). Generelt er de mere avancerede vurderingsmetoder mere tids- og ressourcekrævende, men vil give bedre estimeringer af eksponering, som kan reducere overensstemmelsesafstande.

Uanset situationen skal vurderingen tage højde for worst case-eksponeringssituationen med henblik på at afgøre, om arbejdsstedet overholder EMF-direktivet.

D.1. Vurdering af eksponering — Generelle principper

Figur D.1 (Ikketermiske virkninger) og D.2 (Termiske virkninger) samt afsnit D.1.1-D.1.3 illustrerer en mulig metode til at vurdere overensstemmelse, som involverer tre hovedfaser. Der kræves forskellige metoder for lavfrekvente og højfrekvente elektromagnetiske felter for at tage højde for de forskellige måder, hvorpå felterne påvirker mennesker.

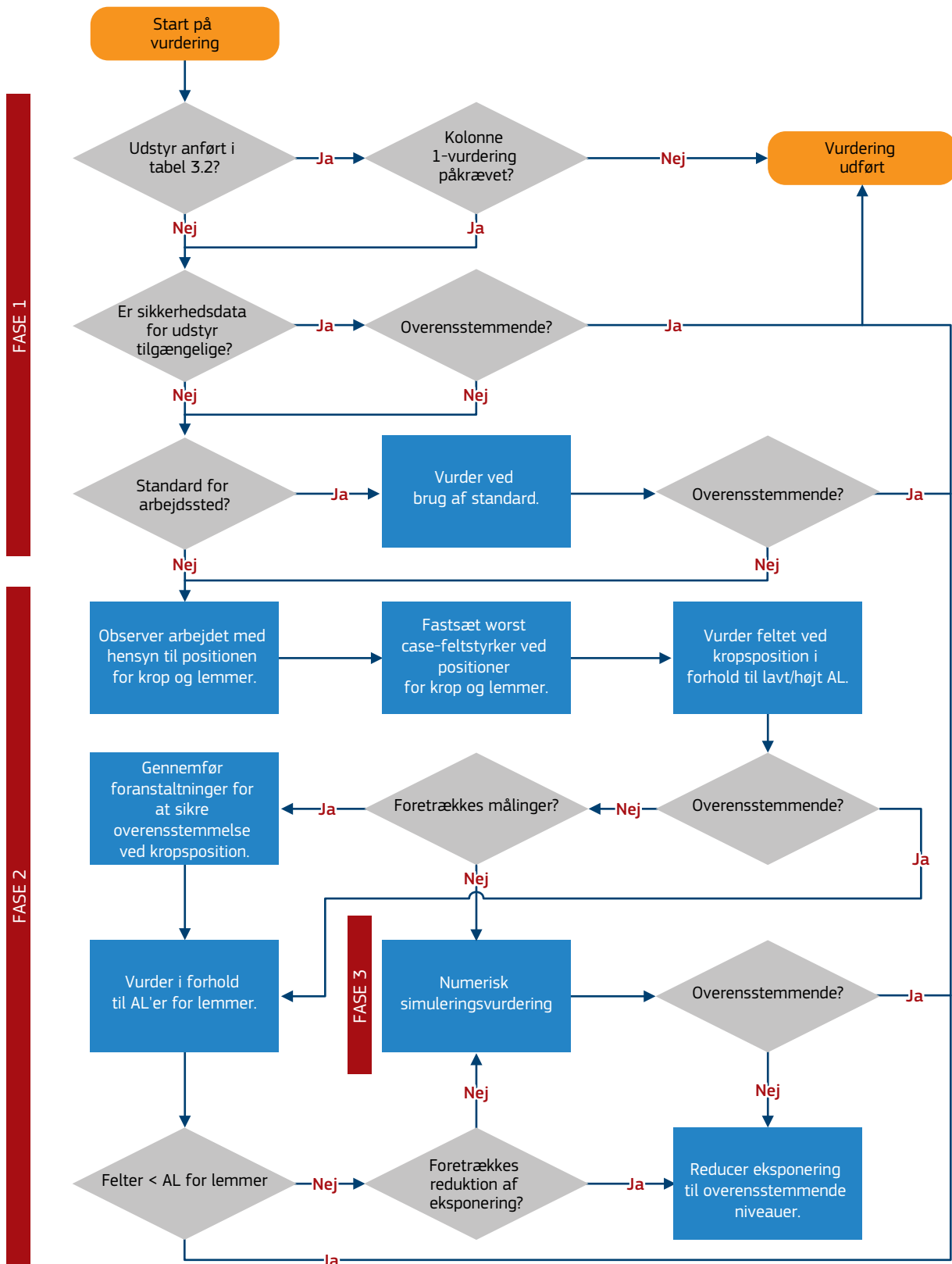
D.1.1. Fase 1 — Indledende vurdering

For at påvise overensstemmelse med EMF-direktivet kan arbejdsgivere anvende fabrikanters oplysninger eller databaser med generiske vurderinger, hvis sådanne oplysninger er tilgængelige. Generelt bør dette sætte arbejdsgivere i stand til at udføre vurderinger internt, hvorved behovet for at anvende specialiseret bistand, som f.eks. sikkerhedsorganisationer, konsulentvirksomheder og forskningsinstitutioner, minimeres.

Det første trin er at identificere og opstille lister over udstyr, situationer og aktiviteter på arbejdsstedet, som kan generere EMF'er. Derefter overvejes det, hvilke af disse der er i overensstemmelse med EMF-direktivet, og hvilke der kræver en mere detaljeret (fase 2 og/eller fase 3) vurdering. Det kan gøres ved at sammenligne med tabellen i kapitel 3.

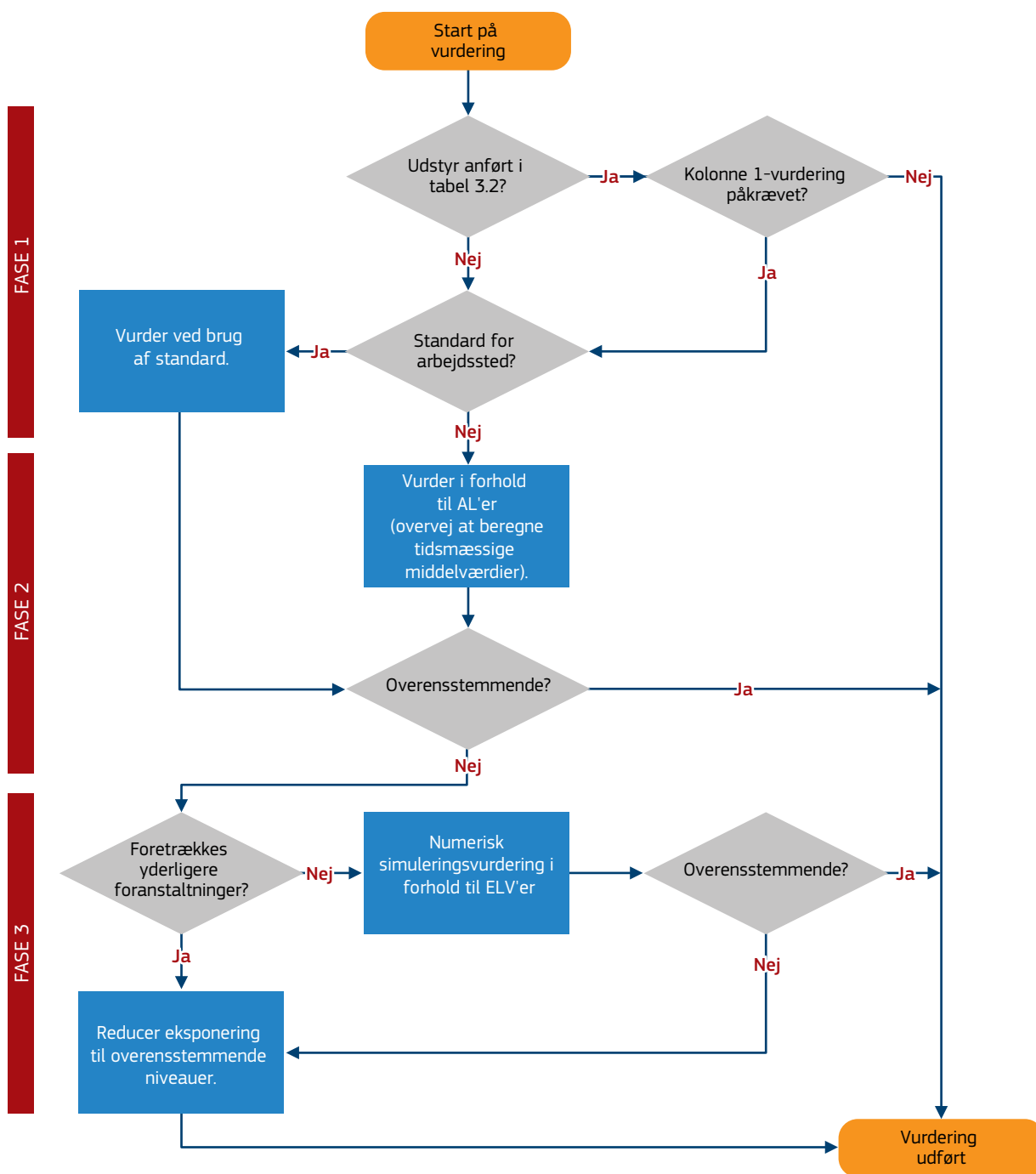
Det meste udstyr samt de fleste aktiviteter og situationer kræver ikke en fase 2- eller fase 3-vurdering, da der enten ikke er nogen felter, eller felterne er meget svage.

Figur D.1. Flowdiagram, der viser de forskellige faser af en EMF-vurdering for ikke-termiske virkninger på et arbejdssted



Bemærk: Flowdiagram henviser til AL'er og ELV'er for ikke-termiske virkninger som defineret i bilag II til EMF-direktivet. Vurdering skal udføres separat for elektriske og magnetiske felter.

Figur D.2. Flowdiagram, der viser de forskellige faser af en EMF-vurdering for termiske virkninger på et arbejdssted



Bemærk: Flowdiagram henviser til termiske virkninger som defineret i bilag III til EMF-direktivet. Vurdering skal udføres separat for elektriske og magnetiske felter.

Maskinfabrikanter har specifikke forpligtelser i henhold til maskindirektivet (se bilag G) til at oplyse om potentielt farlige felter, der produceres af deres udstyr. Fabrikant skal dog ikke påvise overensstemmelse i forhold til EMF-direktivet. Mange fabrikanter vil dog sandsynligvis anerkende de kommercielle fordele ved at give deres kunder de oplysninger, de skal bruge til at påvise overensstemmelse med EMF-direktivet.

I fremtiden vil der sandsynligvis blive udviklet standarder med henblik på at påvise overensstemmelse med EMF-direktivet. Selv om disse standarder vil være informative i stedet for normative, vil de udgøre et grundlag for fabrikanternes oplysninger. Fabrikanters oplysninger vil normalt være anført i de vejledninger, der leveres med udstyret. Hvis ikke, kan det være nødvendigt at kontakte fabrikanten eller leverandøren af udstyret for at anmode om eventuelle tilgængelige oplysninger.

For at udstyr kan betegnes som fase 1-overensstemmende, skal det installeres, anvendes og vedligeholdes i henhold til fabrikantens anvisninger. Det skal også overvejes, om eksponeringsforholdet med sandsynlighed vil være anderledes under vedligeholdelse/service/repairation. I det tilfælde skal der muligvis udføres en mere detaljeret fase 2-vurdering.

Arbejdssteder, der er fase 1-overensstemmende, skal ikke vurderes yderligere, og arbejdsgiveren skal kun dokumentere resultaterne som et led i den overordnede risikovurdering. Hvis det ikke kan påvises, at arbejdsstedet er fase 1-overensstemmende, skal der udføres en fase 2- og muligvis en fase 3-vurdering.

D.1.2. Fase 2 — Vurdering i forhold til aktionsniveauer

Nogle typer udstyr, aktiviteter og situationer, f.eks. dem med »Ja« i kolonne 1 i tabel 3.2, kræver en mere detaljeret vurdering. Den kan foretages ved hjælp af oplysninger, der indhentes fra fabrikanter eller andre kilder. Hvis sådanne oplysninger ikke umiddelbart er tilgængelige, skal overensstemmelsen oftest vurderes ved hjælp af målinger eller beregninger. Generelt anvendes målebaserede metoder til at vurdere overensstemmelse med aktionsniveauer, mens mere komplekse numeriske modelleringsteknikker bruges til at vurdere overensstemmelse med eksponeringsgrænseværdier.

D.1.2.1. Forberedelsesfase

Når en fase 2-vurdering forberedes, skal arbejdsgiveren først fastlægge, hvad han ved om udstyret, aktiviteten eller situationen. Registrer oplysninger om, hvordan arbejdet udføres, sammen med de oplysninger, som fabrikanten eller leverandøren eventuelt har stillet til rådighed.

For at kunne vælge den mest hensigtsmæssige vurderingsmetode er det vigtigt at forstå, hvordan arbejdet udføres, og forstå egenskaberne for det udstyr, der genererer felter. Dette omfatter generelt oplysninger om frekvens, spænding, effekt og belastningscyklus.

- Tjek fabrikantens brugsanvisning og de tekniske specifikationer, der fulgte med udstyret, for at få kendskab til udstyret, og hvordan det anvendes.
- Overvej, hvordan arbejdet udføres, og hvor operatøren og de øvrige arbejdstagere befinder sig på arbejdsstedet. Overvej også, hvor arbejdstagerne befinder sig under vedligeholdelse og reparation, som kan kræve en anden vurdering.
- Overvej, hvem der er til stede i arbejdsområdet. Er der arbejdstagere, som har oplyst, at de er gravide, har et medicinsk implantat eller anvender kropsbåret medicinsk udstyr?

D.1.2.2. Afgrænsningsfase

I de fleste situationer er det nødvendigt at foretage afgrænsnings- eller pilotmålinger på arbejdsstedet med henblik på at undersøge karakteren af det felt, der skal vurderes. Disse målinger udføres ved begyndelsen af undersøgelsen og hjælper med at afgøre de typer målinger og instrumenter, der skal bruges for at vurdere felterne korrekt. I tabel D.1 vises eksempler på faktorer, der skal tages i betragtning i afgrænsningsfasen.

Tabel D.1. Overvejelser ved afgrænsning inden fase 2

EMF-attribut	Eksempel på overvejelser	Betydning for vurderingen
Omhandlet fysisk størrelse	Er feltet magnetisk, elektrisk eller begge dele?	Afgør den type instrument, der skal bruges til at foretage målinger.
Frekvens og amplitude	Varyerer feltet som en kontinuerlig bølge ved én frekvens, eller er det en kompleks bølgeform, der består af flere frekvenser?	Afgør den type instrument, der skal bruges til at foretage målinger. Simple sinusbølger ved én bestemt frekvens kan vurderes ved brug af simple bredbåndsinstrumenter, og resultaterne kan sammenlignes direkte med aktionsniveauer. Komplekse bølgeformer kan kræve brug af avancerede spektrale teknikker for at identificere de forskellige frekvenskomponenter og komplekse analyser, som f.eks. RMS og metoder med spidsværdier eller vægtede gennemsnit, med henblik på sammenligning med aktionsniveauer (se afsnit D.3).
Lokale karakteristika	Varyerer feltets styrke på tværs af det undersøgte sted? I det tilfælde vil eksponeringen sandsynligvis være ikkehomogen.	Overvej probens størrelse samt placeringen og antallet af målinger. Målinger skal foretages for at tage højde for worst case-eksponeringssituationer (se afsnit D.2).
Tidsmæssige karakteristika	Varyerer feltet i frekvens og/eller styrke i løbet af driftscyklussen?	Afgør de instrumenter, der skal bruges, samt tidspunkterne for og varigheden af målinger. Loginstrumenter kan være tilgængelige. I det tilfælde skal samplingfrekvensen og integrationsperioden for en måling tages i betragtning. Målinger skal foretages for at tage højde for worst case-eksponeringssituationer. Udfordringen er at registrere feltet længe nok og ved en tilstrækkelig samplingfrekvens til, at den maksimale feltværdi kan registreres.

D.1.2.3. Omhandlet fysisk størrelse

Ved lave frekvenser skal elektriske og magnetiske felter vurderes separat. I mange industrielle processer anvendes der højeffektudstyr, som producerer magnetiske felter. Stærke elektriske felter er mindre almindelige på arbejdsstedet, fordi høje spændinger eller åbne (uafskærmede) ledere kun anvendes til få formål. Magnetiske felter er vanskeligere at undersøge.

Det er også vigtigt at fastlægge, om eksponeringen sker i fjernfeltet, på et sted i afstand fra kilden eller i nærfeltsområdet. Grænsen mellem fjernfeltet og nærfeltet afhænger primært af feltets bølgelængde og kildens størrelse. I fjernfeltet er der et simpelt forhold mellem elektriske og magnetiske felter, som bestemmes af bølgeimpedansen. Det betyder, at man kan vurdere enten det elektriske felt eller det magnetiske felt for at vurdere den samlede eksponering.

Forholdet mellem de magnetiske og elektriske felter i nærfeltsområdet tæt på kilden er mindre forudsigteligt, da felterne kan variere betydeligt over meget korte afstande, og de skal derfor vurderes hver for sig. Det er generelt vanskeligt at foretage målinger i nærfeltet, fordi feltniveauerne kan variere over meget korte afstande, og selve sensoren kan blive forbundet med feltet og derved påvirke målingen. I industrielle situationer, der involverer kraftoverføring og opvarmning, kræver kildens størrelse og signalets frekvens, at elektriske og magnetiske felter vurderes hver for sig.

Meningsfulde målinger kan muligvis ikke foretages i nærfeltet. Hvis det er tilfældet, skal der udføres en fase 3-vurdering, som anvender numerisk modellering.

D.1.2.4. Lokal variation

Der er vigtigt allerede tidligt i undersøgelsen at fastlægge, hvordan feltet er distribueret i forhold til arbejdstagerens position, og hvordan feltet varierer på tværs af arbejdspladsen. Ved vurderingen skal der tages højde for, hvor den maksimale feltstyrke forekommer i forhold til arbejdstagerens position, og i mange situationer vil feltet hurtigt fortabe sig med afstanden fra dets kilde.

Hvis feltet varierer betydeligt over meget korte afstande, bør probens størrelse overvejes omhyggeligt, da store prober kan give forkerte resultater i sådanne situationer. Aktionsniveauer, der er relevante for eksponering af lemmer, kan være mere relevante under sådanne omstændigheder, afhængigt af den eksponerede kroppsdel, og de er mindre restriktive end de andre aktionsniveauer.

Metoder til lokal beregning af middelværdier og påvisning af overensstemmelse i situationer med ikkehomogen eksponering er omhandlet i afsnit D.2 i dette bilag.

D.1.2.5. Beskrivelse af bølgeformen

Mange af de EMF'er, der findes på arbejdsstedet, varierer som en kontinuerlig bølge af samme frekvens. Hvis det er tilfældet, kan der udføres en relativt simpel vurdering, som kun kræver brug af simple bredbåndsinstrumenter. Nogle typer industriudstyr producerer komplekse bølgeformer, der udgøres af flere frekvenser, og i disse situationer er det nødvendigt at bruge avancerede instrumenter, som f.eks. en spektrumanalysator eller et bølgeregistreringsinstrument, til at undersøge signalet.

Vurderinger, der involverer flere frekvenser og komplekse bølgeformer, vurderes i detaljer i afsnit D.3 i dette bilag.

D.1.2.6. Tidsvariation

Det er vigtigt at afgøre, hvordan feltets frekvens og/eller styrke (amplitude) varierer over tid. I nogle situationer ændres feltet i driftscyklussen, og i det tilfælde skal vurderingen tage højde for ændringer i feltstyrke og frekvens og identificere det tidspunkt, hvor maksimums- eller spidsfeltet forekommer.

De tidsmæssige ændringer kan være planlagte, f.eks. den måde, hvorpå signaler er moduleret til at overføre information i telekommunikationssystemer, eller tilfældige, f.eks. de harmoniske signaler, der produceres ved induktionsopvarmningsprocesser, eller hvis ensretning af vekselstrøm eller hurtig strømskift bruges til at styre strømforsyningen i visse typer industriudstyr. Det er vigtigt at identificere harmoniske signaler, når disse forekommer, fordi aktionsniveauerne og eksponeringsgrænseværdierne varierer med frekvens. Den måde, hvorpå eksponeringer ved flere frekvenser bør behandles i eksponeringsvurderingen, er omhandlet i afsnit D.3.

Mange moderne instrumenter har logfunktioner, hvorved feltet kan registreres ved allerede fastsatte samplingintervaller i perioder på op til flere timer. Samplingfrekvensen vælges ud fra, hvor hurtigt feltet varierer med tid. Hvis samplingfrekvensen er for langsom i forhold til feltvariationen, registreres spidsniveauet ikke, og eksponeringen undervurderes. Integrationsperioden for instrumentet, dvs. den tid, det tager for måleren at behandle og registrere signalet, skal også overvejes omhyggeligt, da eksponeringen kan under- eller overvurderes, hvis feltet hurtigt ændres i løbet af integrationsperioden. De fleste moderne instrumenter kræver en integrationsperiode på mindst et sekund. Hvis feltet ændres hurtigt, bør spidssignalet eller hele bølgeformen derfor registreres.

D.1.2.7. Statiske magnetiske felter

EMF-direktivet indeholder eksponeringsgrænseværdier for ydre magnetiske felter fra 0 Hz-1 Hz. Bevægelse i statiske magnetiske felter producerer inducerede elektriske felter i kroppen svarende til dem, der produceres af lavfrekvente tidsvarierende felter. Den EMF-vurdering, der skal udføres i denne situation, er omhandlet i afsnit D.4.

D.1.2.8. Primær undersøgelsesfase

Sikkerhedsaspekter af målinger

Ud over de sædvanlige hensyn til sikkerheden på et arbejdssted bør det sikres, at den person, som udfører målingen, ikke selv eksponeres for EMF'er, der overstiger aktionsniveauerne eller eksponeringsgrænseværdier, og ikke udsættes for indirekte virkninger. Det er god praksis at indlede målingen i en vis afstand fra kilden til felterne. Det sikrer, at den pågældende ikke eksponeres for felter over aktionsniveauet eller emissionsgrænseværdien, og beskytter instrumentet mod skade i højfrekvente felter, der kan forekomme tæt på en stærk kilde.

Særlig omhu skal udvises inden for statiske magnetiske felter for at undgå risikoen for projektil virkninger, og i stærke elektriske felter skal mikrostrøm og kontaktstrømme undgås.

Der bør foretages en hensigtsmæssig risikovurdering, og passende beskyttelses- eller forebyggelsesforanstaltninger bør gennemføres. Disse foranstaltninger kan også være primært organisatoriske foranstaltninger.

Undersøgelsesmetode

Placeringen af, tidsplanen for og varigheden af målingerne bør omhyggeligt overvejes. Undersøgelsen indledes normalt ved at tale med arbejdstagerne for at finde ud af, hvilke opgaver de udfører, og en periode, hvor de observeres, mens de arbejder, med henblik på at identificere positioner for krop og lemmer, som skal måles. Ved vurderingen bør der tages hensyn til de aktiviteter, der normalt udføres, herunder normal drift, rengøring, fjernelse af blokeringer, vedligeholdelse og service/repairation, hvis dette foretages internt.

Ved de fleste undersøgelser anvendes spotmålinger på definerede positioner på arbejdsstedet eller på specifikke positioner omkring EMF-kilder. De bør afspejle de områder, som arbejdstagerne befinder sig i, når de udfører deres opgaver som omhandlet ovenfor. Det bør dog bemærkes, at de aktionsniveauer, der er anført i EMF-direktivet, er værdier uden krop, og arbejdstageren bør derfor ikke være til stede under den faktiske måling (se nedenfor). For at tage højde for eventuel feltvariation over tid kan måleinstrumenterne indstilles til at registrere feltet på forskellige steder, mens der foretages spotmålinger.

Det er god praksis at gentage målinger på det samme sted ved forskellige intervaller i løbet af vurderingen med henblik på at sikre, at målingerne er stabile, og at måleinstrumenterne fungerer efter hensigten.

Det er vanskeligere at måle elektriske felter end magnetiske felter, fordi elektriske felter nemt forstyrres af omgivende genstande, herunder menneskekroppen. I EMF-direktivet defineres uforstyrrede aktionsniveauer. Det er derfor vigtigt, at arbejdstagernes og kontrollørens kroppe holdes i tilstrækkelig afstand fra måleproben (og at proben holdes væk fra metalgenstande), når sådanne målinger foretages.

Instrumenter

For at få en gyldig vurdering er det vigtigt, at målingerne foretages ved hjælp af de rigtige instrumenter, og de varierer efter karakteren af det EMF, der vurderes. Instrumentets tekniske specifikationer vurderes for at sikre, at det er egnet til at måle

det signal, der undersøges. I nogle situationer kan det være nødvendigt at måle både de elektriske felter og de magnetiske felter. Hvis man ved, at kilden arbejder ved frekvenser over 10-20 MHz, og operatøren befinder sig i fjernfeltet, kan feltstyrken for elektriske og magnetiske felter omregnes til det ene eller det andet baseret på værdien af impedansen for frit rum ($Z_0 = 377 \text{ ohm } (\Omega)$). Et andet vigtigt krav er, at instrumenterne skal være kalibreret til sporbare standarder, så det sikres, at de fungerer korrekt. Når undersøgelsen påbegyndes, skal instrumentet altid være indstillet til dets højeste måleområde for at minimere risikoen for at overbelaste det.

Instrumenter med en sensor for en akse måler kun én komponent af feltet. Når sensorer af denne type anvendes, er det derfor vigtigt, at det anvendes i tre ortogonale retninger på målestedet, så det resulterende felt kan beregnes. Mere avancerede instrumenter har tre ortogonale sensorer, der kan måle det resulterende felt. Probens størrelse skal også tages i betragtning, da proben skal være mindre end det område, feltet varierer over. Yderligere oplysninger om probestørrelser findes i IEC617861.

Mange moderne instrumenter kan indstilles til at måle spidsværdier eller RMS-værdier, som direkte kan sammenlignes med EMF-direktivets grænseværdier. Aktionsniveauerne i EMF-direktivet er normalt angivet som RMS-værdier. RMS-måleapparater kan dog ikke altid anvendes til at måle felter, der er produceret af punktsvejsje- eller RFID-udstyr, hvor signalet kan være pulseret, og hvor feltændringerne er meget hurtigere end gennemsnitstiden for instrumentet. I situationer med komplekse signaler foretrækkes vægtede spidseksponeeringsvurderinger (se afsnit D.3).

Nogle af de primære faktorer, der skal tages i betragtning ved valg af instrumenter, er opsummeret i tabel D.2.

Tabel D.2. Faktorer, der skal tages i betragtning ved valg af instrumenter

EMF-egenskab, der skal vurderes	Krav til instrument
Frekvens	Instrumentet skal kunne reagere på hele frekvensområdet i det undersøgte signal.
Amplitude	Instrumentet skal have et tilstrækkeligt stort dynamisk område til at måle de feltstyrker, der sandsynligvis kan forekomme.
Modulationskarakteristika	Instrumentet skal kunne registrere forskellige modulationstyper.
Tidsmæssig variation/ belastningscyklus	Overvej instrumentets samplingfrekvens og integrationstid samt varigheden af logperioden.
Lokal variation	Proben skal være mindre end det område, feltet varierer over.
Placering: Indendørs/udendørs/begge Instrumentets vægt/holdbarhed	Udendørsundersøgelser væk fra strømnettet kræver et tilstrækkeligt holdbart batteri. Er instrumentet egnet til udendørsundersøgelser?

Rapportparametre

Eksempler på nøgleparametre, der skal registreres som en del af arbejdsstedvurderingen, vises i tabel D.3.

Hvis fase 2-vurderingen viser, at de omgivende felter er under aktionsniveauerne, er arbejdsstedet i overensstemmelse med EMF-direktivet, og vurderingen kan afsluttes (figur D.1).

Hvis eksponeringsgrænseværdierne eller aktionsniveauerne for statiske felter overskrides, skal arbejdsgiveren gennemføre de nødvendige forebyggelses- eller beskyttelsesforanstaltninger.

Hvis de lave aktionsniveauer overskrides ved lave frekvenser, skal arbejdsgiveren udføre en yderligere vurdering i forhold til de høje aktionsniveauer. Hvis målingerne er under de høje aktionsniveauer, kan arbejdsgiveren vælge at gennemføre beskyttelses- eller forebyggelsesforanstaltninger, herunder oplæring af arbejdstagere, eller udføre en fase 3-vurdering for at påvise overensstemmelse med eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger.

Table D.3. Eksempel på parametre, der skal registreres på et måleblad

Parameter	Bemærkning
Dato og tid for undersøgelsen	Reference
Kontaktperson/sted/strukturer	Reference
Vurderet arbejdssted	Anvendt udstyr, herunder resumé af specifikationer
Vurderet arbejdstageropgave eller -aktivitet	Rutinedrift, vedligeholdelse eller rengøring
Omhandlet fysisk størrelse	Elektrisk felt, magnetisk felt eller effekttæthed
Oplysninger om måleinstrumenter	Bredbånds- eller smalbandsmåler, frekvenssvar, dynamisk område, samplingfrekvens, kalibreringsdato og usikkerhed.
Målestrategi	Spids-/RMS-værdi Resultat, x, y, z Punktmålinger eller udvidede målinger Samplingsteder (vedlæg evt. diagram eller kort) Samplingfrekvens

Hvis de målte felter overstiger de høje aktionsniveauer, skal omfanget af feltet vurderes ud fra arbejdstagerens eksponerede kropsdel, og felterne skal, hvis det er relevant, sammenlignes med aktionsniveauerne for lemmer. Hvis eksponeringen ikke er lokal, eller den lokale eksponering overstiger aktionsniveauerne for lemmer, har arbejdsgiveren to muligheder. Han kan gennemføre beskyttelses- og/eller forebyggelsesforanstaltninger eller gå videre til en fase 3-vurdering med henblik på at vurdere overensstemmelsen med eksponeringsgrænseværdier (se afsnit D.1.3).

Hvis de omgivende felter overstiger aktionsniveauerne ved høje frekvenser, kan arbejdsgiveren igen vælge at gennemføre beskyttelses- og/eller forebyggelsesforanstaltninger eller gå videre til en fase 3-vurdering.

Hvis aktionsniveauerne for kontaktstrøm overskrides, skal arbejdsgiveren gennemføre de nødvendige forebyggelses- eller beskyttelsesforanstaltninger.

D.1.3. Fase 3 — Vurdering i forhold til eksponeringsgrænseværdier (ELV'er)

D.1.3.1. Indledning

I EMF-direktivet defineres eksponeringsgrænseværdier, der har til formål at begrænse de inducerede elektriske felter og den specifikke energiabsorptions-hastighed (SAR) i kroppen. Det er ikke nemt at måle sådanne størrelser, og ved en fase 3-vurdering anvendes der derfor ofte avancerede numeriske modelleringsteknikker for at afgøre, om eksponeringsgrænseværdierne overholdes. Der kan dog anvendes visse målemetoder.

Aktionsniveauerne giver et konservativt estimat af de maksimale omgivende felter, som en arbejdstagers krop kan eksponeres for uden at overskride de relevante eksponeringsgrænseværdier. Hvis målinger viser, at et aktionsniveau muligvis overskrides i en bestemt eksponeringssituation, kan det være nødvendigt at foretage en dosimetrisk vurdering for at afgøre, om eksponeringsgrænseværdierne overholdes.

Numeriske simuleringer kan anvendes til at vurdere, om de elektromagnetiske felter, der produceres af en enhed, bevirker, at eksponeringsgrænseværdierne overskrides. Ved hjælp af simuleringer og elektronisk dosimetri forbindes aktionsniveauerne (udvendigt målte uforstyrrede elektromagnetiske felter) med eksponeringsgrænseværdierne (modellerede dosisstørrelser, der repræsenterer det elektromagnetiske felts interaktion med menneskekroppen). Disse simuleringer bruges til at oversætte elektromagnetiske feltværdier, der er målt uden tilstedeværelse af en krop, til dosisstørrelser i kroppen.

De dosisstørrelser, der indgår i eksponeringsgrænseværdierne, omfatter inducerede feltstyrker, den specifikke energiabsorptions hastighed (SAR) og effektæthed. Indvirkninger på sundheden og dermed dosisstørrelser afhænger af feltets frekvens. Ved lave frekvenser angives eksponeringsgrænseværdier i EMF-direktivet med hensyn til inducerede elektriske feltstyrker, mens SAR og effektætheder anvendes ved højere frekvenser (tabel D.4).

Tabel D.4. Potentielle sundhedsskadelige biologiske virkninger, emissionsgrænseværdier og aktionsniveauer

Frekvens	Potentiel sundhedsskadelig biologisk virkning	Dosisstørrelse i ELV (numerisk simuleret)	Eksponeringsstørrelse i AL (typisk målt)
1 Hz-10 MHz	Virkninger på centralnervesystemet (CNS) og det perifere nervesystem (PNS)	Inducerede elektriske felter i stimulerede væv i V/m	Elektrisk feltstyrke, magnetisk fluxtæthed, induktions- og kontaktstrømme
100 kHz-6 GHz	Opvarmning af væv	SAR i W/kg SA i J/kg	(Elektrisk feltstyrke) ² , (magnetisk fluxtæthed) ² , induktions- og kontaktstrømme
6 GHz-300 GHz	Overfladeopvarmning	Effektæthed i W/m ²	(Elektrisk feltstyrke) ² , (magnetisk fluxtæthed) ² og effektæthed

D.1.3.2. Elektromagnetiske feltinteraktioner med menneskeligt væv

Lavfrekvente felter

Ved lave frekvenser kan elektriske og magnetiske felter betragtes som uafhængige (såkaldt kvasistatisk approksimation) og kan derfor behandles separat.

Ydre elektrisk felt

Menneskekroppen vil forstyrre et lavfrekvent elektrisk felt betydeligt. I de fleste eksponeringssituationer er det ydre elektriske felt orienteret vertikalt i forhold til jorden. Menneskekroppen er en god leder ved lave frekvenser, og de indre elektriske felter, der induceres i kroppen, er mange gange mindre end det påførte ydre felt.

Fordelingen af ladninger, der induceres på overfladen fra eksponeringen for et ydre felt, er ikkehomogen. Resultatet er en næsten vertikal orientering af de indre strømme, der induceres i kroppen. En anden faktor, der har stor betydning for størrelsen og den lokale fordeling af de inducerede elektriske felter i kroppen, er kontakten mellem mennesket og elektrisk jord. De højeste indre elektriske felter induceres, når kroppen er i perfekt kontakt med jorden gennem begge fødder. Jo mere isoleret kroppen er fra elektrisk

jord, jo lavere er de elektriske felter, der induceres i væv. Derfor kan man opnå en vis beskyttelse mod virkningerne af lavfrekvente felter ved at bære isolerede arbejdssko.

Ydre magnetisk felt

I modsætning til elektriske felter forstyrres magnetiske felter ikke af menneskekroppen. Det magnetiske felt i menneskevæv er det samme som det ydre magnetiske felt. Det skyldes, at den magnetiske gennemtrængelighed i væv er den samme som i luften. Magnetiske materialer (f.eks. magnetit) kan forekomme i væv, men i så små mængder, at de i praksis kan ignoreres.

Et ydre magnetisk felts primære interaktion med kroppen er den Faradayinduktion, der er forbundet med strømflow i ledende menneskevæv. I ensartet væv, der består af forskellige konduktivitetsområder, kan strømme også bevæge sig i grænsefladerne mellem disse områder.

Højfrekvente felter

Ved høje frekvenser kan menneskekroppen betragtes som en ufuldstændig ledende antenne. Elektriske felter og strømme induceres i kroppens væv. Hvis kroppen står på et horisontalplan, vil de inducerede strømme bevæge sig gennem kroppen i vertikal retning via fødderne til jorden. Inducerede elektriske felter og strømme forårsager termiske virkninger i menneskevæv, både lokalt og i hele kroppen. Størrelsen og den lokale fordeling af disse inducerede elektriske felter afhænger af eksponeringens sammensætning og frekvens.

Kroppen har en naturlig resonansfrekvens, der afhænger af dens højde. Radiofrekvente elektromagnetiske felter absorberes mere effektivt ved frekvenser, der ligger i nærheden af denne resonante frekvens. Ved frekvenser under ca. 1 MHz absorberer menneskekroppen meget lidt RF-energi. Signifikant absorption forekommer ved den resonante frekvens på 60–80 MHz, når den er isoleret, og 30–40 MHz, når menneskekroppen er jordforbundet. Dele af kroppen kan også være resonante. En voksens hoved er resonant ved ca. 400 MHz. Hvis kroppen er i siddende stilling, kan over- og underkroppen have hver deres resonante frekvenser. Den frekvens, hvorved den største mængde RF-energi absorberes, afhænger derfor af kroppens størrelse og stilling. Generelt forekommer der mindre RF-opvarmning, efterhånden som frekvensen stiger over resonansområdet. Opvarmningen ved højere frekvenser er dog ofte mere koncentreret på kroppens overflade, da feltets indtrængningsdybde falder.

D.1.3.3. Eksponeringsgrænseværdier

Eksponeringsgrænseværdier (ELV'er) repræsenterer dosisstørrelser i kroppen, der har til formål at beskytte mod sundhedsskadelige virkninger, der kan opstå, hvis mennesker eksponeres for elektromagnetiske felter. De eksponeringsgrænseværdier, der gælder, afhænger af det undersøgte felts frekvens.

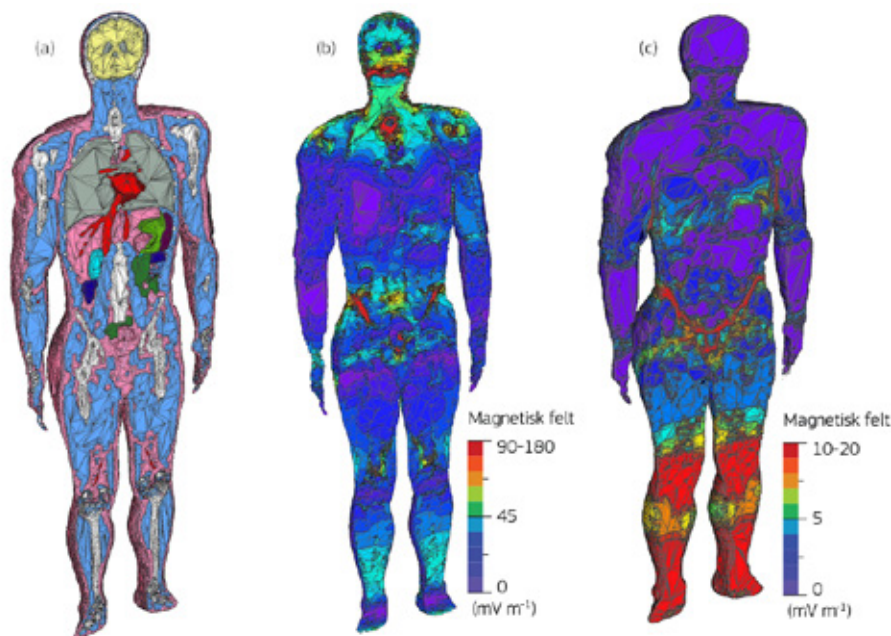
Lav frekvens

Ved lave frekvenser (1 Hz–10 MHz) er den primære dosimetrisk størrelse det indre elektriske felt, der er induceret i menneskekroppen. Det skyldes, at tærsklerne for stimulering af menneskers nervevæv defineres af den størrelsesmæssige og lokale variation af disse indre elektriske felter. Det inducerede elektriske felt måles i volt pr. meter (Vm^{-1}).

Ved eksponering for lavfrekvente elektriske felter produceres der indre elektriske felter i kroppen, som i betydelig grad forstyrrer det pågældende felt. Ikkehomogene ladninger induceres på kroppens overflade fra det ydre elektriske felt, og indre elektriske felter dannes i kroppen, hvilket kan generere strøm i kroppen.

Ved eksponering for lavfrekvente magnetiske felter produceres der indre elektriske felter af det magnetiske felt, så der induceres et elektrisk felt og tilknyttede strømme i det menneskelige væv. Felter produceres også af strømme, der flyder mellem områder med forskellig vævskonduktivitet i kroppen. Figur D.3 viser, hvordan disse inducerede elektriske felter absorberes i kroppen fra eksponering for ydre lavfrekvente elektriske og magnetiske felter.

Figur D.3. Lavfrekvenseksponering: snitbilleder af menneskekroppen, der viser a) indre organer i kroppen, b) indre elektriske felter fra eksponering for et ydre lavfrekvent magnetisk felt og c) indre elektriske felter fra eksponering for et ydre lavfrekvent elektrisk felt

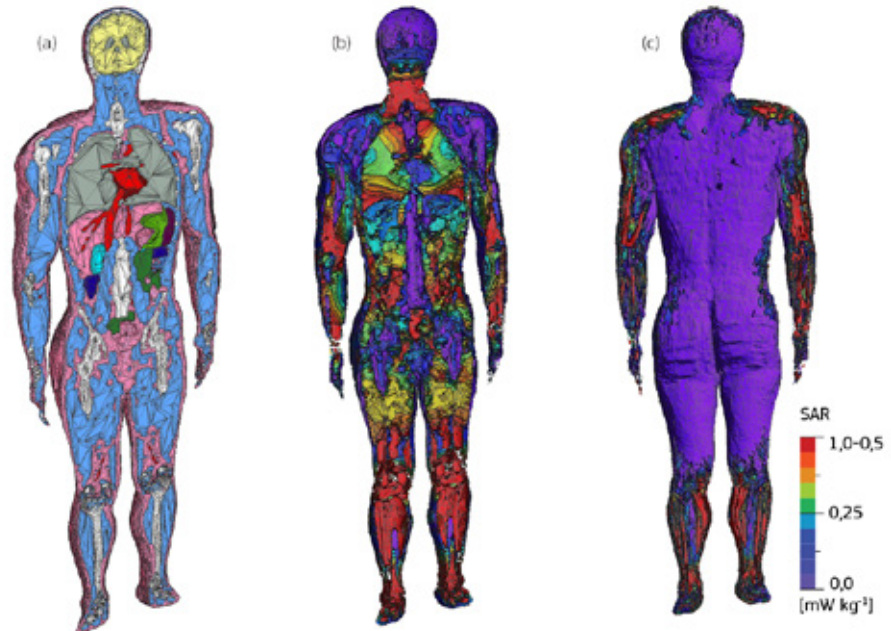


Høj frekvens

Ved høje frekvenser (100 kHz-300 GHz) er det primære dosimetrisk mål for elektromagnetisk feltabsorption den specifikke energiabsorptions hastighed (SAR). Det skyldes de dominerende sundhedsskadelige biologiske virkninger fra eksponeringer for elektromagnetiske felter ved disse frekvenser, som forårsages af temperaturstigninger i væv.

SAR kan defineres som en energi, der absorberes pr. masseenhed. Den måles i watt pr. kg (Wkg⁻¹). Den bruges som dosisstørrelse i EMF-direktivet, da den hænger tæt sammen med temperaturstigninger i menneskevæv. Figur D.4 viser, hvordan SAR er fordelt i menneskekroppen, når den eksponeres for et højfrekvent elektromagnetisk felt.

Figur D.4. Højfrekvenseksponering: snitbilleder af menneskekroppen, der viser indre organer i kroppen af b) SAR produceret i væv fra eksponering for et 40 MHz elektromagnetisk felt og c) SAR produceret i væv fra eksponering for et 2 GHz elektromagnetisk felt



De indre dosisstørrelser (elektriske felter og SAR), der anvendes til at definere eksponeringsgrænseværdierne, kan ikke vurderes nøjagtigt ved hjælp af måling, da feltstyrker inden i menneskekroppen ikke kan måles noninvasivt. ELV-dosisstørrelser er blevet målt hos dyr, men datagrundlaget er begrænset, og målingernes nøjagtighed er forholdsvis ringe. Det er desuden ikke muligt direkte at ekstrapolere dyreforsøg til mennesker på grund af fysiologiske forskelle mellem arterne på mange områder. Numeriske simuleringer af menneskelig elektromagnetisk absorption — og dermed overholdelse af EMF-direktivets eksponeringsgrænseværdier — gør det muligt at undersøge indre dosisstørrelser direkte.

D.1.3.4. Vurdering af overensstemmelse med ELV'er

For at beregne de dosisstørrelser i kroppen, der kræves for at sammenligne med eksponeringsgrænseværdierne, skal der bruges en model af menneskekroppen, en numerisk metode, der kan modellere det elektromagnetiske felts interaktion med biologisk væv og en model af kilden til det elektromagnetiske felt.

Model af menneske

Menneskekroppen kan betragtes som en modtageantenne, når den eksponeres for elektromagnetiske felter. Kroppens anatomiske, geometriske og elektriske egenskaber er derfor meget vigtige for vurderingen af overensstemmelsen med ELV'erne.

Historisk har man anvendt simple ensartede strukturer, som f.eks. kugler, sfæroider, cylindre, diske og terninger, som erstatninger for kroppen ved evaluering af de indre dosisstørrelser. For disse ensartede former anvendes der én værdi for konduktivitet og permittivitet, som repræsenterer en middelværdi for hele kroppen, der normalt ikke er frekvensafhængig. Anvendelsen af sådanne simple strukturer gør det nemmere at foretage numerisk simulering af eksponering for elektromagnetiske felter. Resultaterne af sådanne procedurer frembringer upræcise resultater, hvor den faktiske eksponering overestimeres betydeligt.

Figur D.5. Model af menneske: eksempel på en heterogen, anatomisk realistisk model af en mand. Her angives skelet og indre organer (venstre), muskellag (midt) og hudlag (højre).



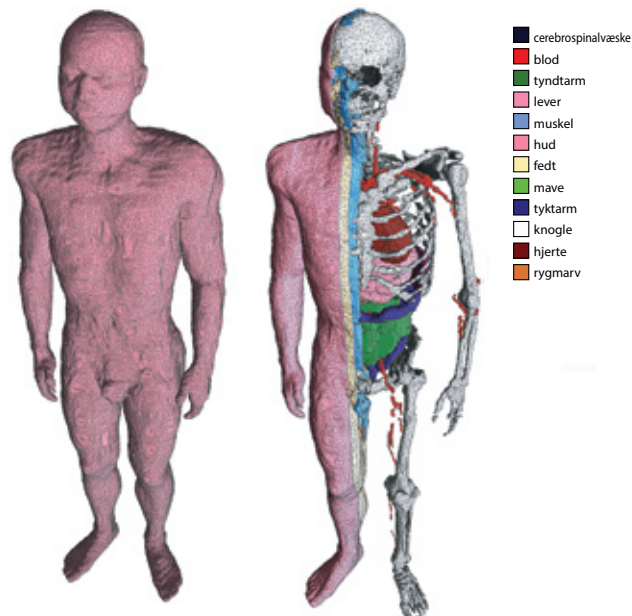
Der bør anvendes heterogene, anatomisk realistiske modeller af menneskekroppen til at vurdere eksponeringen for elektromagnetiske felter. En række organisationer har i dag udviklet forskellige heterogene modeller af menneskekroppen (mand, kvinde, gravid, i bestemte stillinger osv.) med realistisk anatomi og angivelse af forskellige væv. På grund af de investeringer, der kræves for at producere en sådan model, opkræves der sædvanligvis betaling for brugen af dem. Der vil endvidere uundgåeligt være forskel mellem de forskellige modeller, der findes, så de vil sandsynligvis frembringe let varierende resultater.

Anatomisk realistiske modeller er ofte udviklet ved elektronisk segmentering af data fra MRI-billeder af kroppen i forskellige vævstyper. Det tilstræbes at gøre disse modeller anatomisk realistiske. Eksempler på en heterogen voksen model af en mand vises i figur D.5 og D.6. Disse modeller består ofte af mere end 30 særskilte væv og organer. Modellen kan være voxelbaseret (volumenpixel) eller overfladebaseret.

I forbindelse med simuleringer baseret på en numerisk metode, som f.eks. FDTD (finite-difference time-domain), er modellen af menneskekroppen typisk repræsenteret af kubiske celler (voxels) på 1-2 mm. Voxels tildeles en værdi for konduktivitet og permittivitet baseret på målte værdier for forskellige organer og væv.

For at beregne dosisstørrelser i de viste menneskemodeller skal de dielektriske egenskaber for de væv, som modellerne består af, angives. Hvis det antages, at forskellige væv generelt er homogene, kan de elektriske egenskaber beskrives ved hjælp af to parametre, nemlig konduktivitet (σ) og permittivitet (ϵ). Disse egenskaber varierer med frekvens for biologiske væv. Generelt øges konduktiviteten for væv, og permittiviteten falder, når frekvensen stiger.

Figur D.6. Model af menneske: snitbillede af heterogen model af menneske, der viser udvalgte vævstyper



De dielektriske egenskaber varierer betydeligt afhængigt af det særlige væv (se <http://niremf.ifac.cnr.it/tissprop/>). Væv med et stort vandindhold, f.eks. kropsvæsker, udviser næsten ingen frekvensafhængighed for frekvenser under 100 kHz. Indholdet af vand eller væske i menneskevæv er markant i de faktiske dielektriske egenskaber og den måde, hvorpå dette ændres med frekvens. Som følge deraf kan væv, der udviser lignende adfærd, når de eksponeres for elektromagnetiske felter, grupperes efter vandindhold. Blod og cerebrospinalvæske har f.eks. et højt vandindhold og kan lede strømme forholdsvis godt. Lunger, hud og fedt er forholdsvis dårligere ledere, mens lever, milt og muskler har middel konduktivitet.

Numeriske metoder

Der er anvendt forskellige numeriske metoder til at vurdere absorptionen af elektromagnetiske felter i heterogene, anatomisk realistiske modeller af mennesker. De anvendte numeriske metoder afhænger af menneskekroppens meget heterogene elektriske egenskaber og de ydre og indre organers lige så komplekse former.

De metoder, der med godt resultat er anvendt til detaljeret dosimetri for elektromagnetiske felter, omfatter endelig-differensmetoden (FD) i frekvensdomænet og tidsdomænet (FDTD), finite element-metoden (FEM) og finite integration-teknikken (FIT).

Disse metoder giver en direkte løsning på Maxwells ligninger. De opdeler i mange tilfælde beregningsområdet i et 3D-net af celler eller overflader, der tildeles diskrete elektriske egenskaber. Når endelig-differensmetoder anvendes, gentages beregningskoden over tid og sted, så feltværdierne i hver celle evalueres, indtil konvergens er opnået.

Der er fordele og ulemper ved hver metode. Alle metoder og visse computerkoder er blevet grundigt verificeret gennem sammenligninger med analytiske løsninger og forsøgsresultater med henblik på at sikre, at de resultater, der fås ved brug af disse metoder, er repræsentative for forskellige eksponeringer for elektromagnetiske felter.

D.1.3.5. Beregning af middelværdier: 99. percentil for induceret elektrisk felt, helkrops-SAR og lokal SAR

99. percentil for induceret elektrisk felt

For at kunne begrænse de sundhedsskadelige virkninger af lokale elektriske felter induceret i arbejdstageren skal det område, for hvilket middelværdien af det lokale elektriske felt beregnes, defineres. Som et praktisk kompromis, der opfylder kravene om et forsvarligt biologisk grundlag og imødegår de beregningsmæssige begrænsninger, anbefales det, at det lokale felt bestemmes som en vektormiddelværdi for det elektriske felt i en lille masse af sammenhængende væv på $2 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$.

De numeriske metoder, der anvendes til at beregne elektriske felter induceret i kroppen, er ofte baseret på en model af et menneske opdelt i celler eller voxels. Hvis der anvendes en metode, som ikke er baseret på celler, bør der udvikles en hensigtsmæssig middelværdialgoritme, der beregner det elektriske felt over en masse på $2 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$ i den numeriske kode. For specifikt væv er den 99. percentilværdi af det elektriske felt den relevante værdi, der skal sammenlignes med eksponeringsgrænseværdien (ICNIRP 2010).

Middelværdi-SAR for hele kroppen (WBSAR)

WBSAR-emissionsgrænseværdien har til formål at beskytte hele kroppen mod opvarmning. For at beregne helkrops-SAR opsummeres absorptionshastighederne for alle voxels i menneskemodellen og divideres derefter med kropsmassen.

Lokal SAR

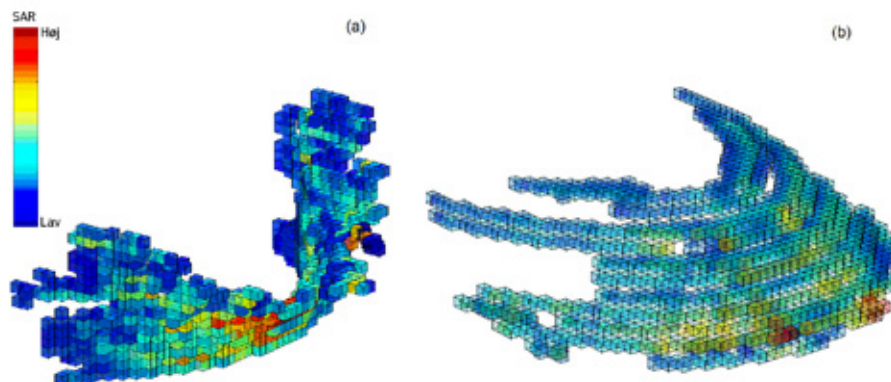
Eksponeringsgrænseværdier for lokal SAR er fastsat i EMF-direktivet for at beskytte mod lokal opvarmning af menneskekroppen, primært fra eksponering for nærfeltkilder til elektromagnetisk stråling.

Lokal SAR for eksponering for elektromagnetiske felter fra 100 kHz til 6 GHz beregnes i henhold til EMF-direktivet som middelværdi for en masse af 10 g sammenhængende væv. Den deraf følgende maksimale SAR anvendes ved vurdering af eksponeringen.

Følgende procedure anvendes ved beregning af lokal SAR for 10 g sammenhængende væv. En celle med maksimal SAR i et horisontalt snit af menneskemodellen. Der foretages en søgning i dens seks tilstødende celler, der berører den oprindelige celle, for at finde cellen med den højeste absorptionshastighed. Når det er udført, opsummeres effekterne og masserne. Der foretages en søgning i de tilsvarende tilstødende felter på overfladen for at få et sammenhængende område af celler, for hvilket massen er lig med 10 g, og SAR beregnes for dette sammenhængende område. Omkring 1 000 celler (afhængigt af vævets tæthed) bruges i denne procedure for en voxelopløsning på 2 mm, idet hver celle har en masse på $0,008 \text{ cm}^3$. Denne procedure gentages for hvert horisontalt snit, og den maksimale SAR-værdi for et sammenhængende område på menneskemodellen vælges.

Eksempler på lokal SAR beregnet som middelværdi for en masse af 10 g sammenhængende væv vises i figur D.7. I denne figur vises SAR-spidsværdien for 10 g sammenhængende områder beregnet i en menneskemodel fra eksponering for et elektromagnetisk planbølgefelt på 100 MHz og 3,4 GHz.

Figur D.7. Sammenhængende områder: SAR beregnet som middelværdi for en masse af 10 g sammenhængende væv i menneske model fra eksponering for elektromagnetisk felt på a) 100 MHz og b) 3,4 GHz. Farvekortet varierer fra mørkeblå (lav SAR) til mørkerød (høj SAR).



D.2. Påvisning af overensstemmelse for ikkehomogen eksponering

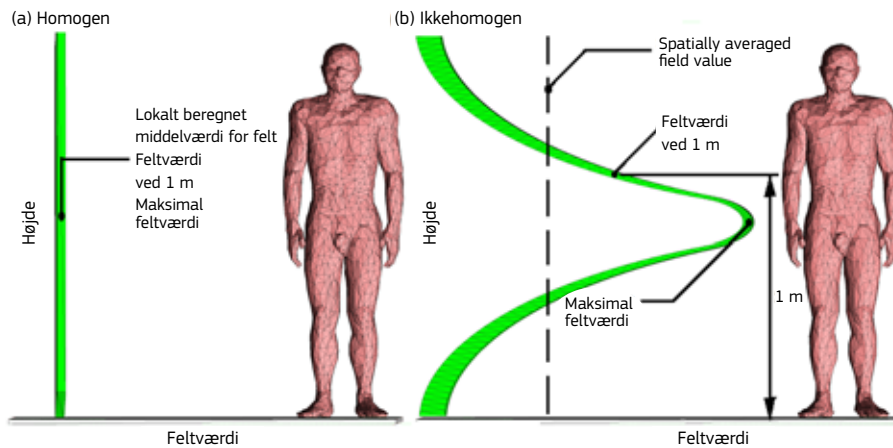
D.2.1. Indledning

Eksponering for elektromagnetiske felter kan beskrives som homogen eller ikkehomogen. Et homogent elektromagnetisk felt defineres ved høje frekvenser som en bølge, der har bredt sig så meget, at den øjensynligt har samme amplitude på hele det vinkelrette plan i forhold til strømningsretningen. Det homogene felt er en idealisering, der gør det muligt at forklare bølgen som en hel bølge, der strømmer i én retning. Ved lave frekvenser er et homogent felt et felt, der er det samme i en defineret masse, f.eks. et elektrisk felt mellem to ubegrænsede parallelle plader.

Det er enkelt at fastsætte feltværdien til vurdering af overensstemmelse med aktionsniveauer, da værdien er den samme langs en linje vinkelret i forhold til bølgens strømningsretning (figur D.8). Hvis et felt er homogent eller relativt homogent (inden for 20 %), bør det være tilstrækkeligt at måle feltet på et sted, hvor en arbejdstager befinder sig.

Enheder, der producerer elektromagnetisk stråling, kan skabe ikkehomogene betingelser i kroppens højde, hvis de er placeret tæt på en person eller i et miljø, hvor der på grund af spejlinger/spredninger fra genstande i nærheden er variation i det producerede felt.

Figur D.8. Eksempler på homogen og ikkehomogen eksponering: feltets variation med afstand fra jorden for a) et homogent felt og b) en typisk dipol. Lokalt beregnet middelværdi for felt, maksimal feltværdi og værdi ved 1 m er angivet.



Det er ikke så enkelt at fastsætte feltværdien til sammenligning med aktionsniveauer, hvis feltet varierer betydeligt i det område, hvor arbejdstageren befinder sig. I denne eksponeringssituation kan den maksimale feltværdi ved positionen for arbejdstagerens krop anvendes, men det vil resultere i en konservativ vurdering. Nogle organisationer foreslår, at der anvendes én enkelt feltværdi ved en højde på 1 m. Denne værdi er dog ofte ikke repræsentativ.

I sådanne ikkehomogene situationer skal der defineres en metode til at fastsætte en enkelt værdi for feltet. I henhold til EMF-direktivet kan der i disse tilfælde anvendes lokal beregning af middelværdier for feltet. Lokalt beregnede middelværdier eller beregninger anbefales, da de giver et mere repræsentativt billede af eksponeringen i situationer, hvor feltet varierer langs menneskekroppens højde.

D.2.2. Forhold vedrørende ikkehomogen eksponering

I EMF-direktivet fastsættes aktionsniveauer som én værdi for en bestemt frekvens. Størrelsen af disse aktionsniveauer fastsættes for at sikre overensstemmelse med den relevante emissionsgrænseværdi eller for at afgøre, hvilke af de forebyggelses- eller beskyttelsesforanstaltninger, der er anført i artikel 5, der skal træffes.

Hvis feltet er ikkehomogent inden for det område, der optages af en arbejdstager (som i figur D.8 (b)), varierer den elektriske feltstyrke eller magnetiske fluxtæthed afhængigt af den position, hvor feltet vurderes. Der kan med rette spørges om, hvilken ene feltværdi der skal sammenlignes med aktionsniveauerne.

I EMF-direktivet anbefales det i disse eksponeringssituationer, at middelværdien for det maksimale felt over den relevante størrelse eller den lokale middelværdi beregnes. Hvis en meget lokal kilde er placeret tæt på kroppen, afgøres overensstemmelsen med eksponeringsgrænseværdierne dosimetrisk.

I note B1-3 og B2-3 i bilag II til EMF-direktivet fastsættes følgende for ikke-termiske virkninger:

»AL'er repræsenterer maksimale beregnede eller målte værdier ved arbejdstagerens kropsposition. Det resulterer i en konservativ eksponeringsvurdering og automatisk overholdelse af eksponeringsgrænseværdier under alle uensartede eksponeringsforhold. For at forenkle vurderingen af overholdelsen af eksponeringsgrænseværdier, udført i overensstemmelse med artikel 4, under specifikke, ikkehomogene forhold vil der i den praktiske vejledning, jf. artikel 14, blive fastlagt kriterier for lokal beregning af

middelværdierne for målte felter på grundlag af etableret dosimetri. I tilfælde af en meget lokal kilde inden for få centimeters afstand fra kroppen fastlægges det inducerede elektriske felt dosimetrisk i hvert enkelt tilfælde.»

I note B1-3 i bilag III til EMF-direktivet fastsættes følgende for termiske virkninger:

»AL'er(E) og AL'er(B) repræsenterer maksimale beregnede eller målte værdier for arbejdstagerens krops position. Det resulterer i en konservativ eksponeringsvurdering og automatisk overholdelse af eksponeringsgrænseværdier under alle uensartede eksponeringsforhold. For at forenkle vurderingen af overholdelsen af eksponeringsgrænseværdier, udført i overensstemmelse med artikel 4, under specifikke, ikkehomogene forhold vil der i den praktiske vejledning, jf. artikel 14, blive fastlagt kriterier for lokal beregning af middelværdierne for målte felter på grundlag af etableret dosimetri. I tilfælde af en meget lokal kilde inden for få centimeters afstand fra kroppen fastlægges overholdelsen af eksponeringsgrænseværdier dosimetrisk i hvert enkelt tilfælde.»

D.2.2.1. Maksimal feltværdi

Dette er den enkleste metode til at vurdere overensstemmelse med de grænseværdier, der er fastsat i EMF-direktivet. Det er dog samtidig den metode, der giver det mest konservative estimat af en arbejdstagers eksponering for felter. Der foretages ingen lokal beregning af middelværdier. Det uforstyrrede felt, dvs. uden arbejdstagerens tilstedeværelse, måles eller beregnes på et sted inden for det område, der optages af en arbejdstager, og hvor feltet er på dets maksimum. Feltet vurderes, uden at arbejdstageren er til stede, da tilstedeværelsen af en arbejdstager i visse eksponeringssituationer kan fordreje feltværdien. Bemærk, at kun elektriske felter berøres af en arbejdstagers tilstedeværelse ved lave frekvenser. Mennesker er ikkemagnetiske, og de inducerede strømme er ikke kraftige nok til at påvirke feltet.

I ICNIRP (2010) anføres følgende i afsnittet om »Lokal beregning af middelværdier for ydre elektriske og magnetiske felter«:

»Referenceniveauer er blevet fastsat for de eksponeringsbetingelser, hvor variationen af det elektriske eller magnetiske felt over det område, der optages af en menneskekrop, er relativt lille. I de fleste tilfælde er afstanden til feltets kilde så lille, at feltfordelingen er ikkehomogen eller koncentreret omkring en lille del af kroppen. I disse tilfælde resulterer målingen af den maksimale feltstyrke på det sted, der optages af en menneskekrop, altid i en sikker, men konservativ eksponeringsvurdering.»

D.2.2.2. Lokal beregning af middelværdier

Lokale vurderinger af feltet med hensyn til ikkehomogen eksponering kan udføres på forskellige måder. De tre mest almindelige metoder er — opstillet med den mest komplekse først — lokal beregning af middelværdien for feltet over

- et område, som arbejdstageren eller en del af arbejdstageren optager
- et tværsnitsareal, som arbejdstageren eller en del af arbejdstageren optager
- en linje i det område, som arbejdstageren eller en del af arbejdstageren optager.

Detaljer om disse metoder findes i forskellige internationale standarder og retningslinjer, f.eks. IEEE C95.3 (2002), Cenelec EN 50357 (2001), IEC 62226 (2001), IEC 62233 (2005) og IEC 62110 (2009). Jo mere kompleks metode, der anvendes til beregning af middelværdien, jo bedre approksimation af det ikkehomogene felt fås der. I forbindelse med overensstemmelsesvurdering erkendes det dog, at det kan være vanskeligt at fastsætte feltværdierne over et projiceret område eller areal, da disse metoder kræver mange prøvesteder. Metoder til beregning af middelværdi for en linje kan give en rimelig repræsentation af et ikkehomogent elektromagnetisk felt og anbefales derfor i de følgende afsnit.

(a) Eksponering for elektriske og magnetiske felter mellem 1 Hz og 10 MHz

De lokalt beregnede middelværdier for den elektriske feltstyrke (E_{avg}) eller magnetiske fluxtæthed (B_{avg}) beregnes ved hjælp af følgende formel:

$$E_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \quad \text{(Formel 1)}$$

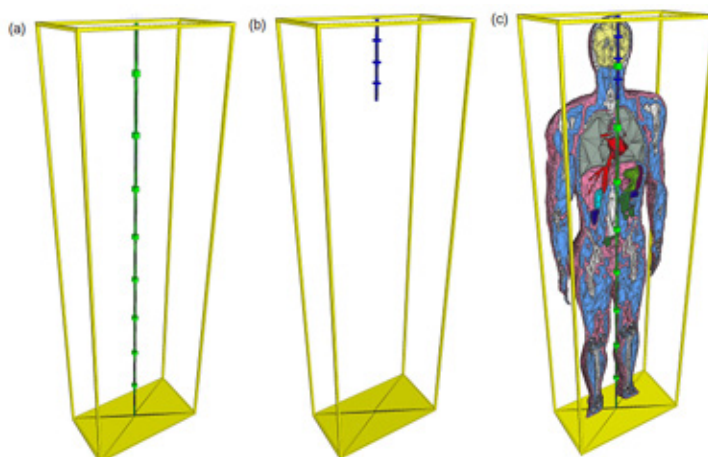
$$B_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_i \quad \text{(Formel 2)}$$

hvor n er antallet af steder, og E_i og B_i er henholdsvis den elektriske feltstyrke og den magnetiske fluxtæthed målt på det i . sted.

Positionen for den linje, som feltets middelværdi beregnes over, afhænger af, om den resulterende lokalt beregnede middelværdi for feltet skal sammenlignes med et lav eller højt aktionsniveau eller aktionsniveauet for lemmer. De høje aktionsniveauer er fastsat for at beskytte mod stimulering af perifere nerver i hoved og krop. Hvis værdien E_{avg} eller B_{avg} skal sammenlignes med det høje aktionsniveau, er en simpel lineær skanning af felterne over hovedets og kroppens højde gennem det projicerede areals centrum derfor normalt tilstrækkelig. De lave aktionsniveauer er fastsat for at beskytte mod sensoriske virkninger i centralnervesystemet i hovedet. Hvis værdien E_{avg} eller B_{avg} skal sammenlignes med det lave aktionsniveau, er en simpel lineær skanning af felterne over hovedets højde gennem det projicerede areals centrum derfor normalt tilstrækkelig. Endelig er aktionsniveauerne for lemmer fastsat for at beskytte mod stimulering af nerver i lemmerne. Hvis værdien B_{avg} skal sammenlignes med det lave aktionsniveau, er en simpel lineær skanning af felterne over lemmets højde gennem det projicerede areals centrum derfor normalt tilstrækkelig.

Ved den lokale beregning af middelværdien for hovedet, hovedet og kroppen eller lemmerne er det generelt tilstrækkeligt at benytte gennemsnittet af en serie på mindst tre målinger foretaget med ensartet afstand. Yderligere feltmålinger, der f.eks. er foretaget ved hjælp af udstyr til datalogging eller lokal beregning af middelværdier, er normalt acceptable og giver flere oplysninger om feltets lokale fordeling.

Figur D.9. (a) lokal beregning af middelværdi for felt over en lodret linje i det område, arbejdstageren optager, b) lokal beregning af middelværdi for felt over en lodret linje i det område, der optages af arbejdstagerens hoved, c) middelværdipunkter med tværsnit af arbejdstageren på sin plads



(b) Eksponering for elektriske og magnetiske felter mellem 100 kHz og 300 GHz

De lokalt beregnede middelværdier for elektrisk feltstyrke (E_{avg}), magnetisk fluxtæthed (B_{avg}) og effektæthed (W_{avg}) beregnes ved hjælp af følgende formel:

$$E_{avg} = \frac{1}{\sqrt{n}} \left[\sum_{i=1}^n E_i^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{(Formel 3)}$$

$$B_{avg} = \frac{1}{\sqrt{n}} \left[\sum_{i=1}^n B_i^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{(Formel 4)}$$

$$W_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i \quad \text{(Formel 5)}$$

hvor n er antallet af steder, E_i , B_i og W_i henholdsvis den elektriske feltstyrke, den magnetiske fluxtæthed og effektætheden målt på det i . sted.

Aktionsniveauerne for eksponering for elektriske og magnetiske felter fra 100 kHz til 300 GHz er fastsat for at beskytte mod sundhedsskadelige virkninger forårsaget af opvarmning af kroppen. Hvis værdien E_{avg} eller B_{avg} skal sammenlignes med aktionsniveauet for termiske virkninger, er en simpel lineær skanning af felterne i en lodret linje med ensartet afstand fra gulvet og op til en højde på 2 m gennem det projicerede areals centrum derfor normalt tilstrækkelig.

Ved den lokale beregning af middelværdien for arbejdstagerens højde er det generelt tilstrækkeligt at benytte gennemsnittet af en serie på mindst 10 målinger foretaget med ensartet afstand. De steder, hvor feltstyrken måles, vises som grønne firkanter i figur D.9 (a). Yderligere feltstyrkemålinger, der f.eks. er foretaget ved hjælp af udstyr til datalogging eller lokal beregning af middelværdier, er normalt acceptable og giver flere oplysninger om feltets lokale fordeling.

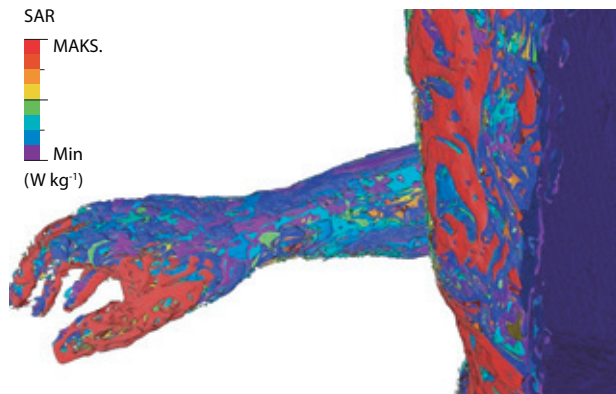
Målinger bør i sådanne situationer foretages med feltsensorer, der er placeret mindst 0,2 m fra en genstand eller person, for at undgå virkninger af sammenkoblede felter. Bemærk, at lokalt beregnede middelværdier også afhænger af RF-felternes lokale karakteristika i forhold til den eksponerede arbejdstagers kroppsstilling.

D.2.2.3. Dosimetrisk vurdering til direkte sammenligning med eksponeringsgrænseværdier

Hvis kilden til det elektromagnetiske felt kun er placeret få cm fra kroppen, anbefales det i EMF-direktivet, at overensstemmelse bestemmes dosimetrisk til direkte sammenligning med eksponeringsgrænseværdierne.

De inducerede elektriske felter i kroppen ved lave frekvenser eller SAR og effektætheden ved høje frekvenser kan kun bestemmes nøjagtigt ved hjælp af numeriske beregninger. Proceduren for beregning af indre dosisstørrelser er beskrevet i de forudgående afsnit i dette bilag. Et eksempel på en dosimetrisk vurdering, der anvender numeriske beregninger, vises i figur D.10.

Figur D.10. Fastsættelse af dosisstørrelser, i dette tilfælde SAR i hånd og torso fra eksponering for et uafskærmet kabel, til direkte sammenligning med ELV'er. EMF-direktivet anbefaler, at denne metode benyttes til at påvise overensstemmelse for meget lokale kilder til elektromagnetiske felter, der er placeret kun få cm fra kroppen.



D.2.2.3.1. Dosimetriske begreber

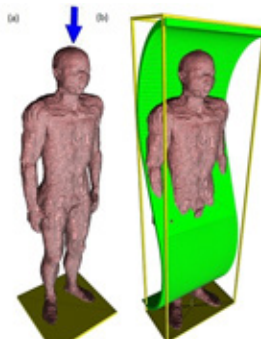
Begrebet for og nøjagtigheden af teknikker til vurdering af ikkehomogen eksponering kan undersøges ved hjælp af eksempler.

(a) Eksempel 1: Lokal beregning af middelværdi for felt fra eksponering for en reflekteret planbølge

Når en reflekteret elektromagnetisk bølge interfererer med den indkommende bølge, kan der opstå en stående bølge. Nogle steder udlignes feltets intensitet, mens det elektriske felt fordobles ved den stående bølges maksimum. Denne situation er illustreret i figur D.11.

Her er en arbejdstager eksponeret for et horisontalt polariseret felt fra oven, hvor feltet er orienteret fra forside til bagside. Bølgen reflekteres tilbage fra det ledende gulvplan tilbage til det område, der optages af arbejdstageren. Hvis der blev foretaget en enkelt måling i dette område, ville man få en værdi mellem nul og den maksimale feltværdi. Det er derfor meget sandsynligt, at denne ene målte feltværdi ikke er repræsentativ for eksponeringssituationen. Figur D.12 viser resultatet af denne eksponering for en stående bølge ved 200 MHz for arbejdstageren. Det fremgår, at absorptionsstedet primært afhænger af positionerne for den stående bølges spidser og dale.

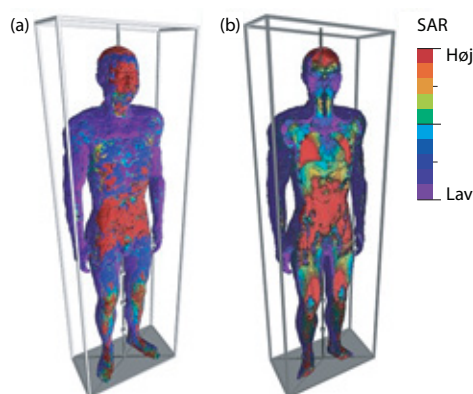
Figur D.11. Eksempel 1: Menneskemodel eksponeret for elektromagnetisk felt, som er reflekteret tilbage til det område, der optages af arbejdstageren. Dette område vises som en gul boks. Den stående bølge vises med grønt.



$$E_{spa} = \left[\frac{\int E^2(z) dz}{\int dz} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{(Formel 6)}$$

Integralet i formel 6 giver os et præcist svar på den lineært beregnede middelværdi for feltet i det område, der optages af arbejdstageren.

Figur D.12. Eksempel 1 SAR-punkter: SAR-fordelingen i a) hele kroppen og b) udsnit af menneskemodel fra eksponering for horisontalt polariseret elektrisk felt orienteret fra forside til bagside, planbølgestråling ved 200 MHz fra oven og med jordforbindelse



Da der anvendes et bestemt antal målinger til at beregne den lokalt beregnede middelværdi for feltet, ville man forvente, at jo flere målinger, der foretages, jo tættere vil denne værdi være på den præcise løsning som beregnet ved hjælp af integralet. Det er generelt korrekt, men ved overensstemmelsesvurdering er det dog tilstrækkeligt med ca. 10 målinger. Forskellene mellem den præcise værdi af den lokalt beregnede middelværdi for det elektriske felt og den værdi, der er beregnet ved hjælp af x målinger, er typisk begrænsede, også selv om der kun bruges få målinger. Dette gælder dog ikke, når et punkt i den stående bølge er placeret tæt på en målt værdi.

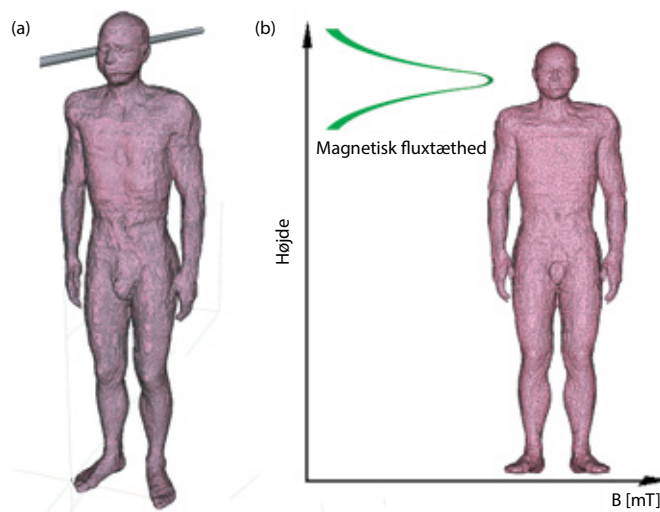
Selv om den lokalt beregnede middelværdi for feltet kan fås ved hjælp af 10 målinger, vil flere målinger give en mere nøjagtig værdi for middelværdien. Hvis moderne undersøgelsesudstyr, som kan foretage 200-300 målinger over kroppens længde (f.eks. en probe, der flyttes med 10 sekunders mellemrum med en logginghastighed på 32 datapunkter pr. sekund, giver f.eks. 320 målinger), er tilgængeligt, bør det derfor anvendes, da flere målinger sikrer større nøjagtighed.

Når kilden til et elektromagnetisk felt er placeret tæt på kroppen, kan feltet i det område, der optages af kroppen, være ikkehomogent. Et eksempel på dette er en ledning placeret tæt på hovedet (figur D.13).

(b) Eksempel 2: Lokal beregning af middelværdi for felt fra eksponering for en 50 Hz-ledning

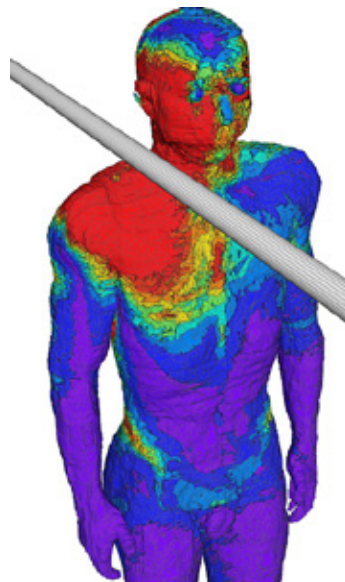
Figur D.14 viser fordelingen af det inducerede elektriske felt i hovedhøjde fra en lige ledning på 50 Hz. Som det fremgår, er absorptionen af det elektromagnetiske felt forholdsvis lokal omkring kroppens hoved- og skulderregion.

Figur D.13. Eksempel 2: a) menneskemodel eksponeret for lige ledning, b) variation af feltet produceret med højde



Undersøgelser har vist, at det er tilstrækkeligt at foretage tre målinger i det ekstremt lavfrekvente område for lokale kilder. Forskellen mellem at bruge tre punkter over hovedregionen og et uendeligt antal punkter er ca. 8 % i dette eksempel med 50 Hz. Forskellen kan naturligvis mindskes ved at foretage flere målinger med jævne mellemrum langs en vertikal linje.

Figur D.14. Eksempel 1: Fordeling af induceret elektrisk felt fra eksponering for en ledning på 50 Hz tæt på hovedet





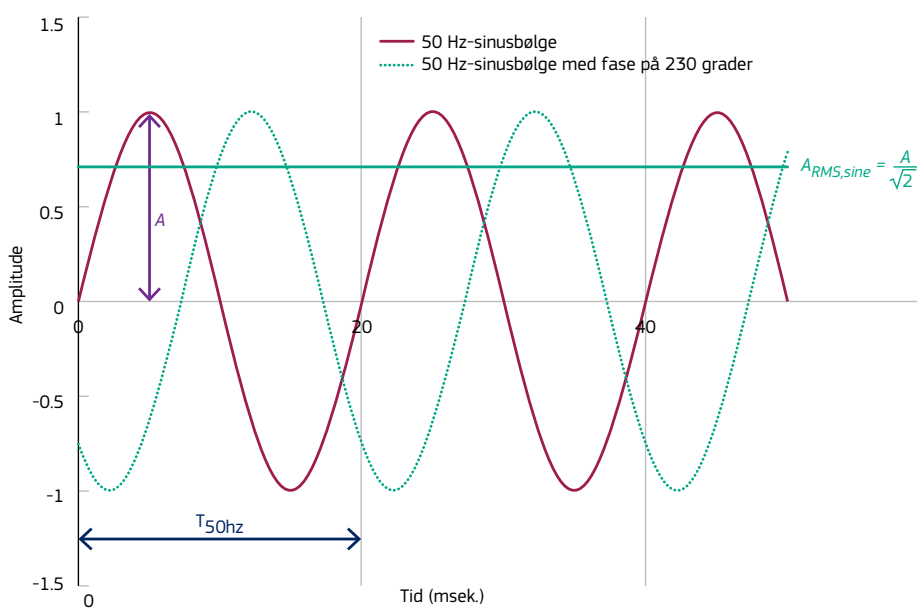
Det vigtigste: lokal beregning af middelværdi

Tre målesteder ved vurdering af lavfrekvent eksponering eller 10 målesteder for RF-undersøgelse er normalt tilstrækkelig i forbindelse med lokal beregning af middelværdi. Forbedringen af nøjagtigheden bliver progressivt mindre for hvert yderligere målested, så det er generelt ikke nødvendigt at bruge mere end 10 målesteder. Hvis det er vanskeligt at foretage lokal beregning af middelværdien for en eksponeringssituation, bør en enkelt målt maksimal feltstyrke anvendes.

D.3. Vurdering af eksponering for flere frekvenser

Som nævnt i kapitel 3 og bilag A inducerer tidsvarierende lavfrekvente elektriske og magnetiske felter indre elektriske felter. Feltets variation med tiden beskrives ved hjælp af en bølgeform. For et ydre felt, der har form af en simpel sinusbølge (figur D.15), er det elektriske felt, der induceres i kroppen, proportionalt med amplituden af det ydre felt og dets frekvens.

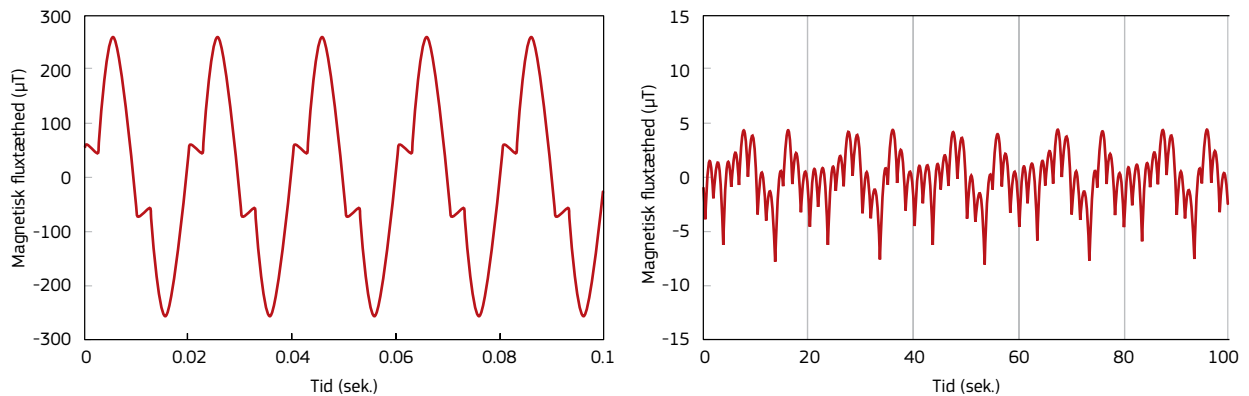
Figur D.15. 50 Hz-sinusbølge. Sinusbølger er periodiske og har frekvensen f , der beregnes ved udtrykket $1/T$, hvor T er perioden for bølgeformen (f.eks. $T = 20$ msek. for 50 Hz-sinusbølge). RMS-værdien af en sinusbølge beregnes ved hjælp af spidsamplituden divideret med $\sqrt{2}$. Sinusbølgens fasevirkning bevirker, at den forskydes langs tidsaksen.



Kilder til elektriske og magnetiske felter under 10 MHz har ofte bølgeformer, der er forskellige (ofte betydeligt) fra en perfekt sinusbølge (figur D.15), men som alligevel er periodiske (figur D.16). Det vil sige, at bølgeformen gentager sig selv over tid. Sådanne komplekse bølgeformer svarer til en sum af en serie af sinusbølger med forskellige frekvenser, der typisk betegnes som spektrale komponenter. For en given bølgeform er hver af disse spektrale komponenter beskrevet af en amplitude og en fase. Analogt kan en bestemt farve opdeles i forskellige mængder af primærfarverne (rød, grøn og blå). Farven er bølgeformen, rød, grøn og blå er de spektrale komponenter, og intensiteten af hver primærfarve er amplituden af hver spektral komponent. Bølgeformens spektrum giver de spektrale informationer (frekvenser, amplituder og faser) og fås ofte ved

hjælp af en Fourieranalyse af bølgeformen eller ved direkte at måle det ved hjælp af smalbandsinstrumenter (selv om sidstnævnte ikke giver oplysninger om fasen).

Figur D.16. Eksempel på komplekse bølgeformer for magnetisk fluxtæthed omkring revneprøvningsudstyr. Til højre er periodicitet på 20 msek. fremhævet med vertikale stiplede gitterlinjer.



D.3.1. Ikketermiske virkninger (> 1 Hz-10 MHz)

Overensstemmelsesvurdering, når aktionsniveauer (og eksponeringsgrænseværdier) ligger i lavfrekvensområdet (under 10 MHz), kan foretages på forskellige måder, hvor nogle metoder er mere konservative end andre, men enklere at anvende.



Det vigtigste: vurdering af flere frekvenser

Metoden for vægtet spidsværdi i tidsdomænet er den referencemetode, der anbefales i EMF-direktivet, men der kan anvendes andre metoder, hvis de generelt giver tilsvarende (eller mere konservative) resultater, f.eks. metoden med flere frekvenser beskrevet i afsnit D.3.1.2.

D.3.1.1. Metoden for vægtet spidsværdi

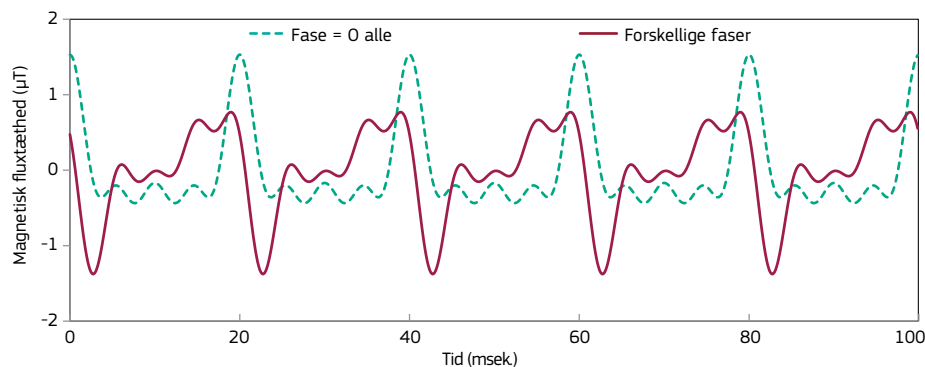
Metoden for vægtet spidsværdi er en metode, der tager både amplituden og faserne i de spektrale komponenter, der udgør signalet, i betragtning (se figur D.17, som viser virkningen af spektrale faser på bølgeform og eksponeringsindeks). Metoden kaldes vægtet spidsværdi, fordi bølgeformen er vægtet af de frekvensafhængige aktionsniveauer, og den vægtede bølgeforms spidsamplitude giver eksponeringsindekset. Vægtningen (eller filtreringen) kan foretages i frekvensdomænet eller tidsdomænet. Denne metode kan også anvendes til vurdering af overensstemmelse med eksponeringsgrænseværdier for både sensoriske og sundhedsmæssige virkninger.



Det vigtigste: eksponeringsindeks (EI)

Eksponeringsindekset repræsenterer den observerede eksponering divideret med grænseværdien. Hvis eksponeringsindekset er under ét, er eksponering overensstemmende.

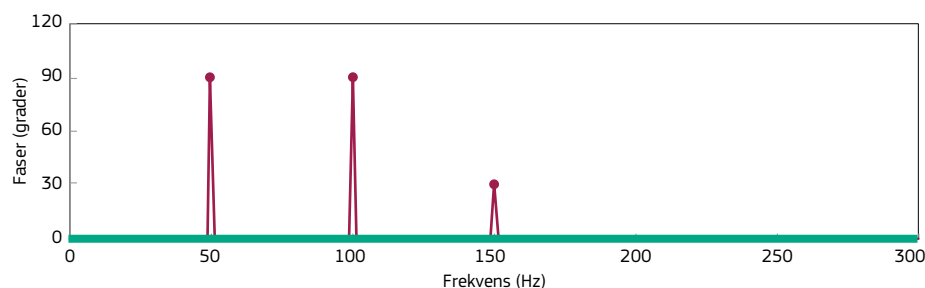
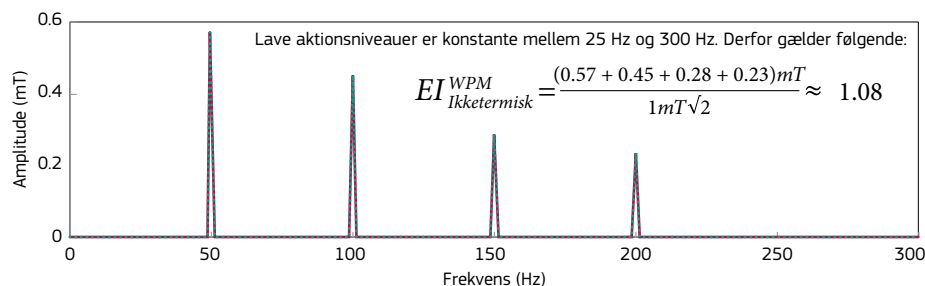
Figur D.17. Eksempel på virkningen af spektrale komponenters faser på bølgeform (øverste graf). Begge bølgeformer består af cosinusbølger ved 50 Hz, 100 Hz, 150 Hz og 200 Hz (nederste graf). Den eneste forskel mellem de to bølgeformer er, at alle faserne i de fire spektrale komponenter er fastsat til 0 (stiplet grøn linje), mens faserne i de tre spektrale komponenter i den anden bølgeform (rød ubrudt linje) er ændret (midterste graf).



Lave aktionsniveauer er konstante mellem 25 Hz og 300 Hz. For lave aktionsniveauer gælder derfor følgende:

$$\text{Alle faser 0: } EI_{\text{Ikketermisk}}^{\text{WPM}} = \frac{1.53 \text{ mT}}{1 \text{ mT} \sqrt{2}} \approx 1.08 \Rightarrow \text{Ikkeoverensstemmende}$$

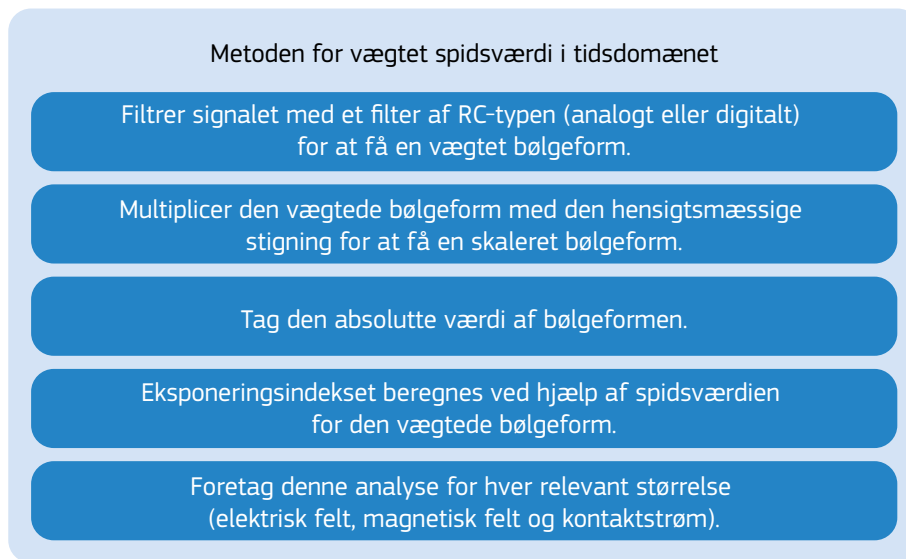
$$\text{Forskellige faser: } EI_{\text{Ikketermisk}}^{\text{WPM}} = \frac{1.38 \text{ mT}}{1 \text{ mT} \sqrt{2}} \approx 0.97 \Rightarrow \text{Overensstemmende}$$



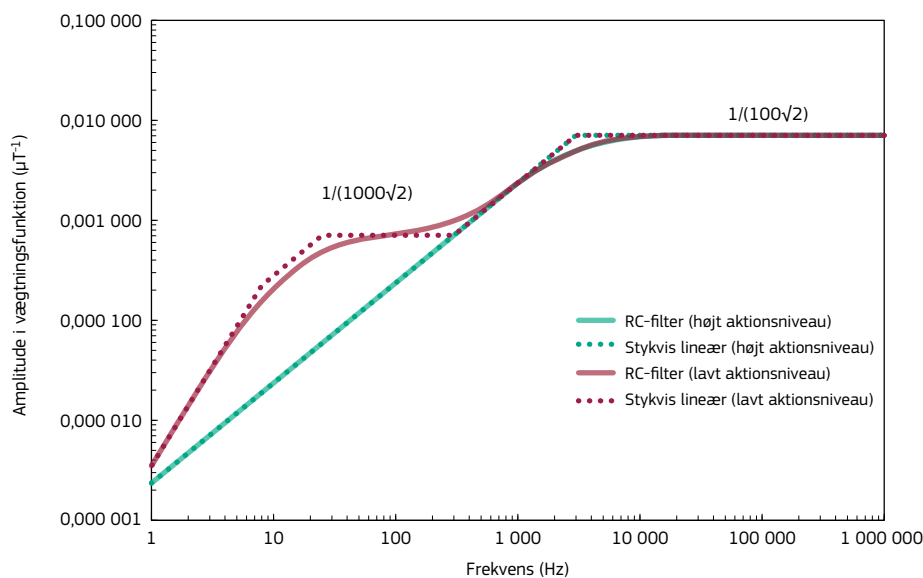
Metoden for vægtet spidsværdi i tidsdomænet

Når metoden for vægtet spidsværdi anvendes i tidsdomænet, udføres vægtningen ved hjælp af RC-filtre med frekvensafhængige stigninger, der afspejler aktionsniveauernes amplitude og frekvensafhængighed (figur D.18). Der forekommer små forskelle i filtrets amplitude og fase, når der anvendes RC-filtre, i forhold til de specifikke værdier, der er anført i EMF-direktivet ⁽¹⁾ (figur D.19 og 20). RC-filtre repræsenterer en mere realistisk biologisk adfærd, og disse forskelle accepteres af ICNIRP [ICNIRP 2010, Jokela 2000].

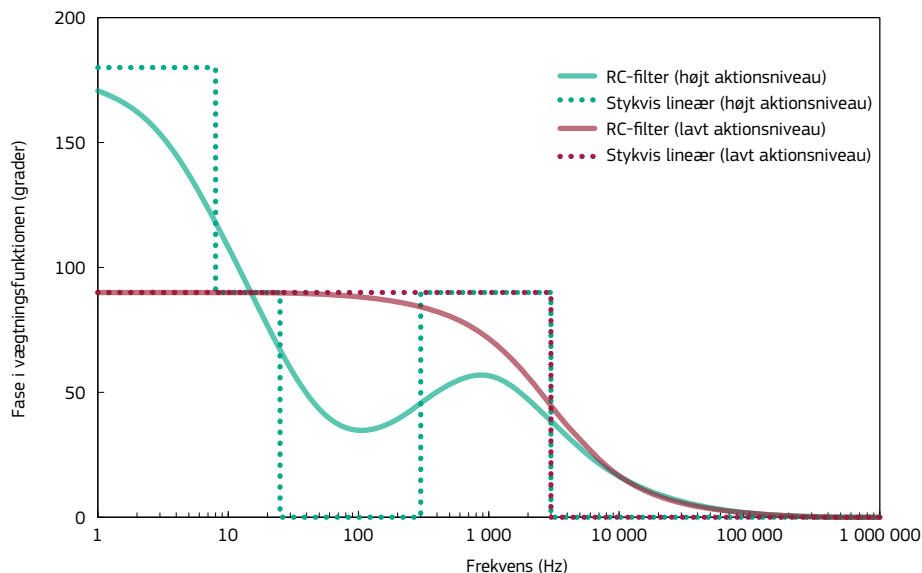
⁽¹⁾ Den specifikke amplitude for filtret beregnes ved det inverse af aktionsniveauet, mens den stykvisse fase for filtret beregnes ved hjælp af formel 7.

Figur D.18. Beregningstrin i metoden for vægtet spidsværdi i tidsdomænet

Filtreringen i tidsdomænet kan foretages ved at efterbehandle den målte bølgeform eller digitalt, f.eks. ved hjælp af kommercielt tilgængeligt udstyr til filtrering (denne funktion betegnes også Shaped Time Domain (STD)). Hvis kommercielt tilgængeligt udstyr anvendes, skal brugeren sikre, at udstyret benytter de relevante aktionsniveauer (i modsætning til andre eksponeringsstandarder eller -metoder).

Figur D.19. Amplitude i vægtningsfunktionen til metoden for vægtet spidsværdi: Stykvis lineære værdier anvendt i frekvensdomænet (som defineret i afsnittet nedenfor) og approksimerede værdier (RC-filter) anvendt i tidsdomænet

Figur D.20. Fase i vægtningsfunktionen til metoden for vægtet spidsværdi: stykvis lineære værdier anvendt i frekvensdomænet (som defineret i afsnittet nedenfor) og approksimerede værdier (RC-filter) anvendt i tidsdomænet



Metoden for vægtet spidsværdi i frekvensdomænet

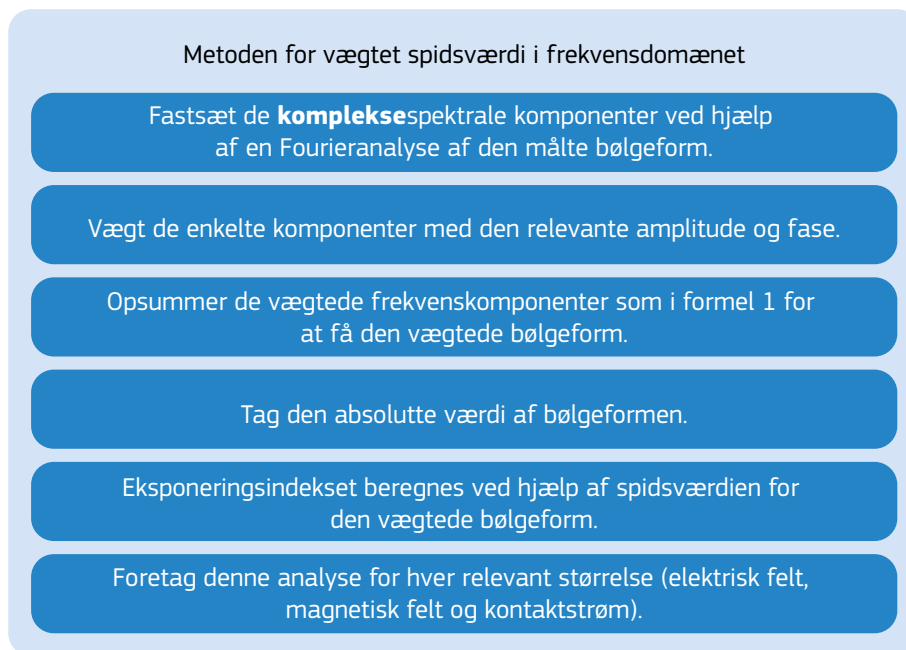
Trinene i metoden for vægtet spidsværdi i frekvensdomænet fremgår af figur D.21 og er beskrevet i ICNIRP 2010-retningslinjerne (ICNIRP2010). For at beregne den vægtede bølgeform divideres amplituden af hver spektral komponent med de relevante aktionsniveauer (eller eksponeringsgrænseværdier, hvis de pågældende amplituder er indre elektriske felter), og en fase φ_f føjes til faserne for hver spektral komponent. Den vægtede spektrale information konverteres derefter tilbage til tidsdomænet ved hjælp af:

$$EI_{non-thermal}^{WP} = \text{Maximum} \left\{ \left| \sum_f \frac{|A_f|}{AL_f \sqrt{2}} * \cos(2\pi f t + \theta_f + \varphi_f) \right| \right\} \quad \text{Formel 7}$$

Hvor $|A_f|$ og θ_f spidsamplituden (elektrisk feltstyrke eller magnetisk fluxtæthed) og den spektrale komponents fase ved frekvensen f , og AL_f er det relevante aktionsniveau ved den frekvens. Faserne φ_f er en funktion af frekvensen og defineres i bilaget til ICNIRP 2010-retningslinjerne (ICNIRP 2010):

$$\varphi_f = \begin{cases} 180^\circ, & f \text{ or } AL_f \propto f^{1/2} \\ 90^\circ, & f \text{ or } AL_f \propto f^1 \\ 0^\circ, & f \text{ or } AL_f = \text{constant} (\propto f^0) \\ -90^\circ, & f \text{ or } AL_f \propto f \end{cases} \quad \text{Formel 8}$$

Figur D.21. Beregningstrin i metoden for vægtet spidsværdi i frekvensdomænet



Disse er de stykvise værdier, der er omhandlet i figur D.20. Som nævnt ovenfor kan denne metode også anvendes til vurdering af overensstemmelse med eksponeringsgrænseværdier for både sensoriske og sundhedsmæssige virkninger. Til vurdering af overensstemmelse med eksponeringsgrænseværdier er $|A_f|$ og θ_f amplituden og faserne for de inducerede (indre) elektriske felter, og aktionsniveauerne er erstattet med eksponeringsgrænseværdier i formel 7 og formel 8. Ligesom i de ikke-termiske beregninger fjernes $\sqrt{2}$ fra formlen, når eksponeringsgrænseværdier anvendes, da disse er defineret som spidsværdier og ikke RMS.

D.3.1.2. Alternativ metode: Multifrekvensmetoden

En metode, der kan anvendes i stedet for metoden for vægtet spidsværdi, er multifrekvensmetoden, som er enklere at anvende, men mere konservativ end metoden for vægtet spidsværdi. Hvis eksponeringen med sandsynlighed ligger tæt på aktionsniveauer (eller eksponeringsgrænseværdier) ved lave frekvenser, er denne metode ikke velegnet, fordi den ofte fører til en meget konservativ vurdering, da den ignorerer faserne i de spektrale komponenter og antager, at de spektrale komponenters sinusbølger falder sammen på samme tid, således at feltet som helhed ændres skarpt med tiden [ICNIRP 2010].

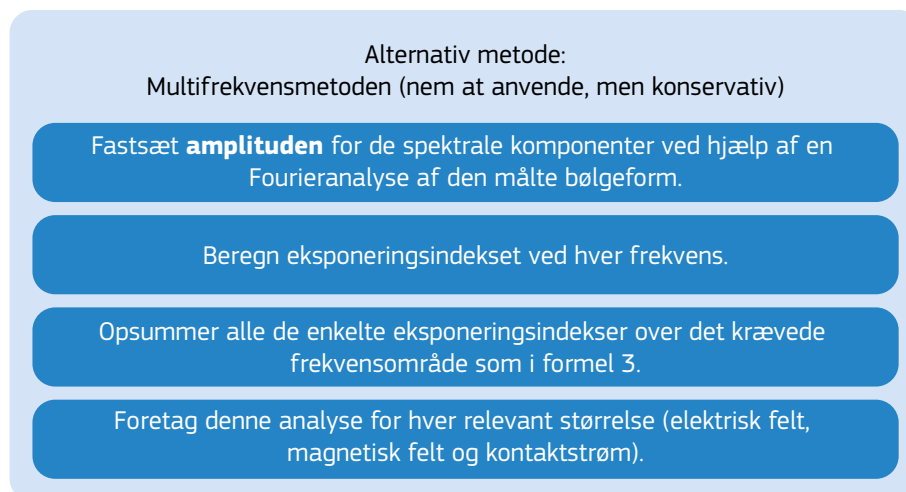
Multifrekvensmetoden er beskrevet i formel 3-6 i ICNIRP-retningslinjerne [ICNIRP 2010]. Der skal dog anvendes aktionsniveauer og eksponeringsgrænseværdier i stedet for henholdsvis referenceniveauer og basisrestriktioner:

$$EI_{non-thermal, X}^{MFR} = \sum_{f=1\text{ Hz}}^{10\text{ MHz}} \frac{X_f}{AL(X)_f} \quad \text{Formel 9}$$

hvor X_f er amplituden (RMS) ved frekvensen f for den ydre målte (eller beregnede) størrelse, og $AL(X)_f$ er det relevante aktionsniveau ved frekvensen f . Relevant aktionsniveau betyder aktionsniveauet ved frekvensen for den spektrale komponent,

men også den type aktionsniveau, der kræves til vurderingen (elektrisk feltstyrke, magnetisk fluxtæthed, lavt, højt og kontakt) som defineret i tabel B2 i bilag II til EMF-direktivet. Ved vurdering i forhold til eksponeringsgrænseværdier bliver X_f amplituden i den inducerede elektriske feltstyrke (spids, ikke RMS) ved frekvensen f , og $AL(X)_f$ erstattes med ELV_f . Figur D.22 viser trinnene til beregning af eksponeringsindekset ved hjælp af multifrekvensfeltsummation.

Figur D.22. Beregningstrin til multifrekvensmetoden



Multifrekvensfeltsummation er en rimelig enkel metode, og forskelligt udstyr kan udføre denne vurdering automatisk i overensstemmelse med ICNIRP-retningslinjerne. Sådant udstyr kan anvendes til at vurdere overensstemmelse med aktionsniveauer, og det relevante sæt aktionsniveauer er derfor på forhånd lagret i udstyret. Denne metode kan også anvendes til vurdering af overensstemmelse med eksponeringsgrænseværdier for både sensoriske og sundhedsmæssige virkninger.

Tabel D.5.a-D.5.d viser en sammenligning mellem eksponeringsindekserne ved brug af metoden for vægtet spidsværdi i frekvensdomænet og multifrekvensmetoden samt de resultater, der er opnået ved brug af STD-funktionen (metoden for vægtet spidsværdi i tidsdomænet) med en kommercielt tilgængelig probe.

Tabel D.5.a. Punktsvejser 50 Hz (50 kVA). Målinger er foretaget i en afstand på 0,3 m i samme højde som svejsepunktet.

Metode	Lave aktionsniveauer	Høje aktionsniveauer	Aktionsniveauer for eksponering af lemmer
Multifrekvensmetoden ^(a)	3,18	1,70	0,57
Metoden for vægtet spidsværdi ^(a)	0,94	0,45	0,15
STD ^(b)	0,83	0,34	0,13

^(a) Beregninger er foretaget i frekvensdomænet fra et spor med N=4096, T = 0,84 sek. (dvs. den undersøgte maksimale frekvens var omkring 2 kHz).

^(b) STD-målinger udført ved brug af udstyr med frekvensområdet 1 Hz-400 kHz.

Tabel D.5.b. 2 kHz-svejsemaskine (målinger foretaget i en afstand på 0,33 m fra centrum af spændbøjle)

Metode	Lave aktionsniveauer	Høje aktionsniveauer	Aktionsniveauer for eksponering af lemmer
Multifrekvensmetoden ^(a)	4,52	3,44	1,15
Metoden for vægtet spidsværdi ^(a)	1,08	0,81	0,27
STD ^(b)	-	1,00	-

^(a) Beregninger er foretaget i frekvensdomænet fra et spor med N=4096, T = 0,5 sek. (dvs. den undersøgte maksimale frekvens var omkring 4 kHz).

^(b) STD-målinger udført ved brug af udstyr med frekvensområdet 1 Hz-400 kHz.

Tabel D.5.c. Transkraniel magnetisk stimulator (TMS)

Metode	Lave aktionsniveauer	Høje aktionsniveauer	Aktionsniveauer for eksponering af lemmer
Multifrekvensmetoden ^(a)	21,88	21,81	7,27
Metoden for vægtet spidsværdi ^(a)	13,43	13,23	4,41
STD ^(b)	-	12,22	4,11

^(a) Beregninger er foretaget i frekvensdomænet fra et spor med T = 0,5 sek. (dvs. den undersøgte maksimale frekvens var 409 kHz).

^(b) STD-målinger er udført ved brug af udstyr med frekvensområdet 1 Hz-400 kHz.

Tabel D.5.d. Sømsvejsemaskine 100 kVA (måling foretaget 28 cm foran og under svejsepunkt)

Metode	Lave aktionsniveauer	Høje aktionsniveauer	Aktionsniveauer for eksponering af lemmer
Multifrekvensmetoden ^(a)	4,30	2,59	0,86
Metoden for vægtet spidsværdi ^(a)	1,09	0,61	0,20
STD ^(b)	1,13	0,59	0,16

^(a) Beregninger er foretaget i frekvensdomænet fra et spor med T = 333 msek. (dvs. den undersøgte maksimale frekvens var 6,1 kHz).

^(b) STD-målinger er udført ved brug af udstyr med frekvensområdet 1 Hz-400 kHz.

Hvis der er ikkeubetydelige spektrale komponenter over 100 kHz, skal de termiske virkninger tages i betragtning og vurderes uafhængigt af de ikke-termiske virkninger. Disse er omhandlet i det næste afsnit.

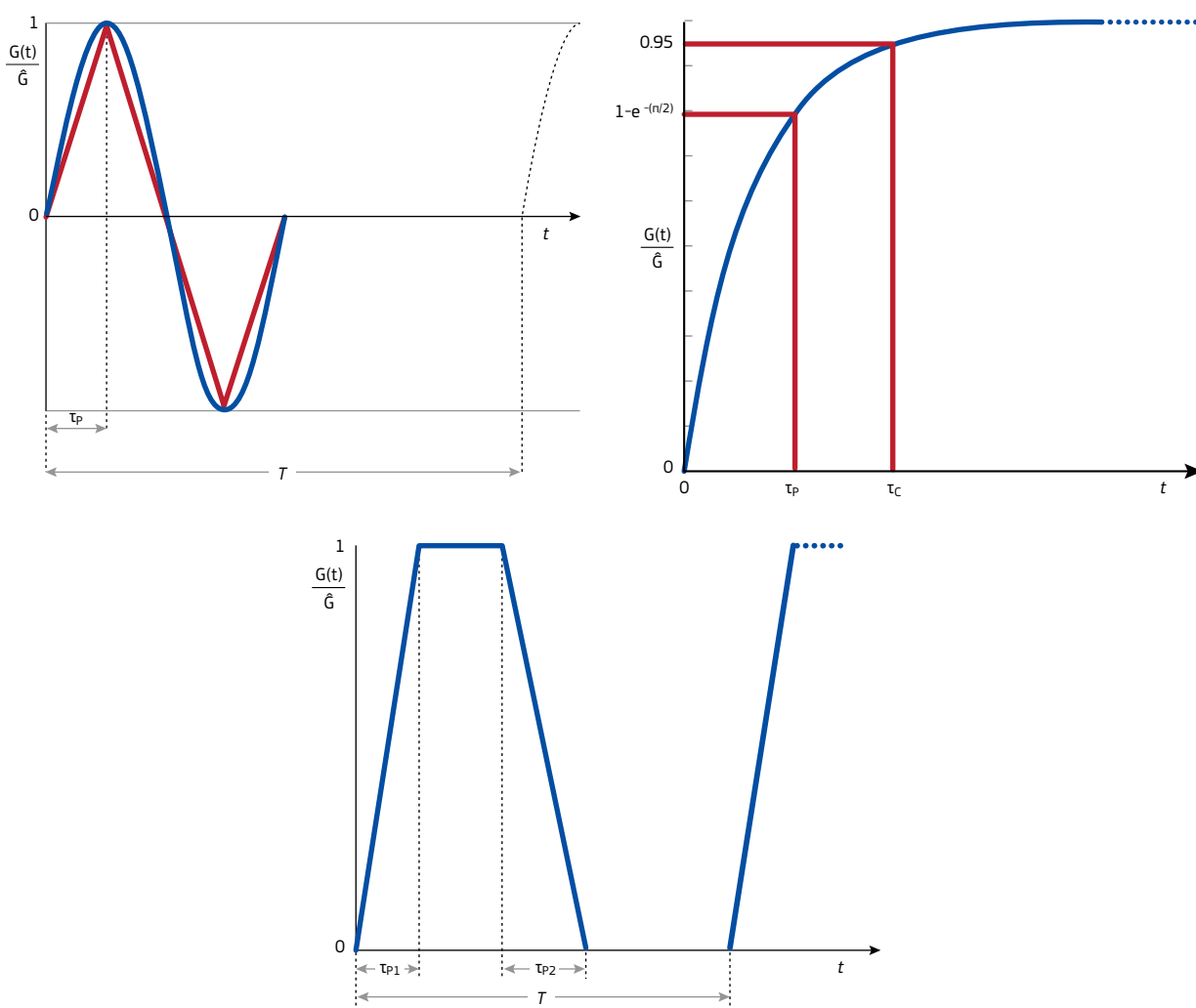
D.3.1.3. Alternativ metode: Simpel vurdering på fysiologisk grundlag

I tidsdomænet kan pulserende felter opdeles i sinusformede, trapezformede, trekantede eller eksponentielle enkelt- eller multipelfeltkomponenter eller konstanter (se figur D.23). På den baggrund kan der foretages en forenklet vurdering i lavfrekvensområdet ved hjælp af de parametre, der er beskrevet nedenfor (Heinrich, 2007). Metoden er baseret på fysiologien, især stimuleringsmekanismen:

- 1) Stimuleringsvirkninger forekommer kun, hvis den veldefinerede tærskel overskrides.
- 2) Pulseringer under denne tærskel frembringer ingen stimuleringer, heller ikke, hvis de er meget lange.
- 3) Hvis pulseringerne er meget kortere, skal intensiteten være højere.

Vurderingsprocedure er beskrevet i de tyske bestemmelser om forebyggelse af arbejdsulykker (BGV B11, 2001) udstedt af det tyske Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. Det skal dog bemærkes, at disse bestemmelser 2001 ikke anvender de aktionsniveauer og eksponeringsgrænseværdier, der er fastsat i det nye direktiv 2013/35/EU.

Figur D.23. Signalkurver (pulseringer) i sinusformede (øverst til venstre), eksponentielle (øverst til højre) og trapezformede eller trekantede (nederst) felter



De felter, der er tilknyttet sådanne signalkurver (figur D.23), er beskrevet ved følgende yderligere parametre:

G I stedet for størrelsen G anvendes den elektriske feltstyrke, E , den magnetiske feltstyrke, H , eller den magnetiske fluxtæthed, B .

$G(t)$ angiver tidsfunktionen, og \hat{G} angiver spidsværdien.

T Pulsvarighed eller pulsbredde med følgende pause

τ_p	Varigheden af en feltændring for sinusformede, trekantede eller trapezformede signalkurver fra nul til den positive eller negative spidsværdi eller fra den positive eller negative spidsværdi til nul. Undersøgelsen af τ_p for eksponentielle signalkurver foretages efter ovenstående diagram. Hvis de enkelte varigheder τ_{pi} er forskellige, skal alle disse værdier τ_{pi} medtages i de yderligere beregninger.
T_I	Integrationstid, hvor $T_I = \begin{cases} T & \text{where } T \leq 1 \text{ s} \\ 1 \text{ s} & \text{in all other cases} \end{cases}$
τ_{pmin}	Den mindste værdi for alle varigheder τ_{pi} : $\tau_{pmin} = \min_i(\tau_{pi})$
τ_C	Ekstra størrelse til definition af eksponentielle signalkurver. Hvis de enkelte varigheder τ_{Ci} er forskellige, skal alle disse værdier τ_{Ci} medtages i de yderligere beregninger.
τ_D	Sum af tiden for alle feltændringer i løbet af et tidsinterval T_I for: — sinusformede, trekantede og trapezformede signalkurver: $\tau_D = \sum_i \tau_{pi}$ — eksponentielle signalkurver: $\tau_D = \sum_i \tau_{Ci}$
f_p	Frekvens af en feltændring, hvor: $f_p = \frac{1}{4 \cdot \tau_{pmin}}$
V, V_{max}	Vægtningsfaktor, maksimal vægtningsfaktor $V = \begin{cases} \sqrt{\frac{T_I}{\tau_D}} & \text{where } \sqrt{\frac{T_I}{\tau_D}} \leq V_{max} \\ V_{max} = 2.6 & \text{in all other cases} \end{cases}$
$\left \frac{dB(t)}{dt} \right _{p,max}$	Maksimal tidsafledning for magnetisk fluxtæthed $\left \frac{dB(t)}{dt} \right _{p,max} = \omega \hat{B} \cdot V = 2\pi \cdot f_p \cdot \sqrt{2} \cdot B \cdot V$
$\left \frac{dB(t)}{dt} \right _{p,mean}$	Middel tidsafledning for magnetisk fluxtæthed $\left \frac{dB(t)}{dt} \right _{p,mean} = \frac{\omega \hat{B} \cdot V}{\pi/2} = 4 \cdot f_p \cdot \sqrt{2} \cdot B \cdot V$

Tabel D.6. Aktionsniveauer for maksimal tidsafledning for magnetisk fluxtæthed $\left| \frac{dB(t)}{dt} \right|_{p,max}$ i (T/sek.) i henhold til tabel B2 i direktiv 2013/35/EU

Frekvensområde	Lavt aktionsniveau	Højt aktionsniveau	Aktionsniveau for eksponering af lemmer for afgrænset magnetisk felt
1 Hz < f_p < 8 Hz	$1,8 \cdot V/f_p$	$2,7 \cdot V$	$8 \cdot V$

8 Hz < f_p < 25 Hz	$0,2 \cdot V$	$2,7 \cdot V$	$8 \cdot V$
25 Hz < f_p < 300 Hz	$0,01 \cdot f_p \cdot V$	$2,7 \cdot V$	$8 \cdot V$
300 Hz < f_p < 3 kHz	$2,7 \cdot V$	$2,7 \cdot V$	$8 \cdot V$
3 kHz < f_p < 10 MHz	$0,001 \cdot f_p \cdot V$	$0,001 \cdot f_p \cdot V$	$0,003 \cdot f_p \cdot V$

Tabel D.7. Aktionsniveauer for middel tidsafledning for magnetisk fluxtæthed $\left| \frac{dB(t)}{dt} \right|_{p,mean}$ i (T/sek.) i henhold til tabel B2 i direktiv 2013/35/EU beregnet som middelværdi for tidsintervallet τ_p

Frekvensområde	Lavt aktionsniveau	Højt aktionsniveau	Aktionsniveau for eksponering af lemmer for afgrænset magnetisk felt
1 Hz < f_p < 8 Hz	$1,15 \cdot V/f_p$	$1,7 \cdot V$	$5,1 \cdot V$
8 Hz < f_p < 25 Hz	$0,13 \cdot V$	$1,7 \cdot V$	$5,1 \cdot V$
25 Hz < f_p < 300 Hz	$6 \cdot 10^{-3} \cdot f_p \cdot V$	$1,7 \cdot V$	$5,1 \cdot V$
300 Hz < f_p < 3 kHz	$1,7 \cdot V$	$1,7 \cdot V$	$5,1 \cdot V$
3 kHz < f_p < 10 MHz	$6 \cdot 10^{-4} \cdot f_p \cdot V$	$6 \cdot 10^{-4} \cdot f_p \cdot V$	$2 \cdot 10^{-3} \cdot f_p \cdot V$

Eksponeringsgræseværdierne i direktiv 2013/35/EU overholdes, når aktionsniveauerne anvendes til denne procedure.

Vægtningstaktorerne V , V_{max} og tabellerne for aktionsniveauerne til denne vurderingsprocedure er tilpasset kravene i direktiv 2013/35/EU.

D.3.2. Termiske virkninger (100 kHz-300 GHz)

D.3.2.1. Vurdering i forhold til aktionsniveauer

For elektromagnetiske felter med ikkeubetydelige spektrale komponenter over 100 kHz er termiske virkninger relevante, og det samlede eksponeringsindeks for termisk virkning udtrykkes som [ICNIRP 1998]:

$$EI_{thermal,X} = \sum_{f=100 \text{ kHz}}^{300 \text{ GHz}} \frac{X_f^2}{AL(X)_{thermal,X}^2} \quad \text{Formel 10}$$

hvor X_f er amplituden (RMS) ved frekvensen f , og X står for elektrisk feltstyrke, magnetisk fluxtæthed eller kontaktstrøm. $AL(X)_{thermal,f}$ er aktionsniveauet for termiske virkninger ved frekvensen f , som defineret i tabel B1, B2 og B3 i bilag III i EMF-direktivet. Hvis der sammenlignes med feltstyrke, skal X_f^2 være en middelværdi for en periode på seks minutter for frekvenser under 6 GHz eller en periode af en varighed i henhold til $\tau = 68/f^{0.05} \text{ minutes}$ (hvor f er udtrykt i GHz) for frekvenser over 6 GHz. For kontaktstrømme foretages summationen kun mellem 100 kHz og 110 MHz, og der kræves ingen beregning af tidsmæssig middelværdi.

Hældningen af EMF-bølgeformen påvirker ikke opvarmningen af væv, og metoden for vægtet spidsværdi anvendes derfor ikke til at vurdere overensstemmelse med de aktionsniveauer, der er fastsat for at undgå termiske virkninger.

For RF-pulseringer med bærefrekvenser over 6 GHz skal spidseffekttheden, beregnet som middelværdi for pulsbredden, være under 50 kWm^{-2} , hvilket er 1 000 gange aktionsniveauet for effekttheden (tabel B1, bilag III i EMF-direktivet).

Som ved de ikketermiske beregninger, hvor de ydre felter varierer betydeligt over arbejdstagerens krop, kan det være nødvendigt at medtage lokal beregning af middelværdier for eksponeringsniveauer, som er hensigtsmæssige i forhold til den del af kroppen, der er den pågældende grænse. Dette er omhandlet i det foregående afsnit (afsnit D.2).

Vurdering i forhold til aktionsniveau for strøm i lemmer (10 MHz-110 MHz)

Ved vurderingen af strøm i lemmer anvendes den samme formel som for elektriske og magnetiske felter, men kun frekvenser mellem 10 MHz og 110 MHz tages i betragtning. Bemærk, at $I_{L,p}^2$ kvadratrod af strøm i lemmer ved frekvensen f , skal beregnes som middelværdi for en periode på seks minutter.

D.3.2.2. Vurdering i forhold til eksponeringsgrænseværdier

Vurdering i forhold til eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger (100 kHz-300 GHz)

Som beskrevet i [ICNIRP 1998] beregnes eksponeringsindekset for termiske sundhedsvirkninger ved:

$$EI_{thermal,ELV} = \frac{1}{ELV(SAR)} \sum_{f=100 \text{ kHz}}^{6 \text{ GHz}} W_i \langle SAR_f \rangle + \frac{1}{ELV(S)} \sum_{f>6 \text{ GHz}}^{300 \text{ GHz}} \langle S_f \rangle \quad \text{Formel 11}$$

hvor

$\langle SAR_f \rangle$ er den specifikke absorptionshastighed (SAR) ved frekvensen f i W/kg beregnet som middelværdi for en periode på seks minutter.

$ELV(SAR)$ er emissionsgrænseværdien for den specifikke absorptionshastighed (SAR) i W kg^{-1} som anført i tabel A1 i bilag III til EMF-direktivet.

$\langle S_f \rangle$ er effekttheden ved frekvensen f i Wm^{-2} beregnet som middelværdi for et 20 cm^2 eksponeret område og for en periode beregnet ved $\tau = 68/f^{1.05} \text{ minutes}$ (hvor f er udtrykt i GHz).

$ELV(S)$ er emissionsgrænseværdien for effekttheden lig med 50 Wm^{-2} som anført i tabel A1 i bilag III til EMF-direktivet.

Ved vurdering af lokal SAR — i modsætning til middelværdien for hele kroppen — skal den lokale SAR beregnes som middelværdi for en masse af 10 g sammenhængende væv. Den maksimale SAR, der beregnes på denne måde, bør være den værdi, der anvendes i formel 10. I afsnit D.2 gives der flere oplysninger om beregning af middelværdier.

Vurdering i forhold til eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger (300 MHz-6 GHz)

Auditive sensoriske virkninger kan opstå som følge af eksponering af hovedet for pulserende mikrobølgestråling ved en frekvens mellem 300 MHz og 6 GHz. For at

undgå sådanne virkninger skal de eksponeringsgrænseværdier for specifik absorption overholdes, hvor eksponeringsindekset beregnes ved:

$$EI_{\text{auditory ELV}} = \frac{1}{ELV(SAR)} \sum_{f=300 \text{ MHz}}^{6 \text{ GHz}} SA_f \quad \text{Formel 12}$$

Hvor

SA_f er den specifikke absorption (SA) ved frekvensen f i hovedet i J kg^{-1} , der antages at være lig med maksimum af de beregnede middelværdier for 10 g væv, og $ELV(SA)$ er lig med 10 mJ kg^{-1} .

D.3.3. Vurdering af elektromagnetiske felter med frekvenser mellem 100 kHz og 10 MHz

Hvis der forekommer RF-signaler med frekvenser mellem 100 kHz og 10 MHz, inkl. harmoniske udgangssignaler med frekvenser under 100 kHz, skal overensstemmelse med grænser for både ikketermiske virkninger og termiske virkninger påvises. Dette kan ske ved sammenligning af indre feltniveauer med relevante emissionsgrænseværdier, men i de fleste tilfælde sammenlignes de ydre feltniveauer med det relevante aktionsniveau.

Figur 6.2 og 6.7 viser de vurderinger, der kræves, afhængigt af kildens frekvensområde (med hensyn til overensstemmelse med henholdsvis aktionsniveauer og eksponeringsgrænseværdier). I mange tilfælde er kun én type virkning (termisk eller ikketermisk) relevant som følge af kildens frekvenskarakteristika, men når kilden ligger i frekvensområdet 100 kHz-10 MHz (vist med rødt i figur 6.2 og 6.7), er begge virkninger relevante, og derfor kræves der overensstemmelse med begge, som det er fremhævet i tabel D.8 (for aktionsniveauer).

Tag f.eks. et miljø, hvor en arbejdstagers eksponering blev påvist at bestå af et 75 kHz udgangssignal med et signifikant harmonisk indhold ved 225 kHz, 375 kHz og 525 kHz. Da alle disse frekvenser er under 10 MHz, skal de medtages i evalueringen af det ikketermiske eksponeringsindeks for elektriske felter, for magnetiske felter og for kontaktstrømme, hvis det er relevant, ved alle identificerede frekvenser på tværs af frekvensområdet 1 Hz-10 MHz. Dette kan omfatte bidrag fra effektfrekvenssignaler (50/60 Hz) og tilsvarende harmoniske signaler. 225 kHz-, 375 kHz- og 525 kHz-signalerne skal desuden medtages i evalueringen af det termiske eksponeringsindeks for dette miljø, da disse frekvenser ligger i frekvensområdet fra 100 kHz til 300 GHz. Alle andre frekvenser, der er identificeret i dette område, skal også medtages i beregningen af det termiske eksponeringsindeks. Termisk overensstemmelse med aktionsniveauer kan vurderes ved hjælp af værdier for enten ydre elektrisk eller magnetisk feltstyrke, men der bør foretages en evaluering af eksponeringsindekset for kontaktstrøm, hvis det er relevant. Alle eksponeringsindekser (ikketermisk, termisk og kontaktstrøm) skal være under tallet 1. Hvis det ikke er tilfældet, skal arbejdstageren eller kilden pålægges begrænsninger med henblik på at sikre overensstemmelse. Hvis overensstemmelse med aktionsniveauer ikke kan påvises, kan overensstemmelse med eksponeringsgrænseværdier muligvis stadig påvises, selv om denne metode kan være dyr.

Tabel D.8. Ikkeudtømmende liste over eksempler og tilknyttede krav til overensstemmelse med aktionsniveau baseret på kildens frekvensområde. Forkortelser og formler er forklaret i de efterfølgende afsnit.

Kildens frekvensområde	Krævet måling	Formler, der skal anvendes	Krav til overensstemmelse med aktionsniveau	Eksempel på kilde
1 Hz til 100 kHz	B, E, I_c	Formel 6 eller formel 8	$EI_{non-thermal,X}^M \leq 1$ $X = \{B, E, I_c\}$ og $M = \{(1) \text{ or } (2)\}$	Elselskabers transmissionslinjer Magnetpulver-undersøgelse
100 kHz til 10 MHz	B, E, I_c	Formel 6 eller formel 8 og Formel 9	Samme som ovenfor plus: $EI_{thermal,X} \leq 1$ For $X = \{B, E, I_c\}$	Elektronisk overvågningssystem for artikler AM-basestationer til radioudsendelse Ledninger i kommunikations-systemer
10 MHz til 110 MHz	B, E, I_c, I_L	Formel 9	$EI_{thermal,X} \leq 1$ For $X = \{B, E, I_c, I_L\}$	FM-basestationer til radioudsendelse Plastsvejsmaskine
110 MHz til 300 GHz	B, E (hvis i fjernfelt, så B or E)	Formel 9	$EI_{thermal,X} \leq 1$ For $X = \{B, E\}$ (hvis i fjernfelt, så $X = \{B \text{ or } E\}$)	Basestationer til mobil kommunikation Militære radarer

Det fremhæves, at ikketermiske virkninger er øjeblikkelige, mens kroppens temperaturregulerende egenskaber bevirker, at de termiske virkninger afhænger af eksponeringsvarigheden eller -intensiteten. Ved vurderingen af de ikketermiske sundhedsmæssige virkninger anvendes derfor den maksimale øjeblikkelige eksponering, mens eksponeringen i henhold til EMF-direktivet kan beregnes som en tidsmæssig middelværdi for en periode på seks minutter og en periode på $\tau = 68/f^{1.05}$ minutes (hvor f er udtrykt GHz) for frekvenser henholdsvis under og over 10 GHz, når de termiske sundhedsmæssige virkninger vurderes. Hvis der sammenlignes med feltstyrke, fluxtæthed eller aktionsniveauer for strøm i lemmer, bør beregningen af den tidsmæssige middelværdi udføres ved hjælp af kvadratet af hver værdi.

D.4. Vurdering af eksponering for statiske magnetiske felter

D.4.1. Indledning

De virkninger, der primært induceres, når en krop eller dele af kroppen bevæges i et statisk magnetisk felt, er stimulering af perifere nerver (PNS) og forbigående sensoriske virkninger, som f.eks. svimmelhed, kvalme, metalsmag og synsforstyrrelser, såsom retinalefosfener.

EMF-direktivet fastsætter grænser for statiske magnetiske felter for to typer arbejdsbetingelser:

- normale (ukontrollerede) arbejdsbetingelser
- kontrollerede arbejdsbetingelser, hvor der er truffet forebyggende foranstaltninger, som f.eks. kontrol af bevægelser og information til arbejdstagerne.

Overensstemmelsesvurderingen for bevægelse i statiske magnetiske felter afhænger af arbejdsmiljøet, dvs. om det er normalt eller kontrolleret, og forskellige virkninger skal tages i betragtning. Processen er illustreret i flowdiagrammet i figur D.24. Overensstemmelse under normale arbejdsbetingelser sikrer også overensstemmelse under kontrollerede arbejdsbetingelser. I kontrollerede arbejdsmiljøer skal der dog kun påvises overensstemmelse med eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer vedrørende stimulering af perifere nerver.

De eksponeringsgrænseværdier, der er anført i tabel A1 i bilag II til EMF-direktivet vedrørende ydre magnetisk fluxtæthed, gælder for statiske magnetiske felter. Bevægelse gennem en statisk magnetisk feltgradient inducerer lavfrekvente elektriske felter i kroppen. I dette tilfælde bør eksponeringsgrænseværdierne i tabel A2 og A3 samt aktionsniveauerne i tabel B2 i bilag II i EMF-direktivet anvendes som grundlag for eksponeringsvurdering. Yderligere retningslinjer for begrænsning af eksponering for elektriske felter induceret ved bevægelse gennem statiske magnetiske felter er blevet offentliggjort (ICNIRP, 2014). Disse retningslinjer er baseret på den bedste tilgængelige dokumentation, men ved offentliggørelsen af denne vejledning var de endnu ikke blevet indarbejdet i EMF-direktivet. Værdierne er sammenfattet i tabel D.9.

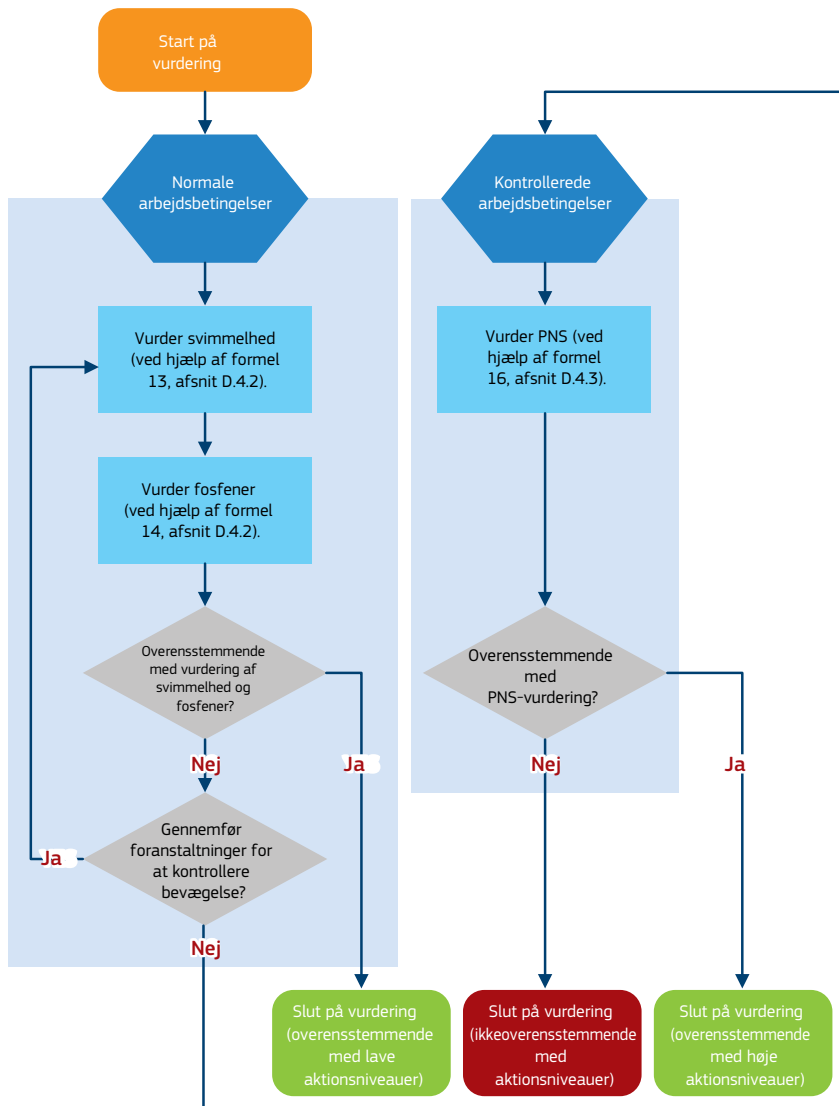
Retningslinjerne fra ICNIRP er ikkebindende og anvender en anden terminologi end EMF-direktivet. Basisrestriktionerne er størrelser, der ikke bør overskrides, og svarer konceptuelt til eksponeringsgrænseværdierne i EMF-direktivet. Referenceniveauer er afledt konservativt ud fra basisrestriktionerne, men er fastsat i mængder, der er lettere at vurdere. Referenceniveauer svarer konceptuelt til de aktionsniveauer, der anvendes i EMF-direktivet.

Tabel D.9. Basisrestriktioner og referenceniveauer for begrænsning af erhvervmæssig eksponering fra bevægelse i statiske magnetiske felter (fra ICNIRP, 2014)

Frekvens [Hz]	Basisrestriktioner		Referenceniveauer	
	Indre elektrisk feltstyrke ($Vm^{-1}_{(peak)}$)		Tidsafledning for magnetisk fluxtæthed ($Ts^{-1}_{(peak)}$)	
	Sensoriske virkninger ¹	Sundhedsmæssige virkninger ²	Sensoriske virkninger ¹	Sundhedsmæssige virkninger ²
0-0,66	1,1	1,1	2,7	2,7
0,66-1	0.7/f	1,1	1,8/f	2,7

- Bemærk:*
1. Restriktioner fastsat for at minimere fornemmelsen af fofener under normale arbejdsbetingelser.
 2. Restriktioner fastsat for at minimere forekomsten af PNS-virkninger under kontrollerede arbejdsbetingelser.
 3. For at undgå svimmelhed som følge af bevægelse i et statisk magnetisk felt bør den maksimale ændring af magnetisk fluxtæthed ΔB i en periode på tre sekunder ikke overstige 2 T. Under kontrollerede arbejdsbetingelser kan denne værdi overskrides (ICNIRP 2014).

Figure D.24. Proces for overensstemmelsesvurdering ved bevægelse i statiske magnetiske felter



D.4.2. Normale arbejdsbetingelser

Under normale arbejdsbetingelser er restriktionerne for eksponering fra bevægelse i statiske magnetiske felter baseret på sensoriske virkninger, som f.eks. svimmelhed, kvalme og fosfener. Spektret af bevægelsesinducerede felter går op til 25 Hz og bør tages i betragtning, når eksponeringsgrænselværdier for sensoriske virkninger (tabel A3 i bilag II til i EMF-direktivet) og ICNIRP's basisrestriktioner (tabel D.9) vælges. Generelt bør eksponeringer sammenlignes med de lave aktionsniveauer (tabel B2 i bilag II til EMF-direktivet) og ICNIRP-referenceniveauer (tabel D.9).

Minimering af svimmelhed

Forekomsten af sensoriske virkninger, som f.eks. svimmelhed og kvalme som følge af bevægelse i et statisk magnetisk felt, kan minimeres ved at bevæge sig så langsomt som muligt i feltet. For at minimere risikoen for svimmelhed og kvalme bør ændringen af magnetisk fluxtæthed ΔB i en periode på tre sekunder ikke overstige 2 T:

$$|\Delta B|_{3s} \leq 2 \text{ T}$$

Formel 13

Minimering af fosfener

For at minimere fornemmelsen af fosfener bør eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger (bilag II, tabel A3) og basisrestriktionerne (tabel D.9) for den indre elektriske feltstyrke E anvendes. Da den indre elektriske feltstyrke ikke umiddelbart kan fastsættes, er det generelt mere hensigtsmæssigt at vurdere overensstemmelse ved hjælp af referenceniveauer (tabel D.9) og tidsafledningen for de lave aktionsniveauer (bilag II, tabel B2).

Det elektriske felt, der induceres ved bevægelse gennem et statisk magnetisk felt, er ikkesinusformet op til 25 Hz. Der skal derfor tages højde for de tilstedeværende frekvenskomponenter ved brug af metoden for vægtet spidsværdi (se bilag D.3).

Eksponeringsindekset for dB/dt beregnes ved hjælp af den følgende formel baseret på en frekvensafhængig og faserelateret vægtningsfunktion:

$$EI_{\text{movement}}^{\text{phosphene}} = \text{Maximum} \left\{ \sum_{f=0}^{25 \text{ Hz}} \frac{|A_f|}{RL_f} * \cos(2\pi f t + \theta_f + \varphi_f) \right\} \quad \text{Formel 14}$$

hvor $|A_f|$ og θ_f er amplituden og fasen for den spektrale komponent ved frekvensen f af tidsafledningen af magnetisk fluxtæthed dB/dt , og RL_f er referenceniveauet for sensoriske virkninger ved den frekvens. Fasen φ_f (filtrets »fasevinkel«) er en funktion af frekvensafhængigheden af RL_f og har værdierne 90° , 180° og 90° i frekvensområdet 0-0,66 Hz, 0,66-8 Hz og 8-25 Hz, hvor frekvensafhængigheden af RL_f er af f^0 , $1/f$ og f^0 . Faseværdierne for filterfunktionen for dB/dt er defineret i bilaget til ICNIRP 2010-retningslinjerne (ICNIRP, 2010) og er forklaret i bilag D.3.

Når ovennævnte formel anvendes til at beregne eksponeringsindekset for dB/dt , skal det bemærkes, at der kun er anført referenceniveauer for peak dB/dt under 1 Hz. Over 1 Hz er aktionsniveauer anført (bilag II, tabel B2) som RMS-værdier af magnetisk fluxtæthed, men ikke som tidsafledninger. Disse aktionsniveauer kan dog anvendes til at beregne det tilsvarende RL_f for peak dB/dt over 1 Hz:

$$\left(\frac{dB}{dt}\right)_{RL,peak} = 2\sqrt{2}\pi f B_{lowAL,rms} \quad \text{Formel 15}$$

hvor $B_{lowAL,rms}$ er RMS-værdien af det lave aktionsniveau for magnetisk fluxtæthed ved frekvensen f , og $\left(\frac{dB}{dt}\right)_{RL,peak}$ er det konverterede RL_f for peak dB/dt ved den frekvens.

D.4.3. Kontrollerede arbejdsbetingelser

Som omhandlet i afsnit D.4.2 ovenfor omfatter det inducerede elektriske felt komponenter med frekvenser op til 25 Hz, og det skal tages i betragtning, når hensigtsmæssige eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger (bilag II, tabel A2) og basisrestriktioner (tabel D.9) vælges. Det vil igen være mere hensigtsmæssigt at sammenligne eksponeringer med de høje aktionsniveauer (bilag II, tabel B2) og referenceniveauerne for sundhedsmæssige virkninger (tabel D.9).

Forebyggelse af stimulering af perifere nerver

For at forebygge stimulering af perifere nerver begrænser både ICNIRP's basisrestriktioner og emissionsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger den indre elektriske feltstyrke E_f til $1,1 \text{ Vm}^{-1}$. De tilsvarende ICNIRP-referenceniveauer og tidsafledningen for de høje aktionsniveauer har en værdi på $2,7 \text{ Ts}^{-1}$. Da både referenceniveauet og tidsafledningen for det høje aktionsniveau er konstante over det undersøgte frekvensområde, fås eksponeringsindekset ved at opsummere de spektrale komponenter ved frekvenser på op til 25 Hz uden spektral vægtning af amplitude (filterfasen φ_f er indstillet til nul for alle spektrale komponenter), men under hensyntagen til faserne i de spektrale komponenter i dB/dt :

$$EI_{movement}^{PNS} = \frac{1}{2.7} * \text{Maximum} \left\{ \left| \sum_{f=0}^{25 \text{ Hz}} |A_f| * \cos(2\pi f t + \theta_f) \right| \right\} \quad \text{Formel 16}$$

hvor $|A_f|$ og θ_f er amplituden og faserne i den spektrale komponent dB/dt ved frekvensen f . Udtrykket i parenteser i formel 16 svarer til at tage den absolutte værdi af dB/dt -bølgeformen (så alle dB/dt -værdier er positive). Eksponeringsindekset beregnes derefter som spidsværdien fra denne bølgeform divideret med $2,7 \text{ Ts}^{-1}$.

D.5. Overvejelser omkring usikkerhed

Formålet med en måling eller beregning er at fastsætte den »sande værdi«⁽¹⁾ af den undersøgte størrelse. Enhver afvigelse kan tilskrives usikkerhed.

I henhold til EMF-direktivet skal arbejdsgivere tage hensyn til usikkerhed og registrere den som en del af den overordnede eksponeringsvurdering. Artikel 4 bestemmer, at der ved vurderingen skal »tages hensyn til unøjagtigheder i målingen eller beregningen, som f.eks. numeriske fejl, kildemodell, fantomgeometri og de elektriske egenskaber ved væv og materialer i overensstemmelse med relevant god praksis«.

⁽¹⁾ Den sande værdi er selv forbundet med usikkerhed, da den er et estimat baseret på nuværende viden og data.

En af de største udfordringer for en arbejdsgiver, der gennemfører en overensstemmelsesvurdering, er at påvise nøjagtigheden af målingerne og/eller beregningerne i forhold til de aktionsniveauer og eksponeringsgrænseværdier, der er fastsat i EMF-direktivet. Ved at identificere kilderne til usikkerhed, sætte tal på deres betydning og påvise, at denne betydning er inden for acceptable grænser, kan der opnås sådan forvisning.

Internationale standarder, som f.eks. ISO/IEC Guide 98-3:2008, er gode kilder til praktiske råd om måling af usikkerhed, og Cenelec og andre standardiseringsorganisationer har offentliggjort standarder, der beskriver forskellige muligheder for bedste praksis for håndtering af usikkerhed i forbindelse med sammenligning af elektromagnetisk eksponering med grænseværdier (se bilag H).

Ideelt bør den samlede usikkerhed være lille i forhold til forskellen mellem den målte og/eller beregnede værdi og aktionsniveauet eller emissionsgrænseværdien. Hvis usikkerheden er meget stor, vil der sandsynligvis være mindre tillid til vurderingen af, om en eksponeringsværdi er eller ikke er i overensstemmelse med en grænseværdi, og man kan foretrække at gentage vurderingen ved brug af mere nøjagtige metoder og/eller instrumenter, som kan reducere denne usikkerhed.

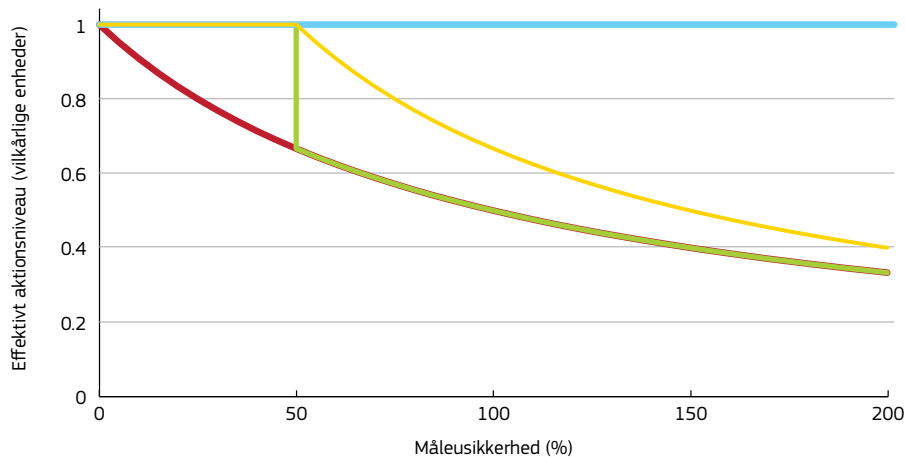
Der er to anerkendte generelle metoder til at tage højde for usikkerhed i en overensstemmelsesvurdering, som hver har deres styrker og svagheder. Den første metode er metoden baseret på direkte sammenligning eller »fælles risiko«, hvor den målte eller beregnede værdi sammenlignes direkte med aktionsniveauerne eller eksponeringsgrænseværdierne. Den anden metode er den additive metode, hvor usikkerheden lægges til den målte eller beregnede værdi, inden den sammenlignes med det relevante aktionsniveau eller den relevante emissionsgrænseværdi. Ved begge metoder opnås der en grundig vurdering af usikkerheden, men den anden er som sådan en mere gennemsigtig metode.

Der kan anvendes forskellige kombinationer af disse to metoder, og valget af en bestemt metode afhænger sandsynligvis af faktorer, som f.eks. national praksis eller eksponeringssituationen. Virkningen af de forskellige metoder er illustreret i figur D.25. Der kan anvendes forskellige metoder, hvis usikkerheden ikke er alt for stor, eftersom aktionsniveauerne og eksponeringsgrænseværdierne er afledt af restriktioner, der omfatter reduktionsfaktorer med henblik på at sikre, at der er en tilstrækkelig »sikkerhedsmargen« til at forhindre sensoriske og sikkerhedsmæssige virkninger.

D.5.1. Usikkerhed i forbindelse med målinger

Usikkerheden i et måleprogram kan tilskrives en kombination af faktorer, herunder *systematiske fejl*, der er forbundet med måleinstrumentet, og *vilkårlige fejl*, der kan opstå som følge af den måde, hvorpå målingen foretages. Det er vigtigt at anerkende, at potentielle fejlkilder kan identificeres, og at den maksimale usikkerhed, der er forbundet med hver kilde, kan fastsættes. Generelt foretages kvantitative estimater af usikkerhed på to måder. De kan udledes af statistiske evalueringer af gentagne aflæsninger (såkaldt type A-evaluering), eller de kan estimeres ved brug af forskellige andre oplysninger, såsom tidligere erfaringer, kalibreringscertifikater, fabrikantens specifikationer, offentligt tilgængelige oplysninger, beregninger og sund fornuft (såkaldt type B-evaluering).

Figur D.25. Sammenligning af forskellige metoder til håndtering af usikkerheder. Den blå linje illustrerer virkningen af at ignorere usikkerhed. Den røde linje illustrerer virkningen af at anvende den additive metode. Den grønne linje illustrerer et eksempel på metoden »fælles risiko« — i dette tilfælde sammenlignes den målte værdi direkte, såfremt usikkerheden er under 50 % — når usikkerheden overstiger denne værdi, ændres metoden til additiv. Den gule linje illustrerer en alternativ »fælles risiko«-metode — når usikkerheden overstiger 50 %, anvendes en additiv metode fra og med dette punkt.



Når alle de individuelle fejlkilder er blevet identificeret, og de resulterende usikkerheder er blevet kvantificeret, kan den kumulative virkning beregnes ved at følge fastlagte regler for »ophobning af usikkerhed«. Det vil gøre det muligt at estimere den samlede usikkerhed i forbindelse med en måling, der kan udtrykkes som et »konfidensinterval«. Den konfidensprocentdel, der er knyttet til konfidensintervallet, fås ved brug af en dækningsfaktor, k , som vedrører en klokkeformet sandsynlighedskurve. En k på 1 svarer til en konfidens på 68 %, $k = 2$ til 95 %, og $k = 3$ til 99,7 %.

Evalueringen af målesikkerhed kan være kompliceret på mange arbejdssteder, idet der ikke findes én metode, der kan anvendes i alle situationer. Der er dog forskellige almindeligt anerkendte eksempler på god praksis, som f.eks. brug af instrumenter med lav målesikkerhed og garanti for anvendelse af sporbar kalibrering for instrumenter (reducerer antallet af systematiske fejl). Anvendelse af gode måleteknikker, som f.eks. gentagelse af og beregning af middelværdier for målinger under en vurdering, kan bruges til at reducere antallet af vilkårlige fejl.

I mange Cenelecproduktstandarder benyttes en hybrid tilgang, hvor en måling kan sammenlignes direkte med grænseværdierne, så et angivet maksimalt usikkerhedsniveau ikke overstiges. Hvis det maksimale niveau overstiges, indregnes usikkerheden direkte i målingerne eller grænseværdierne for at sikre strengere overensstemmelseskriterier og kompensere for den større usikkerhed.

Generelt er den tilladte usikkerhed for målinger af elektromagnetiske felter af samme størrelsesorden som de værdier for nøjagtighed og præcision, der kan opnås med de typer måleudstyr og kalibreringsprocedurer, der anvendes de fleste steder.

Tekniske standarder indeholder nyttige oplysninger om at kombinere forskellige elementer af usikkerhed for at få et samlet estimat. Overslag over usikkerhed kan være et nyttigt værktøj til at vurdere usikkerheder i forbindelse med eksponering for elektromagnetiske felter, og de er omhandlet i forskellige produktstandarder vedrørende

elektromagnetiske felter. Et godt eksempel findes i EN 50413, en målestandard, der kan anvendes i situationer, hvor en teknologi- eller industrispecifikstandard ikke findes.

Omhu bør udvises ved anvendelse af et godkendt usikkerhedsinterval, så det sikres, at en arbejdstagers eksponering ikke overstiger de aktionsniveauer eller eksponeringsgrænseværdier, der er fastsat i EMF-direktivet. Direktivets artikel 5 bestemmer følgende: »Arbejdstagere må ikke udsættes for en eksponering, der overskrider eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger og eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger, medmindre betingelserne i enten artikel 10, stk. 1, litra a) eller c), eller artikel 3, stk. 3 eller 4, er opfyldt. Såfremt eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger og eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger overskrides på trods af de foranstaltninger, som arbejdsgiveren har truffet for at efterkomme dette direktiv, skal arbejdsgiveren straks tage skridt til at bringe eksponeringen ned under eksponeringsgrænseværdierne«.

D.5.2. Usikkerhed i forbindelse med beregning af eksponering

Med hensyn til beregninger af indre og ydre eksponering findes der adskillige fejlkilder, hvis modellerne ikke er defineret korrekt. Det er derfor vigtigt at undersøge den usikkerhed, der er forbundet med dosimetri. De forskellige kilder til usikkerhed kan opdeles i tre kategorier, der er beskrevet i det følgende.

D.5.2.1. Usikkerhed i forbindelse med numeriske metoder

Et eksempel er de fejl, der er forbundet med beregning af en indre dosisstørrelse, som f.eks. SAR. SAR-værdien kræver, at det elektriske felt beregnes korrekt i kroppen med hensyn til både størrelse og fordeling af SAR. Hvis en lokal spidsværdi skal beregnes som middelværdi for en specifik masse, som f.eks. et sammenhængende område på 10 g som anført i bilag III i EMF-direktivet, opstår der fejl, hvis SAR evalueres for f.eks. en terning. Hvis grænsebetingelserne for den numeriske simulering er fastsat forkert, opstår der fejl i løsningen via artefakt refleksion af det elektromagnetiske felt tilbage til beregningsdomænet. Diskretisering af løsningen, f.eks. repræsentation af eksponeringssituationen i terninger, kan føre til forsinkede fejl, som kan forårsage betydelige problemer i forbindelse med lavfrekvensberegninger.

D.5.2.2. Usikkerhed i forbindelse med model af elektromagnetisk udstyr

For at simulere en eksponeringssituation skal der skabes en repræsentativ model af det udstyr, der producerer det elektromagnetiske felt. I sådanne tilfælde kan der opstå fejl i løsningen, hvis udstyrets dimensioner, position, udgangseffekt, emissionskarakteristika osv. er dårligt repræsenteret. Udstyrets position er især vigtig, hvis feltkilden er placeret tæt på kroppen, da det felt, der produceres af de fleste enheder, hurtigt fortaber sig med afstanden.

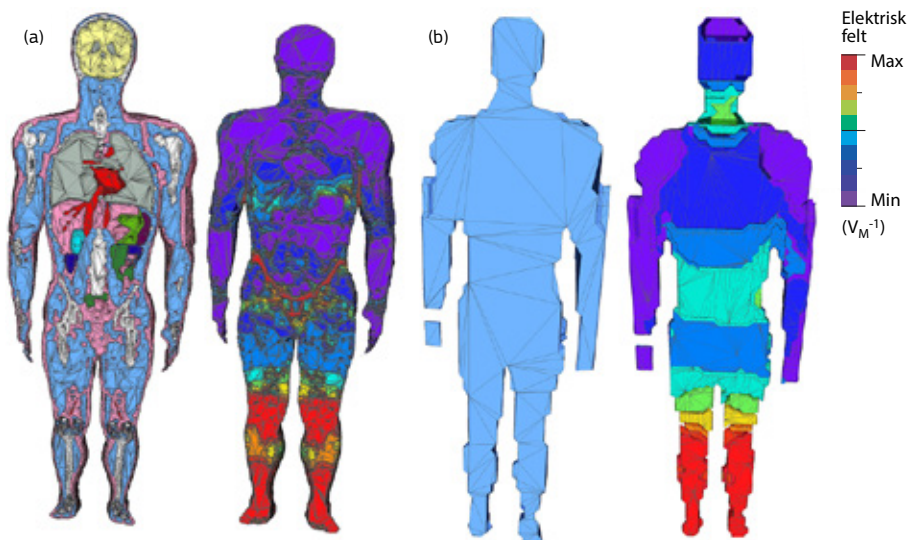
D.5.2.3. Usikkerhed i forbindelse med model af menneskekroppen

Hvis modellen af menneskekroppen ikke er repræsentativ for den eksponerede arbejdstager med hensyn til anatomi og stilling osv., kan der opstå fejl i resultaterne. En simpel homogen model af menneskekroppen kan f.eks. give betydeligt andre værdier for indre dosisstørrelser, som f.eks. inducerede elektriske felter og SAR'er, i forhold til beregninger udført med anatomisk realistiske heterogene modeller. Disse simple menneskemodeller kan desuden resultere i kunstige fænomener, som f.eks. en maksimal afgrænset SAR eller elektriske felter, der er induceret dybt i kroppen, når de anvendes i forbindelse med numeriske simuleringer (figur D.26).

For at imødegå sådanne unøjagtigheder i beregningen af dosisstørrelser kan følgende praksisser anvendes:

- Sammenligning af resultater for samme eksponeringssituation beregnet ved hjælp af andre numeriske metoder. Hvis der fås lignende resultater, bekræftes den numeriske simulering, der er anvendt til en bestemt eksponeringskonfiguration.
- Sammenligning af numeriske resultater med målinger. Simuleringer af ydre feltstørrelser, som f.eks. elektriske og magnetiske feltstyrker, bør sammenlignes med målte værdier, der kan bruges til at validere modellen af kilden til det elektromagnetiske felt.
- Sammenligning af resultater fra forskellige organisationer (sammenligning på tværs af laboratorier). Ved at sammenligne numeriske resultater med andre offentliggjorte data for samme eller lignende eksponeringskonfiguration kan den person, der foretager vurderingen, bedre forvisse sig om resultaternes gyldighed.
- Konvergenstest. De numeriske metoder, der anvendes til at beregne indre dosisstørrelser i kroppen, er ofte af en gentagende art (f.eks. FDTD-metoden, SPFD-metoden, FEM osv.) og kan derfor normalt konvergeres til en løsning. Hvis en løsnings konvergens og stabilitet er ringe, vil resultaterne af simuleringen med stor sandsynlighed være unøjagtige.

Figur D.26. Fordeling af et induceret elektrisk felt fra eksponering for et 50 Hz ydre elektrisk felt i a) 2 mm opløsning, heterogen menneskemodel af høj kvalitet, b) 16 mm opløsning, homogen menneskemodel af lav kvalitet. Hvis der anvendes en homogen menneskemodel af lav kvalitet med lav opløsning, kan der opstå fejl i de beregnede værdier.



Det vigtigste: usikkerhed

Alle målinger og beregninger er behæftet med usikkerhed, og den bør altid kvantificeres og tages i betragtning, når resultaterne fortolkes. Hvordan usikkerhed håndteres, afhænger af den nationale lovgivning og praksis. Dette omfatter ofte en metode baseret på »fælles risiko«, men nogle myndigheder kræver, at den additive metode anvendes.

BILAG E.

INDIREKTE VIRKNINGER OG SÆRLIGT UDSATTE ARBEJDSTAGERE

I henhold til EMF-direktivet skal arbejdsgivere tage hensyn til både indirekte virkninger og særligt udsatte arbejdstagere, når de gennemfører risikovurderinger. Med de tre undtagelser, der er anført i tabel E.1 nedenfor (se afsnit 6.2 for yderligere oplysninger), fastsætter det ingen aktionsniveauer (AL'er) eller andre retningslinjer for, hvad der udgør et sikkert felt. I dette bilag gives der en yderligere forklaring af problemerne med at definere sikre feltbetingelser, og der gives yderligere vejledning til arbejdsgivere, som skal vurdere risici i sådanne situationer.

Tabel E.1. Aktionsniveauer for indirekte virkninger med krydshenvisninger til yderligere oplysninger i denne vejledning

Aktionsniveauer for indirekte virkninger	Afsnit
Interferens mellem aktivt, implanteret medicinsk udstyr og statiske magnetiske felter	6.2.1
Tiltræknings- og projektilrisiko fra statiske magnetiske felter	6.2.1
Kontaktstrømme fra tidsvarierende felter < 110 MHz	6.2.2

E.1. Indirekte virkninger

Indirekte virkninger opstår, når en genstands tilstedeværelse i et elektromagnetisk felt medfører en sikkerheds- eller sundhedsfare. I EMF-direktivet identificeres fem indirekte virkninger, der altid skal tages i betragtning i risikovurderinger:

- interferens med elektromedicinske apparater og udstyr
- projektilrisici fra ferromagnetiske genstande i statiske magnetfelter
- detonering af elektroeksplosive anordninger (detonatorer)
- antændelse af brændbare atmosfærer
- kontaktstrøm.

Andre indirekte virkninger, der kan opstå (se afsnit E.1.6), bør også tages i betragtning.

Generelt opstår indirekte virkninger kun under særlige betingelser. Det kan ofte konstateres umiddelbart, at disse betingelser ikke forekommer på et bestemt arbejdssted, således at risikoen allerede er minimal. Når det ikke er tilfældet, skal der dog foretages en mere detaljeret vurdering.

E.1.1. Interferens med elektromedicinske apparater og udstyr

EMF kan potentielt forårsage interferens med elektromedicinsk udstyrs korrekte funktionsmåde på samme måde, som det kan forårsage interferens med andet elektronisk udstyr. Da sådant udstyr har en livsvigtig funktion i forbindelse med lægebehandling, kan konsekvenserne af interferens være alvorlige.

Siden den 30. juni 2001 har alle elektromedicinske apparater, der markedsføres eller tages i brug i EU, skullet overholde de *væsentlige krav* i direktivet om medicinsk udstyr (93/42/EØF som ændret). I realiteten overholder en stor del af det udstyr, der er taget i brug efter den 1. januar 1995, også bestemmelserne i direktivet om medicinsk udstyr.

Et af disse væsentlige krav er, at anordningerne skal konstrueres og fremstilles på en sådan måde, at risici i forbindelse med omgivelsesmæssige forhold, som med rimelighed kan forudses, såsom risici i forbindelse med magnetfelter, elektrisk påvirkning udefra og elektrostatisk udladninger, udelukkes eller begrænses.

I praksis opnår fabrikanter overensstemmelse med de væsentlige krav i direktivet om medicinsk udstyr ved at fremstille deres produkter i overensstemmelse med en relevant harmoniseret standard. Med hensyn til immunitet over for interferens er den primære standard EN 60601-1-2, men krav kan også være fastsat i særskilte standarder. De væsentlige krav vedrørende immunitet over for EMF er identiske for både direktivet om medicinsk udstyr og direktivet om aktivt, implantabelt medicinsk udstyr (se nedenfor), men de fortolkes ikke på samme måde i de harmoniserede standarder. Ifølge versionerne af EN60601-1-2 til og med udgave 3 (2007) måtte anordningers væsentlige funktioner ikke kompromitteres som følge af eksponering for:

- effektfrekvente magnetiske felter op til 3 A/m (3,8 μ T)
- elektriske feltstyrker op til 3 V/m ved frekvenser fra 80 MHz til 2,5 GHz (felter er typisk amplitudemoduleret ved 1 kHz)
- for livopretholdelsessystemer er immuniteten over for elektriske feltstyrker mellem 80 MHz og 2,5 GHz forhøjet til 10 V/m.

Disse værdier udgør udgangspunktet for vurderingen af potentialet for interferens med elektromedicinske apparater.

Udgave 4 (2014) af EN60601-1-2 omhandler problemet med konsistens mellem direktivet om medicinsk udstyr og direktivet om aktivt, implantabelt medicinsk udstyr. Denne standard kræver, at fabrikanten angiver egnede anvendelsesmiljøer og forhøjer immunitetsniveauerne for apparater, der benyttes i hjemmeplejen.

Standarden accepterer også, at det kan være vanskeligt at opnå disse immunitetsniveauer for udstyr, der er konstrueret til at overvåge fysiologiske parametre. Den tillader derfor lavere immunitet for sådant udstyr, idet det forventes, at det vil blive anvendt i et miljø med lave felter.

E.1.2. Projektilrisici fra ferromagnetiske genstande i statiske magnetfelter

I stærke statiske magnetiske felter kan ferromagnetiske genstande blive udsat for stærke tiltrækningskræfter, der kan få genstanden til at bevæge sig. Under bestemte omstændigheder kan denne bevægelse udgøre en projektilrisiko. Risikoen for bevægelse afhænger af forskellige faktorer, herunder den magnetiske feltgradient, genstandens masse og form og det materiale, den er fremstillet af.

EMF-direktivet fastsætter et aktionsniveau på 3 mT med henblik på at forebygge projektilrisikoen fra ferromagnetiske genstande i det perifere område af kraftige statiske magnetiske kilder (> 100 mT).

E.1.3. Detonering af elektroeksplosive anordninger (detonatorer)

Det er dokumenteret, at EMS under visse betingelser kan forårsage detonering af elektroeksplosive anordninger (detonatorer). Denne virkning forudsætter, at der på

arbejdsstedet forefindes både elektroeksplosive anordninger og feltstyrker, der er tilstrækkelige til at detonere dem. Dette problem vil derfor næppe opstå på særligt mange arbejdssteder, men nogle arbejdsgivere, f.eks. i forsvarssektoren, skal tage det i betragtning.

Da elektroeksplosive anordninger kan udgøre en risiko, selv om der ikke forekommer et stærkt elektromagnetisk felt, er deres opbevaring og anvendelse normalt underlagt streng kontrol, herunder begrænsninger for aktiviteter, der må udføres i deres nærhed, herunder generering af EMF.

Der er udarbejdet en europæisk teknisk rapport (CLC/TR 50426), som indeholder vejledning om vurdering af risikoen for detonering af anordninger med brotråde. I rapporten beskrives metoder til vurdering af risikoen for, at der udledes tilstrækkelig energi fra feltet til at forårsage detonering.

En anden europæisk teknisk rapport, der kan være nyttig, er CLC/TR 50404, som omhandler vurdering af risici og foranstaltninger, der har til formål at undgå detonering af eksplosionsfarlige materialer ved statisk elektricitet.

E.1.4. Brande og eksplosioner som følge af antændelse af brændbare atmosfærer

Det er dokumenteret, at interaktionen mellem elektromagnetiske felter og genstande kan føre til gnistdannelse, der kan antænde brændbare atmosfærer. Da denne virkning kræver tilstedeværelsen af både en brændbar atmosfære og feltstyrker, der er tilstrækkelige til at antænde den, vil dette problem næppe opstå på særligt mange arbejdssteder, men nogle arbejdsgivere skal tage det i betragtning.

Brændbare atmosfærer kan antændes af forskellige kilder, og den normale fremgangsmåde er derfor at identificere områder, hvor sådanne atmosfærer kan forekomme, og derefter indføre restriktioner for aktiviteter i disse områder. Sådanne restriktioner omfatter normalt begrænsninger for genereringen af EMF i området.

Der er udarbejdet en europæisk teknisk rapport (CLC/TR 50427), som indeholder vejledning om vurdering af risikoen for utilsigtet antændelse af brændbare atmosfærer af radiofrekvente elektromagnetiske felter. I rapporten beskrives metoder til at vurdere den energi, der kan udledes fra feltet, og til at sammenligne denne med den energi, der kræves for at antænde forskellige klasser af brændbare materialer.

En anden europæisk teknisk rapport, der kan være nyttig, er CLC/TR 50404, som omhandler vurdering af risici og foranstaltninger, der har til formål at undgå antændelse af brændbare atmosfærer ved statisk elektricitet.

E.1.5. Kontaktstrøm

Kontakt mellem en person og en ledende genstand i et elektromagnetisk felt, hvor den ene er jordforbundet, og den anden ikke er det, kan bevirke, at strøm strømmer gennem kontaktpunktet til jorden. Det kan give stød eller forbrænding.

I EMF-direktivet fastsættes aktionsniveauer for kontaktstrøm, der har til formål at undgå smertefulde stød. Det er muligt, at den person, som rører genstanden, stadig vil opfatte interaktionen ved kontaktstrømme under aktionsniveauerne. Dette er ikke skadeligt, men det kan være generende og kan minimeres ved at følge retningslinjerne i afsnit 9.4.8.

E.1.6. Ikkeangivne indirekte virkninger

Andre indirekte virkninger, der kan opstå, bør også tages i betragtning. Interaktioner, der bør tages i betragtning, omfatter:

- felters interaktion med afskærmning eller metalgitre i arbejdsmiljøet, som fører til opvarmning og termiske farer
- felters interaktion med elektronik og kontrolsystemer på arbejdsstedet, som fører til interferens og funktionsfejl
- felters interaktion med metalgenstande eller komponenter, der bæres på eller tæt på kroppen
- felters interaktion med elektroniske komponenter eller udstyr, der bæres på eller tæt på kroppen.

E.2. Særligt udsatte arbejdstagere

I EMF-direktivet udpeges der fire grupper af arbejdstagere, der kan være særligt udsatte for EMF på arbejdsstedet:

- arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr
- arbejdstagere med passivt, implanteret medicinsk udstyr
- arbejdstagere med kropsbåret medicinsk udstyr
- gravide arbejdstagere.

Arbejdsgivere bør også være opmærksomme på muligheden for specifikke risici for grupper af arbejdstagere, der ikke er udpeget på nuværende tidspunkt (se afsnit E.2.5).

Disse arbejdstagere er muligvis ikke tilstrækkeligt beskyttet af de aktionsniveauer og eksponeringsgrænseværdier, der er anført i EMF-direktivet. Hvis arbejdsgivere konstaterer, at der kan være særlige risici for disse grupper af arbejdstagere, bør det oplyses i forbindelse med introduktion af nye medarbejdere og modtagelse af gæster på arbejdsstedet. I den forbindelse bør disse arbejdstagere opfordres til at oplyse ledelsen om deres situation, så der kan foretages en specifik risikovurdering.

E.2.1. Arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr

E.2.1.1. Baggrund

Der er mange aktive anordninger, som kan implanteres i mennesker til medicinske formål. De omfatter:

- pacemakere
- defibrillatorer
- øresneglsimplantater
- hjernestammeimplantater
- proteser i det indre øre
- neurostimulatorer
- lægemiddelinfusionspumper
- retinaenkodere.

Generelt er anordninger, der er forsynet med ledninger, som tilsluttes patienten for at frembringe en sensorisk virkning eller stimulering, sædvanligvis mere følsomme over

for interferens end anordninger uden. Det skyldes, at ledningerne danner en løkke, der kan forbindes med det elektromagnetiske felt. Selv blandt anordninger med ledninger kan følsomheden varierer afhængigt af funktion og konfiguration. Anordninger, der er konstrueret til at registrere neurofysiologiske signaler i kroppen, er sandsynligvis de mest modtagelige over for interferens, da de er konstrueret til at være følsomme over for små ændringer i ledningernes spænding. Sådanne spændingsændringer kan umiddelbart genereres ved interaktion med felter, men størrelsen af den inducerede spænding afhænger af ledningernes længde, type og position i kroppen. Generelt vil anordninger med én ledning, der kan danne en stor effektiv løkke, skabe stærk forbindelse til feltet, mens bipolare anordninger generelt er mindre følsomme, eftersom de danner langt mindre effektive løkker.

Pacemakere er normalt forsynet med en reedafbryder (en magnetisk afbryder), der kan aktiveres af kraftige magnetiske felter og ændre anordningens indstilling fra »demand« til »pacing« tilstand. Visse typer aktivt, implanteret medicinsk udstyr er konstrueret til at registrere radiofrekvens eller induktivt koblede signaler med henblik på programmering, mens andre, f.eks. øresneglsimplantater, anvender induktiv kobling som en del af deres normale funktion. Alle disse anordninger er konstrueret til at være følsomme over for ydre felter og vil derfor være modtagelige over for interferens, når specifikke felter er til stede.

Siden den 1. januar 1995 har alle typer aktivt, implanteret medicinsk udstyr, der markedsføres eller tages i brug i EU, skullet overholde de *væsentlige krav* i direktivet om aktivt, implantabelt medicinsk udstyr (90/385/EØF som ændret). Et af disse væsentlige krav er, at anordningerne skal konstrueres og fremstilles på en sådan måde, at risici i forbindelse med omgivelsesmæssige forhold, som med rimelighed kan forudses, såsom risici i forbindelse med magnetfelter, elektrisk påvirkning udefra og elektrostatisk udladning, udelukkes eller begrænses.

I praksis opnår fabrikanter overensstemmelse med de væsentlige krav i direktivet om aktivt, implantabelt medicinsk udstyr ved at fremstille deres produkter i overensstemmelse med en relevant harmoniseret standard. Relevante harmoniserede standarder omfatter EN45502-1 og EN45502-2-X-serien af særskilte standarder. Immunitetskravene i disse standarder er udledt af de referenceniveauer, der er anført i Rådets henstilling 1999/519/EF, men omfatter ikke beregning af den tidsmæssige middelværdi for radiofrekvente felter og forudsætter, at anordningen er implanteret i overensstemmelse med god lægelig praksis.

E.2.1.2. Vejledning i vurdering

Grundlæggende fremgangsmåde

Det første trin er at overveje, hvilket udstyr og hvilke aktiviteter der findes på arbejdsstedet, og om der er arbejdstagere, som har oplyst, at de har aktivt, implanteret medicinsk udstyr. Det skal bemærkes, at ikke alle ansatte ønsker at oplyse, at de har aktivt, implanteret medicinsk udstyr. Undersøgelser viser, at op til 50 % af de ansatte vil afvise at oplyse herom af frygt for, at det kan påvirke deres ansættelse. Arbejdsgiveren skal tage hensyn til denne modvilje, når de indhenter oplysninger.

Hvis kun udstyr og aktiviteter, der er anført i kolonne 1 i tabel 3.2 forefindes, kræves der normalt ikke yderligere foranstaltninger, medmindre det konstateres, at en arbejdstager har en usædvanligt modtagelig aktiv, implanteret medicinsk anordning (se nedenfor).

Hvis det ikke er muligt at identificere arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr, er yderligere foranstaltninger normalt ikke nødvendige, men arbejdsgivere skal være opmærksomme på muligheden for, at nye arbejdstagere eller besøgende har aktivt, implanteret medicinsk udstyr, eller at eksisterende arbejdstagere kan få implanteret sådant udstyr.

Hvis arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr identificeres, skal arbejdsgiveren indsamle så mange oplysninger om udstyret som muligt. Arbejdstageren

bør samarbejde i denne proces, og bistand indhentes så vidt muligt fra en bedriftslæge eller arbejdstagerens egen læge.

Hvis arbejdstageren har en ældre anordning eller specifikt er blevet advaret om, at vedkommendes udstyr er implanteret på en sådan måde, at det er usædvanligt modtageligt, skal der foretages en særlig vurdering. Denne vurdering bør baseres på anordningens kendte karakteristika.

I de fleste andre situationer bør det være muligt at gennemføre en generel vurdering som beskrevet nedenfor. Hvis denne vurdering viser, at arbejdstagerens sædvanlige arbejdsaktiviteter kan føre til en farlig situation, er den mest enkle løsning oftest at justere arbejdspladsen eller arbejdsaktiviteterne. Hvis det er vanskeligt, kan arbejdsgiveren overveje at gennemføre en særlig vurdering.

Ældre aktive implantater

Ældre aktive implantater fra før den 1. januar 1995 har muligvis ikke samme immunitet over for interferens fra EMF som moderne anordninger. Det vides ikke, hvor mange sådanne ældre anordninger der stadig er i brug. De batterier, der driver sådanne implantater, har en begrænset levetid, og hele anordningen eller dele heraf kan være blevet udskiftet sammen med batterierne. I forbindelse med pacemakere er det f.eks. almindelig praksis at udskifte hele pulsgeneratoren sammen med batterierne, mens andre elementer, f.eks. ledningerne, ikke udskiftes. Pacemakere er i dag det mest almindelige implantat, og det var uden tvivl også tilfældet inden 1995. Ældre pacemakere blev næppe påvirket af statiske magnetiske felter under 0,5 mT, lavfrekvente elektriske felter under 2 kV/m og lavfrekvente magnetiske felter under 20 μ T.

Specifikke advarsler

Alle patienter med aktivt, implanteret medicinsk udstyr advares generelt om at undgå situationer, der kan føre til interferens. Sådanne advarsler skal følges, men påvirker ikke den vurdering af risici, der udføres ved brug af den generelle fremgangsmåde nedenfor. Der kan dog i nogle tilfælde være en lægelig begrundelse for at implantere udstyret i en ikkestandard konfiguration eller med ikkestandard indstillinger, og det kan kræve særlige advarsler. Det kan f.eks. skyldes patientens kliniske tilstand. Hvis en arbejdstager har modtaget særlige advarsler, skal der gennemføres en særlig vurdering.

Generel vurdering

Den generelle vurdering følger den fremgangsmåde, der er beskrevet i EN50527-1, og er baseret på de immunitetskrav, der er fastsat i harmoniserede standarder for aktivt, implanteret medicinsk udstyr. Interferens bør derfor ikke forekomme, hvis felter, bortset fra statiske magnetiske felter, ikke overstiger de øjeblikkelige værdier i de referenceniveauer, der er fastsat i Rådets henstilling 1999/519/EF. Aktivt, implanteret medicinsk udstyr bør heller ikke påvirkes af statiske magnetiske felter under 0,5 mT.

Særlig vurdering

I nogle situationer kan det være nødvendigt at gennemføre en særlig vurdering. Det er sandsynligvis nødvendigt, når:

- arbejdstagere har ældre aktivt, implanteret medicinsk udstyr (se ovenfor)
- arbejdstagere har modtaget særlige advarsler
- det er vanskeligt at tilpasse arbejdspladsen eller arbejdsaktiviteten for at sikre, at eksponeringen ikke overstiger referenceniveauerne i Rådets henstilling 1999/519/EF.

Yderligere oplysninger om særlige vurderinger findes i bilag A til EN50527 1. Yderligere vejledning findes også i de tyske bestemmelser om forebyggelse af arbejdsulykker BGI/GUV-I 5111.

E.2.2. Arbejdstagere med passivt, implanteret medicinsk udstyr

Der findes mange medicinske implantater af metal, herunder kunstige led, søm, plader, skruer, sårklemmer, aneurismeklemmer, stents, hjerteventilproteser, annuloplastikringe, metalspiraler og beslag til aktivt, implanteret medicinsk udstyr.

Hvis disse anordninger er fremstillet af ferromagnetiske materialer, kan de blive udsat for momentpåvirkning og kræfter, hvis stærke statiske magnetiske felter er til stede. Det er dokumenteret, at statiske magnetiske fluxtætheder på op til 0,5 mT ikke har tilstrækkelig virkning til at udgøre en sundhedsrisiko (ICNIRP, 2009). Dette er i overensstemmelse med det aktionsniveau, der er anført i EMF-direktivet for at forebygge interferens med aktivt, implanteret medicinsk udstyr i statiske magnetiske felter.

I tidsvarierende felter kan metalimplantater forstyrre det inducerede elektriske felt i kroppen, og det kan føre til lokale områder med stærke felter. Metalimplantater kan desuden opvarmes induktivt, og det kan føre til opvarmning og efterfølgende termisk skade på de omkringliggende væv. Dette kan i sidste ende bevirke, at implantatet ikke fungerer.

Få faktorer skal tages i betragtning ved vurderingen af risikoen for personer med passive implantater. Den ene faktor er det elektromagnetiske felts frekvens, da feltets indtrængning i kroppen falder, når frekvensen stiger, således at der ikke er nogen eller kun begrænset interaktion mellem højfrekvente felter og de fleste implantater, som er placeret i en masse af omkringliggende væv.

Induktiv opvarmning, som kan forårsage termisk skade på de omkringliggende væv, kræver, at der udledes tilstrækkelig kraft fra feltet. Dette afhænger af implantatets størrelse og masse samt af det tilgængelige felts styrke og frekvens. Overensstemmelse med Rådets henstilling 1999/519/EF forventes normalt at sikre tilstrækkelig beskyttelse, men stærkere felter kan tillades under visse omstændigheder.

E.2.3. Arbejdstagere med kropsbåret medicinsk udstyr

Kropsbåret medicinsk udstyr er omfattet af anvendelsesområdet for direktivet om medicinsk udstyr (93/42/EØF som ændret). Hvis der ikke foreligger mere specifikke oplysninger, skal vurderingen baseres på de samme hensyn som vurderingen af interferens med andre elektromedicinske apparater, der er beskrevet i afsnit E.1.1.

Generelt forventes kropsbåret medicinsk udstyr ikke at være mere følsomt end aktivt, implanteret medicinsk udstyr. Anordninger, der ikke er konstrueret til at registrere fysiologiske parametre, kan være mindre følsomme end aktivt, implanteret medicinsk udstyr. Oplysninger om interferens bør derfor altid indhentes hos fabrikanten.

E.2.4. Gravide arbejdstagere

Der er indberettet utilsigtede virkninger som følge af gravidens eksponering for lavfrekvente magnetiske felter. Generelt vurderes sammenhængen mellem sådanne virkninger og eksponeringen for lavfrekvente felter dog at være meget svag ifølge den foreliggende dokumentation (ICNIRP, 2010). En ekspertgruppe har imidlertid vurderet, at fostrets nervesystem kan være modtageligt for inducerede tidsvarierende elektriske felter (NRPB, 2004). Den samme gruppe har konkluderet, at fostrets nervesystem vil være tilstrækkeligt beskyttet, hvis de elektriske feltstyrker begrænses til ca. 20 mV/m. Dette kan ifølge beregningerne opnås ved at overholde de referenceniveauer for lavfrekvente felter, der er anført i Rådets henstilling 1999/519/EF.

Der foreligger overbevisende dokumentation for, at en forhøjet kropstemperatur hos moderen kan påvirke det ufødte barn, og at især centralnervesystemet er modtageligt. Det er konkluderet, at en middelværdi for helkrops-SAR på 0,1 W/kg hos gravide kvinder vil sikre tilstrækkelig beskyttelse (NRPB, 2004). Dette svarer til den basisrestriktion for eksponering for radiofrekvenser på 0,08 W/kg, der er anført i Rådets henstilling 1999/519/EF.

For de fleste arbejdsgivere vil det være pragmatisk at begrænse gravide arbejdstageres eksponering ud fra de referenceniveauer, der er anført i Rådets henstilling 1999/519/EF. Dette vil sikre tilstrækkelig beskyttelse ved både lave og høje frekvenser.

E.2.5. Ikkeudpegede særligt udsatte arbejdstagere

Arbejdsgivere bør være opmærksomme på, at der findes ikkeudpegede grupper af arbejdstagere, der kan være særligt udsatte, f.eks. arbejdstagere, der tager bestemt medicin for anerkendte lidelser.

BILAG F.

VEJLEDNING OM MRI

MRI er en vigtig medicinsk teknologi, der har stor betydning for diagnosticering og behandling af sygdomme, og som er et vigtigt redskab for den medicinske forskning. Teknikken anvendes i hele EU, hvor der foretages mange millioner skanninger hvert år, og hvor patienter eller frivillige bevidst udsættes for elektromagnetiske felter for at generere detaljerede billeder, herunder kortlægning af hjernemetabolisme og -aktivitet. MRI supplerer andre billeddannelsesteknologier, som f.eks. CT (computertomografi), men har den fordel, at den ikke omfatter eksponering for ioniserende stråling og ikke har kendte langsigtede sundhedsskadelige virkninger.

Patients og frivilliges eksponering for elektromagnetiske felter i skanneren er ikke omfattet af anvendelsesområdet for EMF-direktivet. Distributionen af elektromagnetiske felter i skanneren dikteres primært ud fra kravene til skanningens effektivitet og billedkvaliteten. Fabrikanten tilstræber desuden at minimere spredningsfelter uden for skanneren med henblik på at minimere eksponeringen for personale, der arbejder omkring udstyret. Statiske magnetiske felter kan overskride aktionsniveauerne for indirekte virkninger (se kapitel 6). Under visse omstændigheder vil arbejdstagere stadig være eksponeret for felter, der overskrider en emissionsgrænseværdi (se tabel F.1). I den fastsatte emissionsgrænseværdi indgår der en sikkerhedsmargin, og det betyder, at eksponering over emissionsgrænseværdien ikke altid har indvirkning på arbejdstagere. Det vurderes at være sikkert rutinemæssigt at eksponere patienter og frivillige for intense felter i en MRI-skanner (ICNIRP 2004, 2009).

Værdien af MRI som en vigtig teknologi i sundhedssektoren er anerkendt, og i EMF-direktivets artikel 10 fastsættes en betinget undtagelse fra kravet om overholdelse af eksponeringsgrænseværdierne. Denne vejledning er udarbejdet efter høring af interessenter på MRI-området med henblik på at give arbejdsgivere praktiske retningslinjer for, hvordan de om nødvendigt kan overholde disse betingelser. Sundhedsinstitutioner, der tilbyder MRI, har adgang til eksperter i radiografi, radiologi og mediko-fysik, som alle bør høres med henblik på at opnå overensstemmelse. Fabrikanten og forskningsinstitutioner råder over tilsvarende eksperter og bør også høre dem.

F.1. Udvikling og konstruktion af MRI-udstyr

MRI-skannere er udviklet til at generere et komplekst elektromagnetisk miljø i udstyrets rør med tre hovedkomponenter:

- statiske magnetiske felter — de fleste systemer, der anvendes klinisk, fungerer ved 1,5 eller 3 T, men åbne systemer, der ofte anvendes i forbindelse med indgreb, fungerer ved lavere magnetiske fluxtætheder (0,2-1 T). Der findes også enkelte højfeltsskannere, der fungerer ved op til 9,4 T, som primært bruges til forskningsformål
- lavfrekvente magnetiske switchede feltgradienter — skannere anvender tre ortogonale gradienter, der hurtigt slås til og fra for at generere positionsoplysninger vedrørende de målte MR-signaler. Disse er komplekse pulserende bølgeformer, der varierer afhængigt af den aktuelle type skanning. De pulserende bølgeformer svarer til frekvenser i området 0,5-5 kHz
- radiofrekvensfelter anvendt ved Larmofrekvensen, som afhænger af den statiske magnetiske fluxtæthed (henholdsvis 62-64 MHz og 123-128 MHz for 1,5 T- og 3 T-skannere).

Tabel F.1. Sammenligning af arbejdstageres eksponering fra MRI med grænseværdier og virkninger

Eksempel på eksponering (*)	Grænseværdier	Rapporterede virkninger
Statisk magnetisk felt		
1,0 T, 1,5 T, 3,0 T, 7,0 T	2 T, 8 T	Svimmelhed, hvis arbejdstageren ikke er i bevægelse
< 2 m/sek. svarende til < 3 T/sek. 0,3 V/m (spids) i hjerne eller 2 V/m (spids) i krop	0,05 V/m (rms) (ELV for sensoriske virkninger) 0,8 V/m (rms) (ELV for sundhedsmæssige virkninger)	Svimmelhed og kvalme
Switchede feltgradienter		
100-1500 Hz Begrænset af PNS-værdier for patienten, som svarer til de anslåede værdier for dB/dt og inducerede RMS E-felter i hjerne og krop Ved normale patientlokationer < 40 T/sek. (rms) = 4 V/m i hjerne < 40 T/sek. (rms) = 8 V/m i krop Tilgængelige worst case-lokationer for arbejdstagere, der foretager indgreb < 120 T/sek. (spids) = 8 V/m i hjerne < 40 T/sek. (spids) = 2 V/m i krop	0,8 V/m (rms)	Prikkende fornemmelse, smerte eller muskelsammentrækning, hvis grænserne for PNS under kontrollerede arbejdsbetingelser overskrides. Der er ikke rapporteret virkninger på centralnervesystemet af MRI-arbejdstagere. Kendte rapporter er fra TMS ved værdier > 500 T/sek. eller > 50-100 V/m
Radiofrekvensfelter		
42, 64, 128, 300 MHz WB SAR begrænset til < 4 W/kg i isocentre svarer til WB SAR < 0,4 W/kg halvvejs inde << 0,1 W/kg ved åbning	0,4 W/kg	Varmerfornemmelse og svedeture ved eksponering > 2 W/kg

(*) Data fra COCIR — yderligere data om arbejdstageres eksponering findes i Starn, 2014.

Alle MRI-skannere, der er beregnet til diagnosticering og/eller behandling af mennesker, der er markedsført eller taget i brug i EU siden den 30. juni 2001, skal overholde de væsentlige krav i direktivet om medicinsk udstyr (93/42/EØF), som generelt kræver, at de ikke må være til fare for brugerens og en eventuel tredjemandes sikkerhed og sundhed. Fabrikanten skal vælge løsninger, der er i overensstemmelse med det almindeligt anerkendte tekniske niveau, og som fjerner eller i videst muligt omfang mindsker risiciene. For at hjælpe fabrikanten med at sikre overensstemmelse med de væsentlige krav og på grundlag af mandat fra Europa-Kommissionen har Cenelec offentliggjort en produktstandard for magnetisk resonansudstyr til medicinsk diagnose (EN60601-2-33).

I henhold til den aktuelle version af EN60601-2-33 skal fabrikanten oplyse om den lokale distribution af felter. Denne oplysning findes sædvanligvis i håndbogen til skanneren. Denne oplysning er tilgængelig for alle MR-systemer og kan hjælpe arbejdsgivere med at identificere de områder, hvor eksponeringsgrænseværdierne kan blive overskredet. Skannere skal desuden vise gradient-output og den radiofrekvensspecifikke energiabsorptions-hastighed (SAR), inden en skanning startes. Skannere skal også være forsynet med sikkerhedsforanstaltninger, der beskytter mod for høj eksponering. Det er muligt, at de krav, der er nævnt i dette afsnit, ikke gælder for ældre udstyr (såkaldt »legacy« udstyr).

F.2. Arbejdstageres eksponering under betjening af MRI i sundhedssektoren

MRI-skannere er udviklet til at generere stærke, men nøje kontrollerede felter i skannerens rør, men samtidig minimere spredningsfelter uden for udstyrets fodaftryk. Felter fortaber sig derfor meget hurtigt med afstanden fra skannerens åbning, således at der typisk er høje lokale feltgradienter tæt på skanneren og meget svagere felter længere væk. Ifølge den foreliggende dokumentation vil kun arbejde i skannerens rør eller umiddelbart i nærheden af åbningen føre til eksponeringer, der overstiger eksponeringsgrænseværdierne.

Da eksponeringen altid er i overensstemmelse for arbejdstagere, der ikke skal befinde sig tæt på skannerens åbning, skal der ikke udføres en vurdering for dem. Eksponeringsvurderingen er mere kompleks, når der er tale om arbejdstagere, der skal befinde sig ved åbningen eller i skannerens rør. Den kræver detaljeret kendskab til den lokale distribution af felter i og uden for skanneren og en forståelse af, hvordan personalet bevæger sig i forhold til skanneren, når de udfører deres arbejde, hvilket i høj grad afhænger af den enkelte arbejdstagers opgaver. Vurderinger skal desuden ideelt baseres på numeriske modelleringsteknikker, således at eksponeringer kan sammenlignes direkte med eksponeringsgrænseværdierne. Sådanne vurderinger ligger uden for de kompetencer, som de fleste institutioner, der rutinemæssigt udfører MRI-procedurer, er i besiddelse af.

Med henblik på at tilvejebringe information om arbejdstagereksponering som følge af en række typiske procedurer og forskellige typer udstyr har Kommissionen finansieret en vurdering på fire MR-anlæg i forskellige lande. Dette detaljerede projekt omfattede vurdering af personalets bevægelser og positioner under forskellige procedurer samt kortlægning af felter og elektronisk dosimetri (Capstick et al., 2008). Resultaterne fra denne og tidligere undersøgelser (revideret i Stam, 2008) er informative, men de detaljerede konklusioner skal fortolkes med varsomhed. Resultaterne vedrører det foregående EMF-direktiv og er baseret på andre eksponeringsparametre. De er desuden begrænset til et forholdsvis lille antal skannere og eksponeringsscenerier. Ifølge nylige analyser kan eksponeringsgrænseværdierne overskrides under visse omstændigheder (Stam, 2014, og McRobbie, 2012).

Måledataene for switchedede feltgradienter skal behandles med særlig varsomhed, da aktionsniveauerne i det nuværende EMF-direktiv i mange tilfælde er mindre restriktive end dem, der var omhandlet i tidligere eksponeringsundersøgelser. Generelt fås der ved sammenligning med aktionsniveauer en konservativ vurdering i forhold til sammenligning med eksponeringsgrænseværdier, og derfor foretrækkes sidstnævnte, selv om det generelt kræver kendskab til kompleks elektronisk dosimetri.

F.2.1. Eksponeringer i forhold til eksponeringsgrænseværdier

F.2.1.1. Statiske magnetiske felter

For alle lavfeltsskannere (fungerer ved under 2 T) og de fleste rutineprocedurer med skannere, der fungerer ved over 2 T, vil eksponeringen for statiske magnetiske felter være i overensstemmelse med emissionsgrænseværdien for sensoriske virkninger. For alle andre procedurer, hvor der anvendes skannere, som fungerer ved op til 8 T, vil eksponeringen for statiske magnetiske felter være i overensstemmelse med emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger.

F.2.1.2. Bevægelse gennem statiske magnetiske felter

Bevægelse gennem de stærke statiske magnetiske felter, der genereres af MRI-skannere, inducerer elektriske felter i kropsvæv, og de kan overskride de eksponeringsgrænseværdier, der er anført i EMF-direktivet. Ved normal bevægelseshastighed sker det kun i skannerens rør og i kort afstand fra åbningen (generelt inden for 1 m ifølge den foreliggende dokumentation). Dette er især relevant ved anbringelse af patienten, hvor det i nogle tilfælde kræves, at operatøren foretager komplekse roterende bevægelser med hovedet.

F.2.1.3. Switchede feltgradienter

I forbindelse med de fleste rutineprocedurer overskrider eksponeringen for switchede feltgradienter ikke eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger eller for sundhedsmæssige virkninger. Ved ganske få procedurer, hvor arbejdstagere skal befinde sig tæt på skannerens åbning (normalt inden for 1 m), kan eksponeringsgrænseværdierne overskrides, men kun meget få eksponeringsgrænseværdier overskrides, især hvis arbejdstageren skal læne sig ind i skanneren. De faktiske eksponeringer afhænger af en række faktorer, herunder det antal gradienter, der er aktive samtidig, og gradienternes karakteristika, hvor billeddannelse ved høj hastighed generelt fører til højere eksponering. I tabel F.2 vises eksempler på procedurer i hver kategori.

F.2.1.4. Radiofrekvensfelter

Eksponeringsgrænseværdier for radiofrekvens beregnes som en tidsmæssig middelværdi for en periode på seks minutter, og eksponeringer er generelt i overensstemmelse, hvis en arbejdstager skal læne sig ind i en skanner (f.eks. for at overvåge en patient), såfremt det kun varer et par minutter. Længerevarende eksponeringer er ofte også i overensstemmelse.

F.3. MRI-undtagelse

Værdien af MRI som en vigtig teknologi i sundhedssektoren er anerkendt, og i EMF-direktivets artikel 10 fastsættes en fast, men betinget undtagelse fra kravet om overholdelse af eksponeringsgrænseværdierne. Denne undtagelse gælder for arbejdstageres eksponering i forbindelse med installation, afprøvning, anvendelse, udvikling, vedligeholdelse eller forskning i tilknytning til anvendelsen af MRI, såfremt følgende betingelser er opfyldt:

- (i) Den risikovurdering, der blev udført i overensstemmelse med artikel 4, påviste, at eksponeringsgrænseværdierne var overskredet.
- (ii) Samtlige tekniske og/eller organisatoriske foranstaltninger under hensyn til den tekniske udvikling er indført.
- (iii) Omstændighederne behørigt begrundet overskridelsen af eksponeringsgrænseværdierne.
- (iv) Arbejdsstedets, arbejdsudstyrets eller arbejdsmetodernes særlige karakteristika er taget i betragtning.
- (v) Arbejdsgiveren påviser, at arbejdstagerne fortsat er beskyttet mod sundhedsskadelige virkninger og sikkerhedsrisici, herunder sikrer, at de instrukser for sikker brug, som fabrikanten af udstyret har givet i henhold til direktivet om medicinsk udstyr (93/42/EØF), er blevet fulgt.

Table F.2. Risiko for at overskride den relevante emissionsgrænseværdi for eksponeringer for feltgradier under forskellige MRI-undersøgelser

Risiko for at overskride emissionsgrænseværdi	Procedure
Høj	Anbringelse af ledetråd (med realtidsskanning) Interventionelle teknikker, som f.eks. MRI ved hjerte-kar-indgreb Funktionel MRI (fysisk stimulering af patienten i skanneren) Justering af EEG-elektroder (forskningsaktivitet)
Middel	Almen anæstesi (tæt overvågning af patientens tilstand under skanning) Stresstest af hjerte (tæt overvågning af patientens tilstand under skanning) Rengøring/desinficering inden i skanner (ingen skanning) Trøst af barn under skanning (person, der trøster, står uden for skanneren, men inden for 1 m af åbningen)
Lav	Rutineskanninger (intet personale til stede i skannerrummet) Biopsi (patient ikke i skanner/ingen skanning) Manuel indgift af kontraststof (ingen skanning)

Det bemærkes, at undtagelsen kun gælder for eksponeringsgrænseværdier, der har til formål at hindre direkte virkninger af elektromagnetiske felter på mennesker. Anvendelsen af MRI-udstyr kan generere andre farer, som kan foranledige sikkerhedsrisici med potentielt alvorlige følger. Operatører bør sikre, at de håndteres effektivt. Disse andre farer kan omfatte interferens med:

- aktivt eller passivt, implanteret medicinsk udstyr
- kropsbåret medicinsk udstyr
- elektromedicinske apparater
- kosmetiske eller medicinske implantater.

Andre farer omfatter desuden:

- projektilrisiko som følge af ferromagnetiske genstandes bevægelse i statiske magnetfelter
- støj
- flydende helium.

F.4. Opfyldelse af betingelser for undtagelsen

Dette afsnit indeholder vejledning til arbejdsgivere om, hvordan de vurderer, om de overholder betingelserne for undtagelsen.

F.4.1. Risikovurdering for at afgøre, om eksponeringsgrænseværdier overskrides

Gode råd om risikovurdering i forbindelse med EMF-direktivet findes i kapitel 5. MRI-udstyr anvender stærke felter for at danne billeder og kan derfor ofte overskride eksponeringsgrænseværdierne. Generelt overskrider elektriske feltstyrker kun eksponeringsgrænseværdierne inden i skanneren eller meget tæt på åbningen (se afsnit

F.1), og de fleste MRI-procedurer (sikkert omkring 97 %) kræver ikke, at personalet skal være til stede i disse positioner under skanning.

Da kun de færreste institutioner, der udfører rutinemæssige MRI-procedurer, har kompetence til at vurdere eksponeringer, kan de anvende offentliggjorte data og de oplysninger om forventet eksponering, som skannersystemerne viser.

Når risikoen skal vurderes, er det derfor afgørende at fastsætte, om personale skal gå ind i de områder, hvor eksponeringsgrænseværdier kan blive overskredet (normalt inden for 1 m af åbningen). Under rutinemæssig drift og patientbehandling går operatørerne ind i dette område, men ikke mens systemet skanner. Når personalet skal gå ind i et område inden for 1 m af åbningen, kan de holde de elektriske felter, der induceres ved bevægelse, under emissionsgrænseværdien, hvis de bevæger sig langsomt. Oplysningerne i tabel F.2 og andre offentliggjorte eksponeringsdata (se afsnit F.2) kan hjælpe arbejdsgivere med at afgøre, hvilke procedurer der kan forårsage eksponeringer, som overskrider emissionsgrænseværdien, fra de switchede feltgradierter.

Personalet skal så vidt muligt undgå at gå ind i skannerrøret (se afsnit F.6.4). Hvis personale er nødt til at gå ind i skannerens rør, f.eks. for at desinficere det, skal det ske, mens de switchede feltgradierter og RF-felterne er slukkede, så kun eksponeringer fra det statiske magnetiske felt skal tages i betragtning. Som nævnt i afsnit F.2 vil emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger ikke blive overskredet for skannere, der fungerer ved magnetiske fluxtætheder op til 8 T. Hvis der træffes foranstaltninger for at informere arbejdstagerne og forebygge sikkerhedsrisici, tillades midlertidig overskridelse af emissionsgrænseværdierne for sensoriske virkninger.

F.4.2. Anvendelse af tekniske og/eller organisatoriske foranstaltninger under hensyn til den tekniske udvikling

F.4.2.1. Tekniske foranstaltninger

Tekniske foranstaltninger, som holder felter inden for skannerens rør, er ligesom driftstilstande, der begrænser scannerens output, indbygget i dens design og konstruktion. Fabrikanten udvikler og forbedrer hele tiden deres udstyr, og det omfatter foranstaltninger til fastholdelse af felter, som et led i indsatsen for at overholde kravene i direktivet om medicinsk udstyr. Det følger af disse overensstemmelseskrav, at de tekniske foranstaltninger, der er indbygget i skannere, repræsenterer den tekniske udvikling på tidspunktet for deres fremstilling og installation. Ændring af MR-udstyr efter installation er teknisk vanskeligt og kræver normalt fornyet vurdering, for så vidt angår overensstemmelse med direktivet om medicinsk udstyr, som generelt ligger uden for de pågældende institutioners kompetence.

Det er i princippet muligt at vælge driftsparametre (f.eks. karakteristika for gradierter eller styrke af radiofrekvensfelter), som reducerer eksponeringen, når personalet skal befinde sig i røret eller tæt på skannerens åbning. I praksis vælges driftsparametrene for skanner dog på baggrund af kliniske behov, og procedurer, der kræver, at personalet læner sig ind i skanneren (som f.eks. interventionelle procedurer), er ofte procedurer, der kræver hurtige skanninger, og det fører til høje eksponeringer. Det vil derfor næppe være muligt at reducere eksponeringerne på denne måde, men radiografer bør så vidt muligt vælge langsommere skanninger og lavere radiofrekvenseksponering, hvis personale skal være i nærheden af skanneren. Indstillingerne af skanneren vælges dog stadig på grundlag af en klinisk vurdering.

F.4.2.2. Organisatoriske foranstaltninger

Arbejdsgivere, der anvender MRI-skannere, bør følge anbefalingerne i afsnit F.5 og F.6 nedenfor.

F.4.3. Omstændigheder, der begrundet overskridelse af emissionsgrænseværdier

Hvornår en overskridelse af emissionsgrænseværdier er begrundet, afhænger af de særlige forhold. Ved diagnose og behandling afhænger de særlige procedurer, der skal gennemføres, altid af en klinisk vurdering. Hvis procedurer kræver, at arbejdstagere går ind i området omkring den åbning, der er markeret på planen (se afsnit F.5.3 nedenfor), bør arbejdsgiveren rådføre sig med sundhedspersonalet med henblik på at afgøre, om det ønskede resultat kan opnås på anden måde, under hensyntagen til de kliniske behov og patientsikkerheden.

Fabrikanter bør tage lignende hensyn i betragtning, når de tilrettelægger deres arbejde, herunder især behovet for at sikre, at udstyr genererer billeder af en tilstrækkelig kvalitet til klinisk anvendelse. Forskningsinstitutioner bør følge en proces, der svarer til den, der benyttes ved direkte patientbehandling, under hensyntagen til kvaliteten af de tilvejebragte data og de frivilliges sikkerhed.

F.4.4. Karakteristika for arbejdsstedet, arbejdsudstyret eller arbejdsmetoderne

Arbejdsgivere bør bemærke indholdet af afsnit F.1 ovenfor og følge anbefalingerne i afsnit F.5 og F.6 nedenfor.

F.4.5. Beskyttelse af arbejdstagere og sikker anvendelse

Som forklaret i afsnit F.1 omfatter MRI-udstyr, som overholder EN60601-2-33, sikkerhedsforanstaltninger, der beskytter mod for høje eksponeringer. Når eksponeringsgrænseværdier overskrides, er der risiko for, at de arbejdstagere, der er mest følsomme over for felterne, kan opleve virkninger. Det er derfor vigtigt, at arbejdstagere, der skal gå ind i det kontrollerede opholdsområde (se afsnit F.5.1), får oplysninger om de mulige følger af eksponering, så de kan genkende dem, hvis de opstår, og træffe de nødvendige forholdsregler for at begrænse eksponeringen. Alle sådanne hændelser bør rapporteres til afdelingsledelsen eller en anden ansvarlig, som bør træffe de nødvendige forholdsregler.

MRI-skannere er komplekse og højteknologiske apparater til medicinsk eller forskningsmæssig brug, og operatører har gennemgået omfattende uddannelse. Udstyret indeholder adskillige sikkerhedssystemer, herunder beskyttelse mod for høj eksponering og automatiske advarselssystemer. Såfremt arbejdsgivere har indført systemer, der sikrer, at operatørerne anvender udstyret i overensstemmelse med fabrikantens anvisninger og respekterer de automatiske advarselssystemer, er udstyret sikkert for patienter og arbejdstagere som krævet ifølge direktivet om medicinsk udstyr (93/42/EØF).

F.4.6. Gravide arbejdstagere

Når en arbejdstager oplyser, at hun er gravid, skal arbejdsgiveren gennemgå den eksisterende risikovurdering for at afgøre, om den er egnet til dette formål. Hvis der kræves ændringer, skal der udføres en særlig risikovurdering. Yderligere vejledning findes i kapitel 5 og bilag E i denne vejledning.

F.5. Indretning af MRI-afdeling

Institutioner kan minimere arbejdstagernes eksponering ved at benytte en struktureret tilgang til indretningen af MRI-afdelingen og navnlig ved at opdele området efter størrelsen af de felter, der sandsynligvis vil opstå. Det gør det nemmere at begrænse adgangen til områder, hvor risikoen for eksponering ud over eksponeringsgrænseværdierne er højest. Generelt har de fleste MRI-afdelinger i forvejen indført adgangsbegrænsning på grundlag af andre farer (se punktopstilling i afsnit F.3). Den fremgangsmåde, der er beskrevet nedenfor, er baseret på forslag til god praksis offentliggjort i anden forbindelse og udbygger de eksisterende fremgangsmåder inden for rammerne af EMF-direktivet.

F.5.1. Kontrolleret opholdsområde

EN60601-2-33 definerer konceptet »kontrolleret opholdsområde« (Controlled Access Area) og angiver, at dette kræves for MRI-udstyr, der genererer spredningsfelter, som overstiger 0,5 mT uden for den permanente skærm, og/eller som ikke overholder et niveau for elektromagnetisk interferens, der er anført i EN60601-1-2. Udpegning af et kontrolleret opholdsområde er allerede standardpraksis i sundhedssektoren.

Inden for det kontrollerede opholdsområde er der risiko for interferens med aktivt, implanteret medicinsk udstyr og andet medicinsk udstyr. Der er også risiko for tiltrækning af ferromagnetiske materialer eller momentpåvirkning af sådanne materialer.

Adgangen til område skal være kontrolleret og skal ideelt ske via en kontrolleret adgangsdør med passende skiltning. Der skal træffes de nødvendige organisatoriske foranstaltninger for at kontrollere adgangen til området (se afsnit F.6 nedenfor).

F.5.2. Skannerrum

Kun arbejdstagere med operationelt behov bør have adgang til skannerrummet. Personer, der går ind i rummet, må ikke opholde sig i rummet længere end nødvendigt for at varetage deres opgaver.

De magnetiske lokale feltgradienter er højest i området umiddelbart omkring skannerens åbning. Switchede feltgradienter i dette område kan også være så stærke, at der er risiko for, at emissionsgrænseværdierne overskrides, når skanneren er i drift. Dette område bør derfor være markeret på en plan opsat i skannerrummet. Området udpeges ud fra den mest restriktive lokalegradient og switchede feltgradienter, som fabrikanten sædvanligvis oplyser. Hvis disse specifikke oplysninger ikke er tilgængelige (f.eks. for en gammel skanner), udpeges der som standard et område på 1 m omkring åbningen (målt fra midteraksen), da det sædvanligvis er tilstrækkeligt. Planen bør gøre arbejdstagerne opmærksomme på de forhøjede risici, når de arbejder i dette område. Arbejdstagere bør ikke gå ind i det udpegede område, medmindre det er nødvendigt, for at de kan varetage deres opgaver, og bør ikke blive i området længere tid end højst nødvendigt. Personale, der er nødt til at gå ind i det udpegede område, bør sikre, at de bevæger sig tilstrækkeligt langsomt til at undgå utilsigtede virkninger.

F.5.3. Indretning af skannerrum

Skannerrummets indretning bør tage højde for, at personalet så vidt muligt ikke må arbejde tæt på skanneren. Anæstesiudstyr og andet flytbart udstyr bør derfor placeres så langt væk fra skanneren som muligt, såfremt dette er i overensstemmelse med god lægelig praksis. Indgift af medicin og kontraststoffer bør ligeledes automatiseres så vidt muligt, selv om det anerkendes, at det ikke altid kan gøres på en sikker måde. Dette afhænger af en klinisk vurdering. Manuel infusion vurderes f.eks. ofte at være sikrere for unge eller meget syge patienter, og dette afhænger altid af en klinisk vurdering.

F.6. Arbejdets tilrettelæggelse

F.6.1. Kontrolleret opholdsområde

Der bør indføres organisatoriske procedurer, som dokumenteres, for det kontrollerede opholdsområde. Et ledende medlem af personalet, f.eks. den vagthavende ledende radiograf, bør føre direkte tilsyn med arbejdsaktiviteter i området.

Sundhedspersonale og besøgende i det kontrollerede opholdsområde bør altid være under opsyn af en MR-ansat.

Et vigtigt element i procedurerne er screening med henblik på at udpege personer, der er særligt udsatte f.eks. på grund af aktive eller passive implantater eller andre risikofaktorer, såsom bodypiercinger eller tatoveringer med højt jernindhold. Der anvendes de samme screeningskriterier som for patienter og sundhedspersonale.

Der skal også indføres procedurer for adgangskontrol uden for normal arbejdstid (f.eks. for rengøringspersonale, sikkerhedspersonale, brandfolk og håndværkere).

Screening bør også omfatte genstande, der medbringes i området, for at sikre, at ferromagnetiske genstande er mærket som MR-sikre eller MR-kontrolleret. Dette bør være omhandlet i lokale procedurer.

F.6.2. Uddannelse af personalet

Personale, der skal arbejde i det kontrollerede opholdsområde, skal have uddannelse i MRI-sikkerhed. Uddannelsen bør omfatte:

- bevidsthed om mulige virkninger ved bevægelse i et stærkt statisk magnetisk felt
- bevidsthed om virkningerne af stærke switchede feltgradier
- bevidsthed om virkningerne af radiofrekvensfelter
- bevidsthed om projektilrisiko fra tiltrækning af ferromagnetiske materialer eller momentpåvirkning af sådanne materialer
- bevidsthed om risikoen for interferens med aktivt, implanteret medicinsk udstyr
- bevidsthed om risiciene for interferens med elektromedicinske apparater
- betydningen af adgangsrestriktioner og screening af personer eller genstande, der kommer ind i det kontrollerede opholdsområde
- betydningen af at bevæge sig langsomt omkring og i skanneren
- bevidsthed om den lokale distribution af felter omkring skanneren
- bevidsthed om andre farer, herunder støj og kryogene gasser
- evakueringsprocedurer, hvis en superledende magnet afbrydes
- bevidsthed om procedurer i nødstilfælde.

Uddannelse bør normalt skræddersys til den pågældende afdeling og gives derfor internt af en person med den nødvendige viden og erfaring. Yderligere vejledning om uddannelseskraav vil sandsynligvis blive udarbejdet af de relevante faglige organer i Europa.

Hvis andet personale, som f.eks. rengøringspersonale, sikkerhedspersonale, brandfolk og håndværkere, skal have adgang til det kontrollerede opholdsområde, skal de også have den fornødne uddannelse, selv om den ikke behøver være så detaljeret som for MR-personalet.

F.6.3. Skannerrum

Personale, der går ind i området omkring åbningen, som er markeret på planen, skal sikre, at de bevæger sig så langsomt, at forbigående virkninger er acceptable for den enkelte. Yderligere vejledning om begrænsning af bevægelse i statiske magnetiske felter er blevet offentliggjort (ICNIRP, 2014) og er omhandlet i afsnit D4. Personalet skal være opmærksomt på virkningerne af switchede feltgradienter og betydningen af ikke at gå ind i det område, der er markeret på planen, medmindre det er nødvendigt for den procedure, der gennemføres, og af ikke at opholde sig længere end nødvendigt i området.

Når aktiv skanning udføres med arbejdstagere i nærheden af eller inden i røret, kan de opleve stimulering af perifere nerver. Moderne skannere er konstrueret til at begrænse stimuleringen af perifere nerver for de fleste mennesker, men meget følsomme personer kan stadig opleve visse virkninger og bør være opmærksomme på symptomer, så der kan træffes de nødvendige foranstaltninger for at begrænse disse virkninger. Hvis arbejdstagere oplever virkninger fra eksponering, bør de rapporteres til afdelingsledelsen, der om nødvendigt bør opdatere risikovurderingen og forebyggelsesforanstaltningerne.

Direkte virkninger på arbejdstagere kan føre til sikkerhedsrisici for andre. Svimmelhed eller synsforstyrrelser hos arbejdstagere som følge af hurtig bevægelse gennem det statiske felt kan påvirke deres evne til at levere den fornødne patientpleje.

F.6.4. Personale i skannerrøret

Personalet skal instrueres i, at de ikke må gå ind i skannerrøret, medmindre det er absolut nødvendigt. Ophold i skannerrøret, f.eks. for at rengøre skanneren eller trøste en patient, skal holdes på det minimum, der er nødvendigt for at udføre opgaven. Personalet bør overveje, om proceduren er nødvendig, eller om det samme mål kan opnås, uden at vedkommende går ind i skannerrøret. Personale, der ikke har kendskab til virkningerne af bevægelse i stærke statiske magnetiske felter, kan være særligt udsatte.

I mange tilfælde kan simple tiltag, f.eks. eksternt tilsyn (eksempelvis ved brug af et spejl), bruges til aktiviteter, såsom overvågning af patienter under skanning eller inspektion af skannerrøret. Redskaber med langt skaft kan ligeledes anvendes i forbindelse med visse rengøringsopgaver. Sådanne fornuftige tiltag kan minimere behovet for, at arbejdstagere går ind i skanneren.

Hvis det er vigtigt for personalet at gå ind i skanneren, skal radiofrekvensfeltet og de switchede feltgradienter slås fra, medmindre de er strengt nødvendige. Hvis switchede feltgradienter er nødvendige, bør de så vidt muligt begrænses til én gradient, og scanningshastigheden nedsættes for at begrænse eksponeringens størrelse. Hvis radiofrekvensfelter er nødvendige, bør deres effekt holdes på det minimum, der samtidig sikrer, at det ønskede mål kan opnås.

F.7. MRI i forskningsmiljøet

Det anerkendes, at der sandsynligvis er færre rutineopgaver i forskningsmiljøet, og at der er flere opgaver, som skal løses af arbejdstagere tæt på skanneren. Generelt bør det dog være muligt at følge de generelle principper, der er beskrevet ovenfor for skanning af patienter, og tilpasse disse principper til de specifikke krav i forbindelse med forskning. Detaljerede oplysninger om sikker brug af MRI i forskningsmiljøet er udarbejdet af International Society of Magnetic Resonance in Medicine (Calamante et al., 2014).

BILAG G.

KRAV I ANDRE EUROPÆISKE TEKSTER

G.1. Retligt grundlag for EU-bestemmelser

EU-retten er formet af tre grundlæggende traktater:

- traktaten om Den Europæiske Union (TEU)
- traktaten om Den Europæiske Unions funktionsmåde (TEUF)
- traktaten om oprettelse af Det Europæiske Atomenergifællesskab.

TEUF (tidligere Romtraktaten) er retsgrundlaget for de direktiver, der er anført i det følgende.

G.2. Arbejds miljødirektiver

Ved TEUF fastsættes der et mål om at forbedre navnlig arbejdsmiljøet for at beskytte arbejdstagernes sikkerhed og sundhed. For at opfylde dette mål kan der i henhold til traktaten vedtages direktiver om fastsættelse af minimumsforskrifter.

G.2.1. Rammedirektivet

I 1989 blev rammedirektivet (89/391/EØF) indført som et overordnet direktiv på dette område. Rammedirektivet fastsætter de generelle principper for forebyggelse af og beskyttelse af arbejdstagere mod arbejdsulykker og erhvervs sygdomme. Det pålægger arbejdsgivere forpligtelser vedrørende:

- vurdering af risici (se kapitel 5)
- forebyggelse af risici (se kapitel 9)
- foranstaltninger inden for områderne for førstehjælp, brandbekæmpelse og evakuering af arbejdstagerne samt forholdsregler i tilfælde af alvorlig og umiddelbar fare
- registrering af ulykker
- information og oplæring af arbejdstagerne og disses deltagelse
- helbredsovervågning i henhold til national lovgivning og praksis
- beskyttelse af særligt udsatte grupper.

Ved rammedirektivet forpligtes arbejdstagerne til at:

- anvende udstyr, stoffer og personlige værnemidler korrekt
- underrette arbejdsgiveren om enhver arbejdssituation, der udgør en alvorlig, umiddelbar fare, samt om enhver mangel, der er konstateret ved beskyttelsessystemerne
- samarbejde med arbejdsgiveren om at gennemføre foranstaltninger for at sikre sundheden og sikkerheden.

Rammedirektivet omhandler også gennemførelsen af særdirektiver, der i detaljer fastsætter, hvordan rammedirektivets mål opfyldes i specifikke situationer. EMF-direktivet er kun ét af mange særdirektiver, som gennemfører rammedirektivets generelle forskrifter. Nogle af disse andre direktiver er relevante for EMF og er kort beskrevet i det følgende. For uddybende oplysninger om disse direktiver henvises der til selve direktiverne, den nationale gennemførelseslovgivning og eventuelle officielle vejledninger.

G.2.2. Direktivet om arbejdsudstyr

Ifølge direktivet om arbejdsudstyr (2009/104/EF) skal arbejdsgivere sikre, at arbejdsudstyr, der udleveres til arbejdstagere, er sikkert og hensigtsmæssigt i forhold til det arbejdssted, hvor det skal anvendes. Det forpligter også arbejdsgivere til at sikre, at arbejdsudstyr er tilstrækkeligt vedligeholdt, så det overholder forskrifterne, så længe det anvendes. Arbejdsgiveren skal foretage kontrol og/eller test med henblik på at sikre, at udstyr er korrekt installeret og fungerer efter hensigten, og registrere resultaterne.

Hvis arbejdsudstyr kan forårsage særlige risiko, skal arbejdsgiveren sørge for, at brugen af arbejdsudstyret forbeholdes de arbejdstagere, der har til opgave at anvende det, og sikre, de pågældende arbejdstagere i forbindelse med reparation, ændring, vedligeholdelse eller pasning er specielt beføjet dertil.

Arbejdsgivere skal give arbejdstagerne oplysninger om brug af arbejdsudstyret, uregelmæssigheder, der kan forudsiges, og relevante risici. Arbejdstagere skal også modtage fyldestgørende oplæring.

G.2.3. Direktivet om minimumsforskrifter for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejdsstedet

Direktivet om minimumsforskrifter for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejdsstedet (89/654/EØF) pålægger arbejdsgivere at sørge for, at arbejdsstedet er sikkert, rent og tilstrækkeligt vedligeholdt.

G.2.4. Direktivet om signalgivning i forbindelse med sikkerhed og sundhed under arbejdet

I henhold til direktivet om signalgivning i forbindelse med sikkerhed og sundhed under arbejdet (92/58/EØF) skal arbejdsgivere sørge for signalgivning i forbindelse med sikkerhed og sundhed under arbejdet, hvor risici ikke kan undgås eller begrænses. Arbejdstagere og deres repræsentanter skal informeres om betydningen af signalgivning og de forholdsregler, der skal træffes, når de vises.

Minimumsforskrifter for signalgivning er anført i bilagene til EMF-direktivet.

G.2.5. Direktivet om gravide arbejdstagere

Direktivet om gravide arbejdstagere (92/85/EØF) pålægger arbejdsgivere at vurdere risici for sikkerheden og sundheden fra eksponering for en række fysiske, biologiske og kemiske agenser, herunder ikke-ioniserende stråling. Resultaterne af vurderingen og eventuelle foranstaltninger, der skal træffes, skal stilles til rådighed for arbejdstagere, som er gravide, som lige har født, eller som ammer, og for arbejdstagere, som med sandsynlighed befinder sig i en af disse situationer. Hvis risici identificeres, skal arbejdsgiveren undgå dem ved at tilpasse arbejdsbetingelserne, overføre arbejdstageren til andre opgaver eller fritage vedkommende fra arbejdet.

I henhold til EMF-direktivet skal gravide arbejdstagere også fritages fra natarbejde, når det er lægeligt begrundet. De indrømmes ret til barselsorlov og beskyttelse mod afskedigelse på grund af graviditet eller barselsorlov.

G.2.6. Direktivet om beskyttelse af unge på arbejdspladsen

Direktivet om beskyttelse af unge på arbejdspladsen (94/33/EF) fastsætter et beskyttelsessystem for alle, der er under 18 år gamle. Med visse definerede undtagelser skal medlemsstaterne sørge for, at børn, der deltager i obligatorisk fuldtidsundervisning, og under alle omstændigheder børn under 15 år ikke må arbejde.

Arbejdsgivere skal udføre en risikovurdering, der navnlig tager hensyn til risici, der skyldes de unges manglende erfaring, manglende bevidsthed om eksisterende eller potentielle risici eller det forhold, at de endnu ikke er fuldt udviklede. Arbejdsgivere skal derefter træffe foranstaltninger for at beskytte de unges sundhed og sikkerhed. Vurderingen skal foretages, inden de unge tiltræder arbejdet, og hver gang der sker en væsentlig ændring af arbejdsvilkårene. Unge arbejdstagere og deres repræsentanter skal oplyses om resultatet af vurderingen og de foranstaltninger, der er truffet.

G.2.7. Direktivet om brug af personlige værnemidler

Direktivet om brug af personlige værnemidler (89/656/EØF) pålægger arbejdsgivere at sikre, at personlige værnemidler anvendes, når risici ikke kan undgås eller i tilstrækkelig grad begrænses ved tekniske eller organisatoriske beskyttelsesforanstaltninger. Personlige værnemidler, der stilles til rådighed, skal opfylde EU-bestemmelserne om udformning og fremstilling og skal:

- være hensigtsmæssige i forhold til de farer, der skal forebygges, uden selv at medføre en øget fare
- svare til de eksisterende forhold på arbejdsstedet
- tage hensyn til de ergonomiske krav og til arbejdstagerens helbred
- passe til bæreren, efter fornøden tilpasning.

Arbejdsgivere skal gratis stille personlige værnemidler, der fungerer og er i god hygiejnisk stand, til rådighed for arbejdstagere. Arbejdsgiveren skal vurdere, om udstyret er hensigtsmæssigt og, om nødvendigt, foreneligt med andre personlige værnemidler.

Arbejdstagere skal have den fornødne oplæring i brugen af personlige værnemidler, de har fået stillet til rådighed.

G.3. Produktdirektiver

I henhold til TEUF er kvantitative indførselsrestriktioner såvel som alle foranstaltninger med tilsvarende virkning forbudt mellem medlemsstaterne. Ifølge retspraksis kan restriktioner af varernes frie bevægelighed i EU kun begrundes, hvis der er tale om manglende overensstemmelse med *væsentlige krav*. Dette har gjort det nødvendigt at definere de *væsentlige krav* og standardisere overensstemmelsesvurderingen.

Disse forhold blev i første gang søgt løst ved vedtagelsen af *den nye lovgivningsmetode*, der fastsatte følgende principper:

- Harmoniseringslovgivning skulle begrænses til de væsentlige krav, som produkter på det indre marked skulle opfylde for at kunne opnå fri bevægelighed i EU.
- De tekniske specifikationer for produkter, som overholdt de væsentlige krav, skulle fastlægges i harmoniserede standarder.

- Produkter, der er fremstillet i overensstemmelse med de harmoniserede standarder, formodes at overholde de væsentlige krav.
- Anvendelsen af harmoniserede eller andre standarder er frivillig; fabrikanter kan altid anvende andre tekniske specifikationer for at opfylde kravene, men skal påvise, at de har gjort det.

Den nye metode er nu blevet erstattet af den nye lovgivningsramme, hvor dele af det tidligere system er blevet revideret og styrket.

Med denne produktlovgivningsramme kan brede grupper af produkter med fælles væsentlige krav reguleres. Indtil dato er der vedtaget 27 direktiver inden for denne ramme, men kun få er relevante for EMF-sikkerhed på arbejdsstedet. De er anført i det følgende.

G.3.1. Elektrisk udstyr

Elektrisk udstyr, der markedsføres i EU, er underlagt kravene i lavspændingsdirektivet (2006/95/EF). Dette direktiv blev omarbejdet i 2014, og medlemsstaterne skal gennemføre det nye lavspændingsdirektiv (2014/35/EU) inden den 20. april 2016. Med specifikke undtagelser gælder lavspændingsdirektivet for elektrisk udstyr, der er bestemt til anvendelse ved vekselstrømsspændinger mellem 50 og 1 000 V eller jævnstrømsspændinger mellem 75 og 1 500 V.

I henhold til lavspændingsdirektivet må udstyr ikke bringe sundheden og sikkerheden for personer og husdyr eller ejendom i fare ved korrekt installation og vedligeholdelse samt anvendelse i overensstemmelse med dets formål. Særligt relevant for denne vejledning er kravet om, at der skal anvendes tekniske foranstaltninger for at sikre, at udstyr ikke frembringer stråling, der kan forårsage farer.

G.3.2. Maskiner

Maskiner, der markedsføres i EU, er underlagt kravene i maskindirektivet (2006/42/EF). Generelt gælder EMF-direktivet for enhver samling af indbyrdes forbundne dele eller komponenter, hvoraf mindst en er bevægelig, forsynet med eller beregnet til at blive forsynet med et andet drivsystem. Med undtagelse af hejse- eller løftmaskiner er udstyr, som udelukkende drives ved menneskelig eller animalsk kraft, udelukket fra EMF-direktivets anvendelsesområde. Der er en række specifikke undtagelser og tilføjelser til dette brede anvendelsesområde.

Maskindirektivet er vedtaget for at sikre, at maskiner ikke udgør en risiko for sundheden og sikkerheden. Der er fastsat specifikke krav for at sikre, at uønskede strålingsemissioner fra maskinen fjernes eller reduceres til et niveau, der ikke er skadeligt for personer. Ikkeioniserende strålingsemissioner under indstilling, funktion og rengøring skal reduceres til et niveau, der ikke er skadeligt for personer.

Fabrikanter af maskiner skal oplyse om tilbageværende risici i den brugsanvisning, der leveres med maskinen. Fabrikanter skal også give oplysninger om sandsynlige emissioner, der kan forvolde skader på mennesker, herunder personer med implanteret medicinsk udstyr.

G.3.3. Radioudstyr

Radioudstyr, der markedsføres i EU, er underlagt kravene i direktivet om radio- og teleterminaludstyr (1999/5/EF). Fra den 13. juni 2016 ophæves dette direktiv og erstattes med direktivet om harmonisering af medlemsstaternes love om tilgængeliggørelse af radioudstyr på markedet (2014/53/EU). Radioudstyr, der

overholder direktiv 1999/5/EF, kan i overensstemmelse med overgangsordninger markedsføres indtil den 13. juni 2017. Direktivet om radioudstyr gælder for alt udstyr, der er konstrueret til tilsigtet at udsende og/eller modtage radiobølger med henblik på radiokommunikation eller radiostedbestemmelse (som bruger radiobølger til at bestemme en genstands position, hastighed og/eller andre egenskaber eller indhentning af oplysninger om disse parametre). Direktivet om radio- og teleterminaludstyr har et bredere anvendelsesområde og omfatter f.eks. også udstyr, der er beregnet til tilslutning til offentlige net.

I begge direktiver fastsættes de samme krav med hensyn til sundhed og sikkerhed som i lavspændingsdirektivet (se afsnit G.3.1), men uden restriktioner vedrørende spændingsgrænser.

G.3.4. Medicinsk udstyr

Elektromedicinske apparater, der markedsføres i EU, er underlagt kravene i direktivet om medicinsk udstyr (93/42/EØF) eller direktivet om aktivt, implantabeltmedicinsk udstyr (90/385/EØF). Begge direktiver er omhandlet yderligere i afsnit E.2.1.1 (direktivet om aktivt, implantabeltmedicinsk udstyr) og afsnit E.2.3 (direktivet om medicinsk udstyr).

G.3.5. Personlige værnemidler

Personlige værnemidler, der markedsføres i EU, er underlagt kravene i direktivet om brug af personlige værnemidler (89/686/EØF). Med forbehold af specifikke undtagelser defineres personlige værnemidler bredt som enhver anordning bestemt til at bæres eller holdes af en person med henblik på at beskytte denne mod en eller flere risici, der kan true hans sundhed og sikkerhed.

I henhold til direktivet om brug af personlige værnemidler må personlige værnemidler kun markedsføres og ibrugtages, hvis brugerens sikkerhed og sundhed kan garanteres, når de vedligeholdes på passende måde og anvendes efter hensigten. Personlige værnemidler må ikke bringe andre personers, husdyrs eller produkters sikkerhed og sundhed i fare.

G.3.6. Produktsikkerhed i almindelighed

Formålet med direktivet om produktsikkerhed i almindelighed (2001/95/EF) er at garantere sikkerheden for produkter, som er bestemt for forbrugerne. Hvis sådanne produkter er omfattet af anvendelsesområdet for et af de nye direktiver vedtaget i henhold til den nye lovgivningsmetode eller den nye lovgivningsramme, finder dette specifikke direktiv sædvanligvis anvendelse forud for direktivet om produktsikkerhed i almindelighed. Selvom direktivet om produktsikkerhed i almindelighed har til formål at beskytte forbrugere, gælder det også for produkter, som en virksomhed har købt med henblik på anvendelse, såfremt produktet er bestemt for forbrugere.

I henhold til direktivet om produktsikkerhed i almindelighed må produkter ikke frembyde nogen risiko eller kun minimale risici, der er forenelige med produktets anvendelse (i overensstemmelse med et højt beskyttelsesniveau for forbrugernes sikkerhed og sundhed). Alle disse krav gælder, når produkterne anvendes under rimeligt forudsigelige betingelser, herunder installering, ibrugtagning og vedligeholdelse.

G.3.7. Elektromagnetisk kompatibilitet

Udstyr, der kan forårsage elektromagnetiske forstyrrelser, eller hvis funktion kan tænkes at blive påvirket af sådanne forstyrrelser, og som markedsføres eller ibrugtages i EU, er underlagt kravene i direktivet om elektromagnetisk kompatibilitet (2004/108/EF). Dette direktiv er netop blevet omarbejdet, og det nye direktiv om harmonisering

af medlemsstaternes lovgivning om elektromagnetisk kompatibilitet (2014/30/EU) træder i kraft den 20. april 2016. Det eksisterende direktiv ophæves fra og med samme dato. Udstyr, der markedsføres inden den 20. april 2016 og er i overensstemmelse med direktiv 2004/108/EF, må stadig markedsføres efter denne dato. Der er specifikke undtagelser til direktivernes anvendelsesområde, herunder udstyr, der er omfattet af anvendelsesområdet for direktivet om radio- og teleterminaludstyr (se G.3.3) og aeronautisk udstyr. Kravene til elektromagnetisk kompatibilitet for luftfartøjer er omfattet af forordning (EF) 216/2008, mens køretøjer med fire hjul og derover er omfattet af forordning (EF) 661/2009.

Direktiverne om elektromagnetisk kompatibilitet indeholder ingen bestemmelser, der specifikt vedrører menneskers sundhed og sikkerhed. De indeholder dog krav om at begrænse den elektromagnetiske forstyrrelse med henblik på at undgå interferens med andet udstyr. De kræver endvidere, at udstyr udviser en vis immunitet over for forstyrrelse, der sikrer, at det kan anvendes i det tilsigtede miljø uden uacceptable forringelser. Disse krav kan have indvirkning på sikkerheden i forbindelse med visse indirekte virkninger.

G.4. Rådets henstilling

For at beskytte befolkningen har Rådet vedtaget en henstilling om begrænsning af befolkningens eksponering for elektromagnetiske felter (1999/519/EF). Henstillingen fastsætter en ramme for beskyttelsen af befolkningen mod kendte sundhedsskadelige virkninger, der kan skyldes eksponering for elektromagnetiske felter. Den omhandler ikke beskyttelsen af arbejdstagere.

Rådets henstilling er ikkebindende, men den fastsætter et system af basisrestriktioner, som er størrelser, der ikke bør overskrides, og som konceptuelt svarer til eksponeringsgrænseværdierne i EMF-direktivet.

Da basisrestriktionerne primært udtrykkes som indre størrelser i kroppen, som ikke umiddelbart kan måles, fastsætter Rådets henstilling også et system af referenceniveauer udtrykt som ydre feltstørrelser, der nemmere kan vurderes. Referenceniveauerne er udledt af basisrestriktionerne ved hjælp af konservative metoder, således at den underliggende basisrestriktion ikke overskrides, såfremt referenceniveauet ikke overskrides. Da udledningen af referenceniveauer er baseret på worst case-antagelser, er det imidlertid ofte muligt at overskride referenceniveauerne og alligevel ikke overskride basisrestriktionerne. I denne henseende svarer referenceniveauerne konceptuelt til de aktionsniveauer, der anvendes i EMF-direktivet.

Når medlemsstaterne anvender systemerne med basisrestriktioner og referenceniveauer, anbefales de at overveje både farer og fordele ved teknologier, der producerer elektromagnetiske felter. Medlemsstaterne bør også informere befolkningen samt fremme og skaffe overblik over forskning vedrørende de sundhedsskadelige virkninger af elektromagnetiske felter.

I Rådets henstilling opfordres Europa-Kommissionen endvidere til at bidrage til beskyttelsen af befolkningen. Kommissionen opfordres til at arbejde hen imod opstilling af europæiske standarder med henblik på at støtte det beskrevne beskyttelsessystem, at tilskynde til forskning i virkninger på lang og på kort sigt af eksponering, at fremme opnåelse af international enighed på dette område og være opmærksom på de spørgsmål, denne henstilling omhandler, med henblik på at ændre og ajourføre henstillingen.

Det beskyttelsessystem, der beskrives i Rådets henstilling, har fundet bred anvendelse som en ramme for beskyttelse af befolkningen. De referenceniveauer, der er anført i Rådets henstilling, er f.eks. blevet anvendt som grundlag for kontrol af eksponeringerne i mange offentligt tilgængelige områder. Referenceniveauerne er desuden blevet anvendt som grundlag for udviklingen af standarder for aktivt, implanteret medicinsk udstyrs elektromagnetiske immunitet.

BILAG H.

EUROPÆISKE OG INTERNATIONALE STANDARDER

Organer, som f.eks. Den Internationale Elektrotekniske Kommission (IEC), Den Europæiske Komité for Elektroteknisk Standardisering (Cenelec) og andre standardiseringsorganisationer, har udviklet tekniske standarder vedrørende EMF.

Cenelec har allerede udviklet en række standarder for arbejdstageres eksponering til brug i forbindelse med EMF-vurdering. Disse standarder blev dog udviklet for at sikre overensstemmelse med det tidligere EMF-direktiv. Standarder fra 2013 eller tidligere bør derfor ikke anvendes til at vurdere overensstemmelsen med det nuværende EMF-direktiv.

Visse eksisterende standarder kan dog bruges til at vurdere overensstemmelse med Rådets henstilling (1999/519/EF). I henhold til artikel 4, stk. 6, i EMF-direktivet skal arbejdsgivere ikke gennemføre en eksponeringsvurdering på arbejdssteder med offentlig adgang, hvis der allerede er gennemført en vurdering, som viser, at den er i overensstemmelse med Rådets henstilling (1999/519/EF). Denne bestemmelse forudsætter, at eksponeringen af arbejdstageres er i overensstemmelse med bestemmelserne vedrørende offentlig adgang, og at der ikke forekommer risiko for sundheden og sikkerheden.

Cenelec offentliggør også produktstandarder, der er harmoniseret med forskellige produktdirektiver (se afsnit G.3). Lister over standarder, der er harmoniseret med hvert produktdirektiv, findes i Enterpræsområdet på Kommissionens websted. Disse standarder kan anvendes af fabrikanter og leverandører til at påvise overensstemmelse med EMF-sikkerhedsforskrifterne. Hvis udstyr er beregnet til offentlig brug og overholder de strengere sikkerhedsniveauer, der er fastsat for sådant udstyr, og såfremt andet udstyr ikke anvendes, vurderes det, at arbejdsstedet overholder Rådets henstilling (1999/519/EF).

Hvis der er udviklet standarder, tilhører de som nævnt ovenfor generelt en af to typer: emissionsstandarder eller eksponeringsstandarder.

- Emissionsstandarder vedrører emissioner fra udstyr og giver fabrikanter et redskab til at påvise, at det felt, der udsendes af et produkt, ikke overstiger en bestemt grænse. Denne grænse er oftest EMF-direktivets aktionsniveauer eller eksponeringsgrænseværdier eller værdierne i Rådets henstilling (1999/519/EF). Det skal bemærkes, at det ved sådanne vurderinger forudsættes, at udstyret bruges efter hensigten. Hvis udstyr ikke bruges efter hensigten, er vurderingen muligvis ikke gyldig.
- Standarder for eksponeringsvurdering er generelt et standardiseret redskab til at vurdere eksponeringer inden for bestemte industrier eller for bestemte typer teknologi. Ved arbejdspladsvurderinger vurderes det, hvordan udstyr anvendes, og sådanne vurderinger bør omfatte alle arbejdsopgaver i forbindelse med udstyret, herunder rengøring og vedligeholdelse.

Generelt har emissionsstandarder til formål at sikre, at aggregeret eksponering for emissionerne fra en anordning er så lav, at anvendelse — selv i nærheden af andre anordninger, der udsender EMF — ikke bevirker, at eksponeringsgrænserne overskrides.

Det bør bemærkes, at disse standarder vedrørende vurdering af individuelle anordninger, mens EMF-direktivet vedrører eksponering af arbejdstagere fra alle kilder. Det er muligt, at eksponering for mere end én kilde, der i sig selv overholder grænseværdierne, kan bevirke, at en person udsættes for en kombineret eksponering, der overskrider et aktionsniveau eller en emissionsgrænseværdi. Generelt fortaber felter sig dog hurtigt med afstanden, og de felter, der produceres, er derfor generelt i overensstemmelse, hvis udstyr er spredt over et større område.

Cenelec er i gang med at udvikle nye tekniske standarder med fokus på overensstemmelse med det nuværende EMF-direktiv. Disse standarder offentliggøres, når de er vedtaget, men der vil sandsynligvis gå nogen tid, inden der er udviklet et omfattende sæt standarder. Hvis en arbejdsgiver ønsker at udføre en vurdering, bør vedkommende dog undersøge, om der findes en standard, der er relevant for det nuværende EMF-direktiv.

I Cenelec arbejder den tekniske komité CLC/TC106X for at udvikle nye standarder for eksponeringsvurdering: elektromagnetiske felter i det menneskelige miljø. Status for udviklingen af nye standarder kan ses i TC106X-området på Cenelecs websted. Det forventes også offentliggjort på EU-OSHA's websted.

BILAG I. RESSOURCER

I.1. Retningslinjer/Forskrifter

I.1.1. Den Europæiske Union

Land	Organisation	Websted
Østrig	Bundesministerium für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz	www.bmask.gv.at/site
Belgien	Forbundsministeriet for beskæftigelse, arbejdsmarked og social dialog	www.employment.belgium.be
Bulgarien	Nationalt center for folkesundhed og analyser	ncphp.government.bg/en
Kroatien	Arbejds- og pensionsministeriet	www.mrms.hr
Cypern	Arbejds- og socialsikringsministeriet	www.mlsi.gov.cy
Tjekkiet	Arbejds- og socialministeriet	www.mpsv.cz/cs
Danmark	Arbejdstilsynet	www.at.dk
Estland	Estlands arbejdstilsyn	www.ti.ee
Finland	Ministeriet for arbejdsmarkedsanliggender og sundhed	www.riskithaltuun.fi
Frankrig	Ministère du Travail, de l'Emploi, et du Dialogue social	www.travail.gouv.fr
Tyskland	Forbundsministeriet for arbejds- og socialspørgsmål	www.bmas.bund.de
Grækenland	Arbejds- og socialministeriet	www.mathra.gr
Ungarn	Det nationale forskningsinstitut for radiobiologi	www.osski.hu
Irland	Arbejds miljømyndigheden	www.hsa.ie
Italien	Det nationale institut for forsikring mod arbejdsulykker	www.inail.it
Letland	Letlands statslige arbejdstilsyn	www.vdi.gov.lv
Litauen	Social- og arbejdsministeriet	www.socmin.lt/en
Luxembourg	Inspection du Travail et des Mines	www.itm.lu/de/home.html
Malta	Arbejds miljømyndigheden	www.ohsa.org.mt
Nederlandene	Det nationale institut for folkesundhed og miljø (RIVM)	www.rivm.nl
Polen	Det centrale institut for arbejdstilsyn	www.ciop.pl
Portugal	Autoridade para as Condições de Trabalho	www.act.gov.pt
Rumænien	Det nationale forsknings- og udviklingsinstitut for sikkerhed på arbejdspladsen	www.protectiamuncii.ro
Slovakiet	Ministeriet for arbejdsmarkedsanliggender, sociale anliggender og familien	www.employment.gov.sk/en
Slovenien	Ministeriet for arbejdsmarkedsanliggender, sociale anliggender og familien	www.gov.si
Spanien	Det nationale arbejds miljøinstitut	www.meyss.es
Sverige	Det svenske arbejdstilsyn	www.av.se
Det Forenede Kongerige	Arbejds miljømyndigheden Folkesundhed England	www.hse.gov.uk www.gov.uk/government/organisations/public-health-england

I.1.2. Internationale organisationer

Organisation	Websted
International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection	www.icnirp.de
Verdenssundhedsorganisationen	www.who.int
European Trade Union Confederation	www.etuc.org
European Public Health Alliance	www.epha.org
Det Europæiske Arbejdsmiljøagentur	osha.europa.eu
International Commission on Occupational Health	www.icohweb.org

I.2. Brancheorganisationer

Organisation	Websted
Council of European Employers of the Metal, Engineering and Technology-Based Industries	www.ceemet.org
Foreningen af Europæiske Automobilfabrikanter	www.acea.be
Euro Chlor	www.eurochlor.org
Det europæiske net af elektricitetstransmissionssystemoperatører — ENTSO-E	www.entsoe.eu
European Coordination Committee of the Radiological Electromedical and Healthcare IT Industry (COCIR)	www.cocir.org
Union of the Electricity Industry — EURELECTRIC	www.eurelectric.org

1.3. Nationale vejledende dokumenter

Land	Dokumenter
Belgien	Anordning nr. 7 vedrørende minimumsforskrifter for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejdet, belgisk lovtidendenr. 88, 1999
Danmark	Bekendtgørelse nr. 559 om arbejdets udførelse Bekendtgørelse nr. 513 om ændring af bekendtgørelse nr. 559 om arbejdets udførelse Ikkeioniserende stråling, Vejledning om ikkeioniserende stråling med frekvenser under 300 GHz D.6.1.1, maj 2002 At-VEJLEDNING, ARBEJDSSTEDETS INDRETNING — A.1.8, Gravide og ammendes arbejdsmiljø
Estland	Töökeskkonna füüsikaliste ohutegurite piirnormid ja ohutegurite parameetrite mõõtmise kord
Finland	Toimintamalli RF-kenttien aiheuttamissa tapaturmaisissa ylialtistumistilanteissa, Tommi Alanko, Harri Lindholm, Soile Jungewelter, Maria Tiikkaja, Maila Hietanen (2013), ISBN 978-952-261-349-3 (PDF, FI), ISBN 978-952-261-393-6 (PDF, EN) Sydäntahdistimen häiriötön toiminta työympäristön sähkömagneettisissa kentissä, Maria Tiikkaja, Maila Hietanen, Tommi Alanko, Harri Lindholm (2012), ISBN 978-952-261-212-0 (print) ISBN 978-952-261-213-7 (pdf, FI), ISBN 978-952-261-295-3 (pdf, EN) Turvallinen työskentely tukiasemien lähellä, Tommi Alanko, Maila Hietanen (2006), ISBN (vihko) 951-802-707-2, ISBN (PDF) 951-802-708-0 Sähkömagneettiset kentät työympäristössä — Opaskirja työntekijöiden altistumisen arvioimiseksi, Maila Hietanen, Patrick von Nandelstadh, Tommi Alanko, ISBN 951-802-614-9, ISSN 1458-9311 Työntekijöiden altistuminen tukiasemien radiotaajuisille kentille, Tommi Alanko, Maila Hietanen, Patrick von Nandelstadh (2006), ISBN 951-802-667-X, ISSN 1458-9311 Sydäntahdistinpotilaan työhön paluun tukeminen — Sähkömagneettisten häiriöriskien hallinta, Maria Tiikkaja, Maila Hietanen, Tommi Alanko ja Harri Lindholm (2012), ISBN 978-952-261-204-5 (nid.) ISBN 978-952-261-205-2 (PDF)
Frankrig	Hygiène et sécurité du travail nr. 233, december 2013 (modstandssvejsning) INRS, Exposition des travailleurs aux risques dus aux champs électromagnétiques, Guide d'évaluation des risques
Tyskland	BGV B11, Unfallverhütungsvorschrift, Elektromagnetische Felder BGR B11, Berufsgenossenschaftliche Regel, Elektromagnetische Felder BGI 5011, Beurteilung magnetischer Felder von Widerstandsschweißeinrichtungen BGI/GUV-I 5111, Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder IFA Report 4/2013, Elektromagnetische Felder an handgeführten Mittelfrequenz-/Inverter-Punktschweißzangen IFA-Report 5/2011, Elektromagnetische Felder an Anlagen, Maschinen und Geräten IFA-Report 2/2009, Electromagnetic fields at handheld spot-welding guns Hannah Heinrich (2007). Assessment of non-sinusoidal, pulsed, or intermittent exposure to low frequency electric and magnetic fields, Health Physics, 92, (6) BMAS-Forschungsbericht FB 400-E, Electromagnetic fields at workplace, ISSN 0174-4992

Grækenland	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΤΟΥ ΠΥΡΗΝΙΚΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ (NMR), 50 Τακτικό Εθνικό Συνέδριο Μετρολογίας, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, Αθήνα, 9-10 Μαΐου 2014
Letland	Atgādne par elektromagnētiskolauku, Aktualizēts 2011.gada jūnijā
Litauen	Litauiskhygiejnstandard (HN) 110: 2001 Electromagnetic field of 50 Hz frequency in work places. Permissible values of the parameters and measuring requirements' and labour nr. 660/174 af 21. december 2001 Litauiskhygiejnstandard (HN) 80: 2011 Electromagnetic field in working places and living environment. Permissible values of the parameters and measuring requirements in the 10 kHz to 300 GHz radiofrequency zone, approved by the order of minister of health and nr. V-199 af 2. marts 2011 Rules on determining electrostatic field strength permitted levels in working places approved by the order of minister of health and nr. 28 af 18. januar 2001
Luxembourg	Conditions d'exploitation pour les émetteurs d'ondes électromagnétiques à haute fréquence, ITM-CL 179.4
Polen	EU-direktiv, ICNIRP-retningslinjer og polsk lovgivning om elektromagnetiske felter, <i>International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)</i> , 12(2),s. 125-136 Exposure of Workers to Electromagnetic Fields. A Review of Open Questions on Exposure Assessment Techniques, <i>International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)</i> , 15(1),s. 3-33
Rumænien	MONITORUL OFICIAL AL ROMANIEI Anul 175 (XIX) — Nr.645, Vineri, 21. september 2007

I.4. Vejledende dokumenter fra industrien

Organisation	Vejledning
Euro Chlor	Electromagnetic Fields in the Chlorine Electrolysis Units: Health Effects, Recommended Limits, Measurement Methods and Possible Prevention Actions. HEALTH 3. 3. udgave, 2014

BILAG J.

ORDLISTE OG FORKORTELSER

J.1. Ordlister

Administrative foranstaltninger	Sikkerhedsforanstaltninger af ikke-teknisk art, f.eks. nøglekontrol, sikkerhedsuddannelse og advarselsskilte
Afbryder (se Sikkerhedsafbryder)	En mekanisk, elektrisk eller anden type anordning, der har til formål at hindre brug af udstyr under angivne betingelser
Anordninger med brotråde	En detonator, der anvender en elektrisk strøm til at fordampe en tråd: Det stød og den varme, der opstår, fører til detonering af det omkringliggende eksplosive materiale.
Bølgelængde	Afstanden mellem ens punkter på en bølges successive cyklusser. Enhed: Meter. Symbol: m
Dielektrikum	En elektrisk isolator, der kan polariseres af et påført elektrisk felt
Dipol	En antenne, der består af en ledende stang med tilslutningskabel i centrum
Dosimetri	Beregning eller vurdering af ophobning af energi i menneskekroppen
Effektæthed	Effekt af stråling på et overfladeareal (Wm^{-2})
Eksponeringsindeks	Den observerede eksponering divideret med grænseværdien. Hvis eksponeringsindekset er under ét, er eksponering overensstemmende.
Elektromagnetisk spektrum	Det elektromagnetiske spektrum er området af alle mulige frekvenser af elektromagnetisk stråling. Spektret varierer fra korte bølgelængder, som f.eks. røntgenstråler, over synlig stråling til længere bølgelængder fra mikrobølger, TV-bølger og radiobølger.
Elektromagnetisk stråling	Elektromagnetisk stråling er en form for stråling med både elektriske og magnetiske feltkomponenter, der kan beskrives som bølger, der spredes med lysets hastighed. Under visse omstændigheder findes elektromagnetisk stråling som partikler, også kaldet fotoner.
Fare	Noget, som potentielt kan forårsage skade. Faren kan være for mennesker, ejendom eller miljøet.
Fejlsikker	En fejlsikker komponent er en komponent, som ikke forøger faren, hvis den svingter, dvs. den svingter i sikker tilstand. I fejltilstand kan systemet ikke anvendes eller er ikke farligt.
Fosfener	Lysglimt, der opfattes af en person uden belysning på vedkommendes øjne
Frekvens	Antallet af cyklusser pr. tidsenhed i en svingning. Symbol: f Enhed: Hz
Hændelse, som med rimelighed kan forudses	Forekomsten af en hændelse, der under bestemte omstændigheder kan forudses rimeligt nøjagtigt, og hvis sandsynlighed eller hyppighed ikke er lav eller meget lav
Ikkeioniserende stråling	Stråling, der ikke producerer ionisering i biologisk væv. Eksempler er ultraviolet stråling, infrarød stråling og radiofrekvensstråling.
Induktion	Induktion (elektromagnetisk) er produktionen af spænding på tværs af en elektrisk leder, der udsættes for et tidsvarierende magnetisk felt.
Industriel elektrolyse	En storskalaprocess, hvor en elektrisk strøm stimulerer en ellers ikke-spontan kemisk reaktion
International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)	Et organ af uafhængige videnskabelige eksperter, der har til formål at formidle information og rådgivning om de potentielle sundhedsfarer ved eksponering for ikkeioniserende stråling
Joule	Enhed for energi, der svarer til den mængde energi, der forbruges af en kraft på én newton til at flytte en genstand en meter. Symbol: J
Kontaktstrøm	Den elektriske strøm, der løber i en person, når vedkommende berører en ledende genstand i et elektromagnetisk felt

Magnetisk resonansbilleddannelse	En medicinsk billeddannelsesteknik, der anvender stærke magnetiske felter og højfrekvente elektromagnetiske felter til at producere detaljerede billeder i kroppen
Magnetpulverundersøgelse	En metode til at finde revner og andre defekter i et magnetisk materiale ved brug af magnetpulver og magnetiske felter
Ortogonal	Ved rette vinkler (90 grader)
Produktstandard	Dokument, der angiver væsentlige karakteristika for et produkt, så der kan opnås ensartet produktion og interoperabilitet
Radiofrekvensstråling	Elektromagnetisk stråling, der ofte defineres som stråling med frekvenser mellem 100 kHz og 300 GHz
Risiko	Sandsynligheden for skade eller beskadigelse
Risikofaktor	Produktet af sandsynligheden for, at en farlig hændelse vil forekomme, og det resultat eller den skade, der vil opstå som følge heraf
Sikkerhedsafbryder	En mekanisk, elektrisk eller anden type anordning, der har til formål at hindre brug af udstyr under angivne betingelser
Sinusformet	Variierende på en måde, der kan gengives med den trigonometriske sinusfunktion
Spænding	Enheden for elektrisk potentialdifferens. Symbol: V
Strømtæthed	Den elektriske strøm eller flowet af elektrisk ladning gennem et ledende medie, f.eks. væv, pr. tværsnitsarealenhed. Enhed: ampere pr. kvadratmeter. Symbol: A/m ²
Teknisk kontrol	Bevidst planlagte tekniske sikkerhedsforanstaltninger, der bør anvendes som grundlæggende metode til at mindske eksponeringen for stråling; en fysisk metode til at hindre adgang til stråling
Teknisk standard	Dokument, der angiver en standardmetode i forbindelse med en proces
Transmission	Passage af stråling gennem et medie. Hvis ikke al stråling absorberes, betegnes den del, der passerer gennem, som transmitteret. Afhænger af bølgelængde, polarisering, strålingsintensitet og transmissionsmateriale.
Undtagelse	Lempelse af en lov eller forskrift under bestemte omstændigheder
Walkie-talkie	Et håndholdt apparat til tovejskommunikation, der fungerer på radiofrekvensbånd uden licens. Kaldes også en håndholdt transceiver.
Watt	Effektenhed, der svarer til en joule energi pr. sekund. Symbol: W
Wi-Fi	Et system til at etablere forbindelse mellem elektronisk udstyr, f.eks. computere, og et lokalt netværk ved brug af radiofrekvenskommunikation

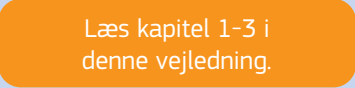


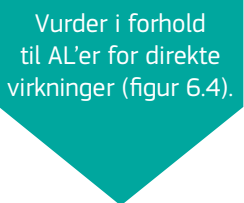
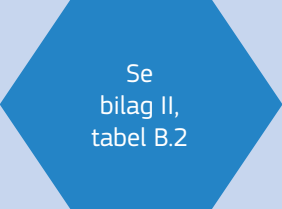
J.2. Forkortelser

AIMD	Aktivt implanteret medicinsk udstyr
AL	Aktionsniveau
AM	Amplitudemodulation
BSS	Basic Safety Standards (grundlæggende sikkerhedsstandarder)
Cenelec	Den Europæiske Komité for Elektroteknisk Standardisering
CNS	Centralnervesystemet
DECT	Digital European Cordless Telecommunications (digital europæisk trådløs telekommunikation)
DVD	Digital versatile disc (digital videodisk)
EI	Eksponeringsindeks

ELF	Ekstrem lav frekvens
ELV	Eksponeringsgrænseværdi
EMF	Elektromagnetiske felter
ERP	Effective Radiated Power (effektiv udstrålet effekt)
FD	Finite Difference (endelig differens)
FDTD	Finite Difference in the Time Domain (endelig differensitidsdomænet)
FEM	Finite Element Method (finite element-metoden)
HF	Høj frekvens
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
IR	Infrarød
IT	Informationsteknologi
LF	Lav frekvens
MF	Mellemfrekvens
MFR	Multifrekvensmetoden
MRI	Magnetic Resonance Imaging (magnetisk resonansbilleddannelse)
NMR	Nuclear Magnetic Resonance (kernemagnetisk resonans)
OIRA	Interaktiv risikovurdering online
RC	Resistor capacitor
RF	Radiofrekvens
RFID	Radiofrekvensidentifikation
RMS	Root-mean-square (kvadratisk middel)
SA	Specifik absorption
SAR	Specifik energiabsorptionshastighed
SHF	Super høj frekvens
SPFD	Scalar-potential Finite-Difference (skalar-potential differens)
STD	Shaped Time Domain (formtidsdomæne)
TETRA	Terrestrial Trunked Radio (jordbaseret trunket radio)
TV	Television (fjernsyn)
UHF	Ultrahøj frekvens
UV	Ultraviolet
VHF	Very High Frequency (meget høj frekvens)
VLF	Very Low Frequency (meget lav frekvens)
WBSAR	Whole-Body Averaged SAR (middelværdi-SAR for hele kroppen)
WLAN	Wireless Local Area Network (trådløst lokalnet)
WPM	Weighted Peak Method (metoden for vægtet spidsværdi)

J.3. Flowdiagramssymboler

Tabel J.3. Flowdiagramssymboler anvendt i vejledningen

Symbol	Beskrivelse	Betydningen i denne vejledning
	Terminator	Angiver en procedures start og slut.
	Beslutning	Stiller et spørgsmål for at vejlede brugeren til en af to mulige veje markeret med ja og nej.
	Proces	Angiver den proces, der skal gennemføres for at komme videre.
	Link til anden side	Bruges til at henvise et andet flowdiagram. Disse er farvekodede for at angive punkterne for start og slut.
	Forberedelse	Fortæller brugeren, hvilke forberedelser der skal gøres inden dette afsnit af flowdiagrammet. Er knyttet til en farvekodet boks.

BILAG K. BIBLIOGRAFI

K.1. Kapitel 5 — Risikovurdering inden for rammerne af EMF-direktivet

Occupational Health and Safety Management Systems — Guidelines for the implementation of OHSAS 18001. PHSAS 18002:2000.

ForschungsBericht 400-E, Electromagnetic fields at workplaces — A new scientific approach to occupational health and safety. ISSN 0174-4992.

K.2. Kapitel 9 — Forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger

ISO (Den Internationale Standardiseringsorganisation) (2011). Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Registered safety signs. ISO7010.

Melton, G. og Shaw, R. (2014), *Electromagnetic fields in the welding environment*, RR1018, HSE, London.

K.3. Kapitel 11 — Risici, symptomer og helbredsovervågning

Alanko, T., Lindholm, H., Jungewelter, S., Tiikkaja, M. og Hietanen, M. (2014), *Operating model for managing accidental overexposure to RF- fields*, Helsingfors, det finske arbejdsmiljøinstitut. ISBN 978-952-261-393-6.

K.4. Bilag D — Vurdering af eksponering

De Santis, V., Chen, X. L., Laakso, I. og Hirata, A. (2013), »On the issues related to compliance of LF pulsed exposures with safety standards and guidelines«, *Phys Med Biol*, Vol. 58, s. 8597-8607.

HVBG (2001), Accident Prevention Regulation Electromagnetic Fields. BGVB11 <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/v-b11.pdf>

Heinrich, H. (2007), »Assessment of non-sinusoidal, pulsed, or intermittent exposure to low frequency electric and magnetic fields«, *Health Phys*, Vol. 92, nr. 6, s. 541-6.

ICNIRP (1998), »ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic fields and electromagnetic fields (up to 300 GHz)«, *Health Phys*, Vol. 74, nr. 4, s. 494-522.

ICNIRP (2010), »ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz-100 kHz)«, *Health Phys*, Vol. 99, nr. 6, s. 818-836.

ICNIRP (2014), »ICNIRP guidelines for limiting exposure to electric fields induced by movement of the human body in a static magnetic field and by time-varying magnetic fields below 1 Hz«, *Health Phys*, Vol. 106, nr. 3, s. 418-425.

ISO/IEC Guide 98-3:2008, Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995).

Jokela, K. (2000), »Restricting exposure to pulsed and broadband magnetic fields«, *Health Phys*, Vol. 79, nr. 4, s. 373-88.

K.5. Bilag E — Indirekte virkninger og særligt udsatte arbejdstagere

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) (2012). Beeinflussung von implantaten durch elektromagnetische felder. BGI/GUV-I 5111.

NRPB (2004), »Review of the scientific evidence for limiting exposure to electromagnetic fields (0-300GHz)«, *Documents of the NRPB*, Vol. 15, nr. 3.

K.6. Bilag F — Vejledning om MRI

Calamante, F., Faulkner, WH Jr, Ittermann, B., Kanal, E., Kimbrell, V., Owman, T., Reeder, S.B., Sawyer, A.M., Shellock, F.G. og van den Brink, J.S. på vegne af ISMRM Safety Committee (2014), »MR system operator: minimum requirements for performing MRI in human subjects in a research setting«, *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, doi: 10.1002/jmri.24717.

Capstick, M., McRobbie, D., Hand, J., Christ, A., Kühn, S., Hansson Mild, K., Cabot, E., Li, Y., Melzer, A., Papadaki, A., Prüssmann, K., Quest, R., Rea, M., Ryf, S., Oberle, M. og Kuster, N. (2008), »An investigation into occupational exposure to electromagnetic fields for personnel working with and around medical magnetic resonance imaging equipment«, Project Report VT/2007/017.

Cenelec (Den Europæiske Komité for Elektroteknisk Standardisering). Medical electrical equipment — Part 2-33: Particular requirements for the basic safety and essential performance of magnetic resonance equipment for medical diagnosis. EN60601-2-33.

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (2004), »Medical magnetic resonance (MR) procedures: protection of patients«, *Health Phys*, Vol. 87, s. 197-216.

ICNIRP (2009), »Amendment to the ICNIRP 'statement on medical magnetic resonance (MR) procedures: protection of patients«, *Health Phys*, Vol. 97, nr. 3, s. 259-261.

McRobbie, DW (2012), »Occupational exposure in MRI«, *Br J Radiol*, Vol. 85, s. 293-312.

MRI Working Group (2008), *Using MRI safely — practical rules for employees*, RIVM, Bilthoven, Nederlandene.

Stam, R. (2008), *The EMF Directive and protection of MRI workers*, RIVM Report 610703001/2008, RIVM, Bilthoven, Nederlandene.

Stam, R. (2014), »The revised electromagnetic fields directive and worker exposure in environments with high magnetic flux densities«, *Ann Occup Hyg*, Vol. 58, nr. 5, s. 529-541.

BILAG L. DIREKTIV 2013/35/EU

I

(Lovgivningsmæssige retsakter)

DIREKTIVER

EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2013/35/EU

af 26. juni 2013

om minimumsforskrifter for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejdstagernes eksponering for risici på grund af fysiske agenser (elektromagnetiske felter) (20. særdirektiv i henhold til artikel 16, stk. 1, i direktiv 89/391/EØF) og om ophævelse af direktiv 2004/40/EF

EUROPA-PARLAMENTET OG RÅDET FOR DEN EUROPÆISKE UNION
HAR —

under henvisning til traktaten om Den Europæiske Unions
funktionsmåde, særlig artikel 153, stk. 2,

under henvisning til forslag fra Europa-Kommissionen,

efter fremsendelse af udkast til lovgivningsmæssig retsakt til de
nationale parlamenter,

under henvisning til udtalelse fra Det Europæiske Økonomiske
og Sociale Udvalg ⁽¹⁾,

efter høring af Regionsudvalget,

efter den almindelige lovgivningsprocedure ⁽²⁾, og

ud fra følgende betragtninger:

- (1) I henhold til traktaten kan Europa-Parlamentet og Rådet ved udstedelse af direktiver vedtage minimumsforskrifter med henblik på forbedring af især arbejdsmiljøet for at sikre et højere niveau for beskyttelse af arbejdstagernes sikkerhed og sundhed. I disse direktiver skal det undgås at pålægge administrative, finansielle og retlige byrder af en sådan art, at de hæmmer oprettelse og udvikling af små og mellemstore virksomheder.
- (2) I artikel 31, stk. 1, i Den Europæiske Unions charter om grundlæggende rettigheder, hedder det, at enhver arbejdstager har ret til sunde, sikre og værdige arbejdsforhold.

(3) Efter ikrafttrædelsen af 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) ⁽³⁾ udtrykte de interesserede parter, navnlig fra medicinske kredse, alvorlige betænkeligheder ved de eventuelle virkninger af gennemførelsen af direktivet for medicinske procedurer baseret på medicinsk billeddannelse. Der blev ligeledes udtrykt betænkeligheder ved direktivets virkninger for visse industrielle aktiviteter.

(4) Kommissionen undersøgte nøje de argumenter, som de interesserede parter fremsatte, og besluttede efter adskillige høringer at tage nogle af bestemmelserne i direktiv 2004/40/EF op til grundig genovervejelse på basis af nye videnskabelige oplysninger fra internationalt anerkendte eksperter.

(5) Direktiv 2004/40/EF blev ændret ved Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2008/46/EF ⁽⁴⁾ med det formål at forlænge fristen for gennemførelsen af Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2004/40/EF med fire år og efterfølgende ved direktiv 2012/11/EU ⁽⁵⁾ med det formål at forlænge denne gennemførelsesfrist indtil den 31. oktober 2013. Dette skulle give Kommissionen mulighed for at fremlægge et nyt forslag og medlovgiverne for at vedtage et nyt direktiv baseret på nyere og mere solid dokumentation.

(6) Direktiv 2004/40/EF bør ophæves, og der bør indføres mere hensigtsmæssige og forholdsmæssige foranstaltninger til at beskytte arbejdstagerne mod de risici, der er forbundet med elektromagnetiske felter. Nævnte direktiv omhandlede ikke de langsigtede virkninger, herunder de mulige kræftfremkaldende virkninger af eksponering for tidsvarierende elektriske,

⁽¹⁾ EUT C 43 af 15.2.2012, s. 47.

⁽²⁾ Europa-Parlamentets holdning af 11.6.2013 (endnu ikke offentliggjort i EUT) og Rådets afgørelse af 20.6.2013.

⁽³⁾ EUT L 159 af 30.4.2004, s. 1.

⁽⁴⁾ EUT L 114 af 26.4.2008, s. 88.

⁽⁵⁾ EUT L 110 af 24.4.2012, s. 1.

- magnetiske og elektromagnetiske felter, hvor der i øjeblikket ikke findes afgørende videnskabeligt bevis for en kausal sammenhæng. Nærværende direktiv bør tage højde for alle kendte direkte biofysiske virkninger og indirekte virkninger, som udløses af elektromagnetiske felter, ikke blot for at sikre den enkelte arbejdstagers sundhed og sikkerhed, men ligeledes for at bidrage til fastlæggelse af et minimumsbeskyttelsesniveau for alle arbejdstagere i Unionen, samtidig med at en eventuel konkurrenceforvridning undgås.
- (7) Dette direktiv omhandler ikke de potentielle langsigtede virkninger af eksponering for elektromagnetiske felter, da der i øjeblikket ikke foreligger veldokumenteret videnskabeligt bevis for en kausal sammenhæng. Fremkommer der imidlertid sådant veldokumenteret videnskabeligt bevis, bør Kommissionen overveje de mest hensigtsmæssige måder at håndtere sådanne virkninger på og holde Europa-Parlamentet og Rådet orienteret herom gennem sin rapport om den praktiske gennemførelse af dette direktiv. I den forbindelse bør Kommissionen, udover relevante oplysninger, som den modtager fra medlemsstaterne, tage hensyn til den seneste tilgængelige forskning og ny videnskabelige viden som følge af data på dette område.
- (8) Der bør fastsættes minimumsforskrifter, så medlemsstaterne har mulighed for at opretholde eller vedtage mere gunstige bestemmelser til beskyttelse af arbejdstagerne, navnlig ved fastsættelse af lavere værdier for aktionsniveauerne (AL'er) eller eksponeringsgrænseværdierne for elektromagnetiske felter. Gennemførelsen af dette direktiv bør dog ikke anvendes som begrundelse for en forringelse af eksisterende vilkår på dette felt i de enkelte medlemsstater.
- (9) Systemet til beskyttelse mod elektromagnetiske felter bør begrænses til en definition, som bør være fri for unødige detaljer, af de mål, der skal nås, de principper, der skal overholdes, og de grundlæggende værdier, der skal anvendes, for at gøre det muligt for medlemsstaterne at gennemføre minimumsforskrifterne på en ensartet måde.
- (10) Med henblik på at beskytte arbejdstagere, der er eksponeret for elektromagnetiske felter, er det nødvendigt at gennemføre en effektiv risikovurdering. Denne forpligtelse bør dog være proportional med de forhold, der gør sig gældende på arbejdsstedet. Der bør derfor udarbejdes et beskyttelsessystem, der grupperer forskellige risici på en enkel, gradueret og letforståelig måde. Henvielse til en række indikatorer og standardsituationer fremlagt i praktiske vejledninger kan således hjælpe arbejdsgiverne med at opfylde deres forpligtelser.
- (11) De uønskede påvirkninger af det menneskelige legeme afhænger af frekvensen af det magnetiske felt eller den stråling, det eksponeres for. Systemerne for eksponeringsbegrænsning skal derfor være eksponeringsmønstre- og frekvensafhængige for i passende omfang at beskytte arbejdstagere, der er eksponeret for elektromagnetiske felter.
- (12) En begrænsning af niveauet for eksponering for elektromagnetiske felter gennemføres mest effektivt ved iværksættelse af forebyggelsesforanstaltninger allerede ved planlægningen af arbejdspladserne og ved at prioritere begrænsning af risici ved kilden, når arbejdsudstyr, -fremgangsmåder og -metoder vælges. Bestemmelser om arbejdsmetoder og -udstyr bidrager derved til beskyttelsen af de arbejdstagere, der anvender dem. Dobbeltvurderinger bør imidlertid undgås, hvor arbejdsudstyr opfylder kravene i relevant EU-lovgivning om produkter, som fastsætter strengere sikkerhedsniveauer end dem, der er fastsat i dette direktiv. Dette åbner mulighed for forenklet vurdering i en lang række tilfælde.
- (13) Arbejdsgiverne bør foretage tilpasninger i lyset af den tekniske udvikling og den videnskabelige viden for så vidt angår risici i forbindelse med eksponering for elektromagnetiske felter med henblik på at forbedre beskyttelsen af arbejdstagernes sikkerhed og sundhed.
- (14) Eftersom dette direktiv er et særdirektiv i henhold til artikel 16, stk. 1, i Rådets direktiv 89/391/EØF af 12. juni 1989 om iværksættelse af foranstaltninger til forbedring af arbejdstagernes sikkerhed og sundhed under arbejdet⁽¹⁾, følger det, at direktiv 89/391/EØF finder anvendelse på spørgsmål vedrørende arbejdstagernes eksponering for elektromagnetiske felter, med forbehold af strengere og/eller mere specifikke bestemmelser i nærværende direktiv.
- (15) De fysiske størrelser, eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer, der er fastsat i dette direktiv, er baseret på henstillingerne fra Den Internationale Kommission for Beskyttelse mod Ikke-ioniserende Stråling (ICNIRP) og bør anvendes i overensstemmelse med ICNIRP's begreber, med mindre dette direktiv fastsætter andet.
- (16) Med henblik på at sikre at dette direktiv ajourføres løbende, bør beføjelsen til at vedtage retsakter delegeres til Kommissionen i overensstemmelse med artikel 290 i traktaten om Den Europæiske Unions funktionsmåde, for så vidt angår rent tekniske ændringer af bilagene for at afspejle vedtagelsen af forordninger og direktiver inden for teknisk harmonisering og standardisering, den tekniske udvikling, ændringer i de mest relevante standarder eller specifikationer og nye videnskabelige resultater vedrørende de farer, der er forbundet med elektromagnetiske felter, samt for at tilpasse aktionsniveauerne. Det er navnlig vigtigt, at Kommissionen gennemfører relevante høringer under sit forberedende arbejde, herunder på ekspertniveau. Kommissionen bør i forbindelse med forberedelsen og udarbejdelsen af delegerede retsakter sørge for samtidig, rettidig og hensigtsmæssig fremsendelse af relevante dokumenter til Europa-Parlamentet og Rådet.

(¹) EFT L 183 af 29.6.1989, s. 1.

- (17) Såfremt rent tekniske ændringer af bilagene bliver nødvendige, bør Kommissionen arbejde tæt sammen med Det Rådgivende Udvalg for Sikkerhed og Sundhed på Arbejdspladsen, som blev nedsat ved Rådets afgørelse af 22. juli 2003 ⁽¹⁾.
- (18) Der bør i ekstraordinære tilfælde, hvor det er påkrævet af særligt hastende årsager, såsom mulige umiddelbare risici for arbejdstagernes sundhed og sikkerhed på grund af deres eksponering for elektromagnetiske felter, gives mulighed for at anvende hasteproceduren på delegerede retsakter, som vedtages af Kommissionen.
- (19) I overensstemmelse med den fælles politiske erklæring af 28. september 2011 fra medlemsstaterne og Kommissionen om forklarende dokumenter ⁽²⁾ har medlemsstaterne forpligtet sig til i begrundede tilfælde at lade meddelelsen af deres gennemførelsesforanstaltninger ledsage af et eller flere dokumenter, der forklarer forholdet mellem et direktivs bestanddele og de tilsvarende dele i de nationale gennemførelsesinstrumenter. Med hensyn til dette direktiv finder lovgiveren, at fremsendelsen af sådanne dokumenter er begrundet.
- (20) Et system, der omfatter eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer bør, hvis det er relevant, ses som et middel til at fremme tilvejebringelsen af et højt beskyttelsesniveau mod de sundhedsskadelige virkninger og sikkerhedsrisici, der kan være forbundet med eksponering for elektromagnetiske felter. Et sådant system kan dog komme i konflikt med særlige betingelser i forbindelse med visse aktiviteter som f.eks. anvendelsen af magnetisk resonansteknik i sundhedssektoren. Det er derfor nødvendigt at tage højde for disse særlige betingelser.
- (21) I betragtning af de væbnede styrkers særlige karakteristika og for at gøre det muligt for dem at operere og interoperere effektivt, herunder under fælles internationale militærøvelser, bør medlemsstaterne kunne gennemføre tilsvarende eller mere specifikke beskyttelsessystemer, f.eks. internationalt aftalte standarder såsom NATO-standarder, forudsat at sundhedsskadelige virkninger og sikkerhedsrisici undgås.
- (22) Arbejdsgiverne bør forpligtes til at sikre, at risici forbundet med elektromagnetiske felter på arbejdspladsen fjernes eller begrænses til et minimum. Ikke desto mindre er det muligt, at de eksponeringsgrænseværdier, der er fastsat i dette direktiv, i særlige tilfælde og under behørigt begrundede omstændigheder, kun midlertidigt overskrides. I så fald bør arbejdsgiverne forpligtes til at træffe de nødvendige foranstaltninger til så hurtigt som muligt igen at overholde eksponeringsgrænseværdierne.
- (23) Et system, der sikrer et højt beskyttelsesniveau hvad angår de sundhedsskadelige virkninger og sikkerhedsrisici, der kan være forbundet med eksponering for elektromagnetiske felter, bør tage behørigt hensyn til specifikke grupper af særligt udsatte arbejdstagere og udelukke

interferens med eller påvirkning af funktionen af medicinsk udstyr, såsom metalproteser, pacemakere og defibrillatorer, øresneglsimplantater og andre implantater eller andet kropsbåret medicinsk udstyr. Der kan navnlig ved pacemakere opstå interferens ved niveauer, som ligger under aktionsniveauerne, og der bør derfor træffes passende forholdsregler og beskyttelsesforanstaltninger —

VEDTAGET DETTE DIREKTIV:

KAPITEL I

GENERELLE BESTEMMELSER

Artikel 1

Genstand og anvendelsesområde

1. Ved dette direktiv, som er det 20. særdirektiv i henhold til artikel 16, stk. 1, i direktiv 89/391/EØF, fastsættes minimumskrav til beskyttelse af arbejdstagerne mod risici for deres sundhed og sikkerhed, som opstår eller kan opstå som følge af eksponering for elektromagnetiske felter under arbejdet.

2. Dette direktiv omfatter alle kendte direkte biofysiske virkninger og indirekte virkninger, som forårsages af elektromagnetiske felter.

3. De eksponeringsgrænseværdier, der er fastsat i dette direktiv, omfatter kun videnskabeligt veldokumenterede forbindelser mellem kortsigtede direkte biofysiske virkninger og eksponeringen for elektromagnetiske felter.

4. Dette direktiv omfatter ikke potentielle langsigtede virkninger.

Kommissionen følger løbende den seneste videnskabelige udvikling. Såfremt veldokumenteret videnskabeligt bevis for langsigtede virkninger bliver tilgængeligt, skal Kommissionen overveje et hensigtsmæssigt politisk tiltag, herunder, hvis det er relevant, forelæggelse af et lovgivningsmæssigt forslag for at tage højde for sådanne virkninger. Kommissionen holder Europa-Parlamentet og Rådet orienteret herom gennem sin rapport, jf. artikel 15.

5. Dette direktiv omfatter ikke de risici, der opstår som følge af kontakt med spændingsførende ledere.

6. Med forbehold af strengere eller mere specifikke bestemmelser i dette direktiv, finder direktiv 89/391/EØF fortsat fuldt ud anvendelse på hele det i stk. 1 nævnte område.

Artikel 2

Definitioner

I dette direktiv forstås ved:

- a) »elektromagnetiske felter«: statiske elektriske, statiske magnetiske og tidsvarierende elektriske, magnetiske og elektromagnetiske felter med frekvenser op til 300 GHz

⁽¹⁾ EUT C 218 af 13.9.2003, s. 1.

⁽²⁾ EUT C 369 af 17.12.2011, s. 14.

- b) »direkte biofysiske virkninger«: virkninger for det menneskelige legeme, som er direkte forårsaget af dets tilstedeværelse i et elektromagnetisk felt, herunder:
- i) termiske virkninger, f.eks. opvarmning af væv gennem energiabsorption fra elektromagnetiske felter i vævet
 - ii) ikke-termiske virkninger, f.eks. stimulering af muskler, nerver eller sanseorganer. Disse virkninger kan indvirke negativt på de eksponerede arbejdstageres psykiske og fysiske sundhed. Stimuleringen af sanseorganer kan desuden føre til forbigående symptomer som f.eks. svimmelhed eller fofener. Disse virkninger kan forårsage midlertidige gener eller påvirke kognition eller andre hjerne- eller muskelfunktioner og kan dermed påvirke en arbejdstagers evne til at arbejde sikkert (dvs. sikkerhedsrisici), samt
 - iii) strøm i lemmer
- c) »indirekte virkninger«: virkninger forårsaget af en genstands tilstedeværelse i et elektromagnetisk felt, som kan medføre en sikkerheds- eller sundhedsfare, f.eks.:
- i) interferens med elektromedicinske apparater og udstyr herunder pacemakere og andre implantater eller andet kropsbåret medicinsk udstyr
 - ii) projektilrisiko ved ferromagnetiske genstande i statiske magnetfelter
 - iii) initiering af elektro-eksplosive anordninger (detonatorer)
 - iv) brande og eksplosioner som følge af antænding af brandfarlige materialer ved gnister forårsaget af inducerede felter, kontaktstrøm eller gnistudladninger, og
 - v) kontaktstrøm
- d) »eksponeringsgrænseværdier«: værdier fastsat ud fra biofysiske og biologiske overvejelser, særlig på grundlag af videnskabeligt veletablerede kortsigtede og akutte direkte virkninger, dvs. termiske virkninger og elektrisk stimulering af væv
- e) »eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger«: de eksponeringsgrænseværdier, over hvilke arbejdstagerne kan blive udsat for sundhedsskadelige virkninger som f.eks. termisk opvarmning eller stimulering af nerve- og muskelvæv
- f) »eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger«: de eksponeringsgrænseværdier, over hvilke arbejdstagerne kan blive udsat for forbigående sanseforstyrrelser og mindre ændringer i hjernefunktionerne
- g) »aktionsniveauer« (AL'er): operationelle niveauer, der er fastsat for at gøre det lettere at påvise, at de relevante eksponeringsgrænseværdier er overholdt, eller i givet fald at træffe de relevante beskyttelses- eller forebyggelsesforanstaltninger, der er fastsat i dette direktiv.

I bilag II anvendes følgende terminologi for aktionsniveauer:

- i) i forbindelse med elektriske felter forstås der ved »lave AL'er« og »høje AL'er« de niveauer, som vedrører de særlige beskyttelses- og forebyggelsesforanstaltninger, der er fastsat i dette direktiv, og
- ii) i forbindelse med magnetfelter forstås der ved »lave AL'er« de niveauer, som vedrører eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger, og »høje AL'er« de niveauer, som vedrører eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger.

Artikel 3

Eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer

1. Fysiske størrelser vedrørende eksponering for elektromagnetiske felter er angivet i bilag I. Eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger, eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger og aktionsniveauerne er fastsat i bilag II og III.

2. Medlemsstaterne kræver, at arbejdsgiverne sikrer, at arbejdstagernes eksponering for elektromagnetiske felter begrænses til de eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger og eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger, som er fastsat i bilag II for så vidt angår de ikke-termiske virkninger, og i bilag III for så vidt angår de termiske virkninger. Overholdelsen af eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger og eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger skal påvises ved brug af de relevante procedurer for vurdering af eksponeringen, jf. artikel 4. Overskrider arbejdstagernes eksponering for elektromagnetiske felter eksponeringsgrænseværdierne, skal arbejdsgiveren straks træffe foranstaltninger i overensstemmelse med artikel 5, stk. 8.

3. Med henblik på dette direktiv anses arbejdsgiveren for at overholde eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger og eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger, når det påvises, at de relevante aktionsniveauer i bilag II og III ikke overskrides. Overskrider eksponeringen aktionsniveauerne, skal arbejdsgiveren handle i overensstemmelse med artikel 5, stk. 2, medmindre den vurdering, der foretages i overensstemmelse med artikel 4, stk. 1, 2 og 3, påviser, at de relevante eksponeringsgrænseværdier ikke overskrides, og at sikkerhedsrisici kan udelukkes.

Uanset første afsnit kan eksponeringen dog overskride:

- a) lave AL'er for elektriske felter (bilag II, tabel B1), når dette er begrundet af praksis eller af processen, forudsat at enten eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger (bilag II, tabel A3) ikke overskrides, eller
- i) eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger (bilag II, tabel A2) ikke overskrides

- ii) meget store gnistudladninger og kontaktstrøm (bilag II, tabel B3) undgås gennem særlige beskyttelsesforanstaltninger, jf. artikel 5, stk. 6, og
 - iii) arbejdstagerne er blevet informeret om de situationer, der er omhandlet i artikel 6, litra f)
- b) lave AL'er for magnetiske felter (bilag II, tabel B2), når dette er begrundet af praksis eller af processen, herunder i hoved og torso, i løbet af arbejdsdagen, forudsat at enten eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger (bilag II, tabel A3) ikke overskrides, eller
- i) overskridelsen af eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger er kun midlertidig
 - ii) eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger (bilag II, tabel A2) ikke overskrides
 - iii) der træffes foranstaltninger i overensstemmelse med artikel 5, stk. 9, i tilfælde af forbigående symptomer i henhold til nævnte stykke, litra a), og
 - iv) arbejdstagerne er blevet informeret om de situationer, der er omhandlet i artikel 6, litra f).
4. Uanset stk. 2 og stk. 3 kan eksponeringen dog overskride:
- a) eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger (bilag II, tabel A1) under arbejdet, når dette er begrundet af praksis eller af processen, forudsat at:
 - i) de kun overskrides midlertidigt
 - ii) eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger (bilag II, tabel A1) ikke overskrides
 - iii) der er truffet særlige beskyttelsesforanstaltninger i henhold til artikel 5, stk. 7
 - iv) der træffes foranstaltninger i overensstemmelse med artikel 5, stk. 9, i tilfælde af forbigående symptomer i henhold til nævnte stykke, litra b), og
 - v) arbejdstagerne er blevet informeret om de situationer, der er omhandlet i artikel 6, litra f)
 - b) eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger (bilag II, tabel A3, og bilag III, tabel A2) under arbejdet, når dette er begrundet af praksis eller af processen, forudsat at:
 - i) de kun overskrides midlertidigt
 - ii) eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger (bilag II, tabel A2 og bilag III, tabel A1 og tabel A3) ikke overskrides

iii) der træffes foranstaltninger i henhold til artikel 5, stk. 9, i tilfælde af forbigående symptomer i henhold til nævnte stykke, litra a), og

iv) arbejdstagerne er blevet informeret om de situationer, der er omhandlet i artikel 6, litra f).

KAPITEL II

ARBEJDSGIVERNES FORPLIGTELSE

Artikel 4

Vurdering af risici og identificering af eksponering

1. Ved opfyldelsen forpligtelserne i artikel 6, stk. 3, og artikel 9, stk. 1, i direktiv 89/391/EØF skal arbejdsgiveren vurdere alle risici for arbejdstagerne som følge af elektromagnetiske felter på arbejdsstedet og om nødvendigt måle eller beregne arbejdstagernes eksponering for elektromagnetiske felter.

Denne vurdering kan på anmodning offentliggøres i overensstemmelse med den relevante EU-lovgivning og nationale lovgivning, jf. dog artikel 10 i direktiv 89/391/EØF og artikel 6 i nærværende direktiv. Især ved behandling af ansattes personoplysninger under en sådan vurdering skal enhver offentliggørelse opfylde kravene i Europa-Parlamentet og Rådets direktiv 95/46/EF af 24. oktober 1995 om beskyttelse af fysiske personer i forbindelse med behandling af personoplysninger og om fri udveksling af sådanne oplysninger⁽¹⁾ og medlemsstaternes nationale lovgivning, der gennemfører nævnte direktiv. Medmindre der er en mere tungtvejende offentlig interesse i videregivelse, kan offentlige myndigheder, der er i besiddelse af en kopi af vurderingen, afvise en anmodning om adgang til vurderingen eller en anmodning om at offentliggøre den, hvis videregivelse ville skade beskyttelsen af arbejdsgiverens forretningsmæssige interesser, herunder interesser i forbindelse med intellektuel ejendomsret. Arbejdsgiveren kan på de samme betingelser afvise at videregive eller offentliggøre vurderingen i overensstemmelse med den relevante EU-lovgivning og nationale lovgivning.

2. Med henblik på vurderingen i stk. 1 i nærværende artikel skal arbejdsgiveren identificere og vurdere elektromagnetiske felter på arbejdsstedet under hensyntagen til de relevante praktiske vejledninger, jf. artikel 14, og andre relevante standarder eller retningslinjer fra den berørte medlemsstat, herunder eksponeringsdatabaser. Uanset arbejdsgiverens forpligtelser i henhold til nærværende artikel, er arbejdsgiveren, når det er relevant, også berettiget til at tage de emissionsniveauer og andre passende sikkerhedsrelaterede data, som fabrikanter eller distributører har oplyst for udstyret i overensstemmelse med relevant EU-lovgivning, i betragtning, herunder en vurdering af risici, hvis det er relevant for eksponeringsbetingelserne på arbejdsstedet eller installationsstedet.

3. Kan overholdelsen af eksponeringsgrænseværdierne ikke fastslås pålideligt ud fra lettilgængelige oplysninger, skal vurderingen af eksponeringen foretages på grundlag af målinger eller beregninger. I så fald skal der ved vurderingen tages hensyn til unøjagtigheder i målingen eller beregningen, som f.eks. numeriske fejl, kildemodell, fantomgeometri og de elektriske egenskaber ved væv og materialer i overensstemmelse med relevant god praksis.

⁽¹⁾ EFT L 281 af 23.11.1995, s. 31.

4. Den i stk. 1, 2 og 3 i nærværende artikel, omhandlede vurdering, måling og beregning planlægges og gennemføres med passende mellemrum af de kompetente tjenester eller personer under hensyn til den vejledning, der gives i dette direktiv, og navnlig under hensyn til artikel 7 og 11 i direktiv 89/391/EØF om den krævede kompetente sagkundskab samt høring og deltagelse af arbejdstagerne. Resultaterne af vurderingen, målingen eller beregningen af eksponeringen skal opbevares i en passende form, der kan spores, så de senere kan konsulteres, i overensstemmelse med national lovgivning og praksis.

5. Ved gennemførelse af risikovurderingen i henhold til artikel 6, stk. 3, i direktiv 89/391/EØF skal arbejdsgiveren være særlig opmærksom på følgende:

- a) de eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger, eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger og aktionsniveauer, der er omhandlet i nærværende direktivs artikel 3 og bilag II og III
- b) eksponeringens frekvens, niveau, varighed og type, herunder fordelingen over arbejdstagerens krop og på arbejdsstedet
- c) enhver direkte biofysisk virkning
- d) enhver virkning på særligt udsatte arbejdstageres sundhed og sikkerhed, navnlig arbejdstagere med aktivt eller passivt, implanteret medicinsk udstyr som f.eks. pacemakere, arbejdstagere med kropsbåret medicinsk udstyr, som f.eks. insulinpumper, og gravide arbejdstagere
- e) enhver indirekte virkning
- f) muligheden for i stedet at anvende erstatningsudstyr, som er udformet med henblik på at begrænse eksponering for elektromagnetiske felter
- g) relevante oplysninger, der er indsamlet i forbindelse med helbredsovervågningen, jf. artikel 8
- h) oplysninger, som fabrikanten af udstyret har givet
- i) andre relevante sundheds- og sikkerhedsrelaterede oplysninger
- j) flere eksponeringskilder
- k) samtidig eksponering for felter med flere frekvenser.

6. På arbejdssteder med offentlig adgang er det ikke nødvendigt at gennemføre vurderingen af eksponeringen, hvis der allerede er gennemført en vurdering i overensstemmelse med bestemmelserne om begrænsning af befolkningens eksponering for elektromagnetiske felter, hvis restriktionerne fastsat i disse bestemmelser er overholdt for arbejdstagerne, og hvis sundheds- og sikkerhedsrisici er udelukkede. Anvendes udstyr, der er bestemt til offentlig anvendelse, efter hensigten, og overholder den EU-lovgivning om produkter, som fastsætter strengere sikkerhedsniveauer end dem, der er fastsat i nærværende direktiv, og anvendes der ikke andet udstyr, anses disse betingelser for opfyldt.

7. Arbejdsgiveren skal have en vurdering af risici til sin rådighed, jf. artikel 9, stk. 1, litra a), i direktiv 89/391/EØF, og skal angive, hvilke foranstaltninger der skal træffes i overensstemmelse med nærværende direktivs artikel 5. Risikovurderingen kan omfatte begrundelserne for, hvorfor arbejdsgiveren anser, at arten og omfanget af de risici, som er forbundet med elektromagnetiske felter, overflødiggør en yderligere risikovurdering. Risikovurderingen skal opdateres regelmæssigt, især hvis der er sket væsentlige ændringer, der kunne gøre den uaktuel, eller hvis resultaterne af helbredsovervågningen i artikel 8 viser, at det er nødvendigt.

Artikel 5

Bestemmelser med sigte på at undgå eller begrænse risici

1. Under hensyn til den tekniske udvikling og de foranstaltninger, der kan træffes for at kontrollere genereringen af elektromagnetiske felter ved kilden, skal arbejdsgiveren træffe de nødvendige foranstaltninger til at sikre, at risici forårsaget af elektromagnetiske felter på arbejdsstedet fjernes eller begrænses til et minimum.

En begrænsning af risici, der er en følge af eksponering for elektromagnetiske felter, foretages på grundlag af de generelle principper om forebyggelse, som fastlagt i artikel 6, stk. 2, i direktiv 89/391/EØF.

2. På grundlag af den i artikel 4 nævnte risikovurdering skal arbejdsgiveren, så snart de relevante aktionsniveauer i artikel 3 og bilag II og III overskrides, og medmindre den vurdering, der foretages i overensstemmelse med artikel 4, stk. 1, 2 og 3, påviser, at de relevante eksponeringsgrænseværdier ikke overskrides, og at sikkerhedsrisici kan udelukkes, udarbejde og gennemføre en handlingsplan, som skal omfatte tekniske og/eller organisatoriske foranstaltninger til at forebygge eksponering, der overskrider eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger og eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger, idet der navnlig skal tages hensyn til:

- a) andre arbejdsmetoder, der medfører mindre eksponering for elektromagnetiske felter
- b) valg af arbejdsudstyr, der udsender mindre intensive elektromagnetiske felter, under hensyn til det arbejde, der skal udføres
- c) tekniske foranstaltninger, som tager sigte på at reducere emissionen af elektromagnetiske felter, herunder i givet fald ved brug af tvangsafbrydere, afskærmning eller lignende mekanismer til sundhedsbeskyttelse
- d) passende afgrænsnings- og adgangsforanstaltninger såsom signaler, mærker, afmærkninger på gulvet, afspærringer for at begrænse eller kontrollere adgangen
- e) i tilfælde af eksponering for elektriske felter, foranstaltninger og procedurer til håndtering af gnistudladninger og kontaktstrøm ved hjælp af tekniske midler og gennem oplæring af arbejdstagere

- f) passende planer for vedligeholdelse af arbejdsudstyr, arbejdssteder og arbejdspladssystemer
- g) arbejdsstedernes og arbejdspladsernes udformning og indretning
- h) begrænsning af eksponeringens varighed og intensitet, og
- i) tilgængeligheden af passende personlige værnemidler.

3. På grundlag af risikovurderingen i artikel 4 skal arbejdsgiveren udarbejde og gennemføre en handlingsplan, som skal omfatte tekniske og/eller organisatoriske foranstaltninger til at forebygge enhver risiko for særligt udsatte arbejdstagere og eventuelle risici på grund af indirekte virkninger som omhandlet i artikel 4.

4. Udover at give de informationer, der er fastsat i artikel 6 i dette direktiv, skal arbejdsgiveren i henhold til artikel 15 i direktiv 89/391/EØF tilpasse de i nærværende artikel nævnte foranstaltninger efter de behov, som særligt udsatte arbejdstagere har, og i givet fald efter individuelle risikovurderinger, navnlig i forbindelse med arbejdstagere, der har meddelt, at de bærer aktivt eller passivt, implanteret medicinsk udstyr såsom pacemakere eller anvender kropsbåret medicinsk udstyr, f.eks. insulinpumper, eller i forbindelse med gravide arbejdstagere, som har oplyst deres arbejdsgiver om deres tilstand.

5. På grundlag af risikovurderingen i artikel 4 markeres arbejdssteder, hvor det er sandsynligt, at arbejdstagere vil kunne blive eksponeret for elektromagnetiske felter, der overskrider aktionsniveauerne, med passende skiltning i overensstemmelse med bilag II og III og Rådets direktiv 92/58/EØF af 24. juni 1992 om minimumsforskrifter for signalgivning i forbindelse med sikkerhed og sundhed under arbejdet (niende særdirektiv i henhold til artikel 16, stk. 1, i direktiv 89/391/EØF)⁽¹⁾. De pågældende områder skal afgrænses, og adgangen til dem begrænses alt efter, hvad der er relevant. Er adgangen til disse områder af andre årsager begrænset på passende måde, og er arbejdstagerne informeret om de risici, der forårsages af elektromagnetiske felter, kræves der ikke skiltning og adgangsbegrænsninger, der er specifikke for elektromagnetiske felter.

6. Finder artikel 3, stk. 3, litra a), anvendelse, træffes der særlige beskyttelsesforanstaltninger, såsom oplæring af arbejdstagerne i overensstemmelse med artikel 6 og anvendelse af tekniske midler og personlige værnemidler, f.eks. jordingen af arbejdsobjekter, arbejdstagernes forbindelse til arbejdsobjekter (potentialudjævning) og i givet fald og i overensstemmelse med artikel 4, stk. 1, litra a), i Rådets direktiv 89/656/EØF af 30. november 1989 om minimumsforskrifter for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejdstagernes brug af personlige værnemidler under arbejdet (tredje særdirektiv i henhold til artikel 16, stk. 1, i direktiv 89/391/EØF)⁽²⁾ anvendelse af sko med isoleringsevne, handsker og beskyttelsesbeklædning.

7. Finder artikel 3, stk. 4, litra a), anvendelse, skal der træffes særlige beskyttelsesforanstaltninger, f.eks. til kontrol af bevægelser.

8. Arbejdstagere må ikke udsættes for en eksponering, der overskrider eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger og eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger, medmindre betingelserne i enten artikel 10, stk. 1, litra a) eller c), eller artikel 3, stk. 3 eller 4, er opfyldt. Såfremt eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger og eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger overskrides på trods af de foranstaltninger, som arbejdsgiveren har truffet for at efterkomme dette direktiv, skal arbejdsgiveren straks tage skridt til at bringe eksponeringen ned under eksponeringsgrænseværdierne. Arbejdsgiveren skal identificere og registrere årsagerne til, at eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger og eksponeringsgrænseværdierne for sensoriske virkninger er blevet overskredet, og tilpasse beskyttelses- og forebyggelsesforanstaltningerne herefter for at undgå, at de overskrides igen. De ændrede beskyttelses- og forebyggelsesforanstaltningerne skal opbevares i en passende sporbar form, så de senere kan konsulteres, i overensstemmelse med national lovgivning og praksis.

9. Finder artikel 3, stk. 3 og 4, anvendelse, og indberetter arbejdstageren forbigående symptomer, skal arbejdsgiveren om nødvendigt ajourføre risikovurderingen og forebyggelsesforanstaltningerne. Forbigående symptomer kan omfatte:

- a) sensoriske opfattelser og virkninger i funktionen af centralnervesystemet i hovedet fremkaldt af tidsvarierende magnetfelter, og
- b) statiske magnetfelters virkninger som f.eks. svimmelhed og kvalme.

Artikel 6

Information og oplæring af arbejdstagerne

Med forbehold af artikel 10 og 12 i direktiv 89/391/EØF sørger arbejdsgiveren for, at arbejdstagere, der på arbejdsstedet sandsynligvis vil blive eksponeret for risici fra elektromagnetiske felter, og/eller disses repræsentanter får enhver nødvendig information og oplæring baseret på resultaterne af den risikovurdering, der er fastsat i nærværende direktivs artikel 4, navnlig vedrørende:

- a) de foranstaltninger, der træffes i forbindelse med anvendelsen af nærværende direktiv
- b) værdierne og begreberne i forbindelse med eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer, de dermed forbundne mulige risici og de forebyggelsesforanstaltninger, der træffes
- c) de mulige indirekte virkninger af eksponeringen;
- d) resultatet af den vurdering, måling eller beregning af niveauet for eksponering for elektromagnetiske felter, der foretages i overensstemmelse med nærværende direktivs artikel 4
- e) hvordan sundhedsskadelige virkninger af eksponering kan opdages og anmeldes
- f) muligheden for forbigående symptomer og sanseoplevelser i forbindelse med virkninger i centralnervesystemet eller det perifere nervesystem

⁽¹⁾ EFT L 245 af 26.8.1992, s. 23.

⁽²⁾ EFT L 393 af 30.12.1989, s. 18.

- g) hvornår arbejdstagerne har ret til helbredsovervågning
- h) sikker arbejdspraksis, der kan begrænse risici som følge af eksponering mest muligt
- i) arbejdstagere, der er udsat for særlig risiko, jf. nærværende direktivs artikel 4, stk. 5, litra d), og artikel 5, stk. 3 og 4.

Artikel 7

Høring af arbejdstagere og disses deltagelse

Arbejdstagerne og/eller disses repræsentanter høres og deltager i henhold til artikel 11 i direktiv 89/391/EØF.

KAPITEL III

FORSKELLIGE BESTEMMELSER

Artikel 8

Helbredsovervågning

1. Med det formål at forebygge og på et tidligt tidspunkt diagnosticere eventuelle sundhedsskadelige virkninger som følge af eksponering for elektromagnetiske felter, foretages der i overensstemmelse med artikel 14 i direktiv 89/391/EØF passende helbredsovervågning. Der fastsættes bestemmelser om patientjournaler og adgangen hertil i overensstemmelse med national lovgivning og/eller praksis.

2. I overensstemmelse med national lovgivning og praksis skal resultaterne af helbredsovervågningen opbevares i en passende form, så de senere kan konsulteres, under overholdelse af fortrolighedskrav. Den enkelte arbejdstager skal efter anmodning have adgang til sin egen personlige patientjournal.

Indberetter en arbejdstager uønskede eller uventede sundhedsmæssige virkninger eller under alle omstændigheder, hvis der påvises en eksponering, som overstiger eksponeringsgrænseværdierne, skal arbejdsgiveren sikre, at den eller de berørte arbejdstagere tilbydes passende lægeundersøgelser eller individuel helbredsovervågning i overensstemmelse med national lovgivning og praksis.

Sådanne undersøgelser eller sådan overvågning skal være til rådighed på et af arbejdstageren valgt tidsrum, og udgifterne hertil afholdes ikke af arbejdstageren.

Artikel 9

Sanktioner

Medlemsstaterne indfører hensigtsmæssige sanktioner i tilfælde af overtrædelser af den nationale lovgivning, der vedtages til gennemførelse af dette direktiv. Disse sanktioner skal være effektive, stå i rimeligt forhold til overtrædelsernes grovhed og have afskrækkende virkning.

Artikel 10

Undtagelser

1. Som undtagelse fra artikel 3, men med forbehold af artikel 5, stk. 1, gælder følgende:

- a) eksponering må overskride eksponeringsgrænseværdierne, hvis eksponeringen sker i forbindelse med installation, afprøvning, anvendelse, udvikling, vedligeholdelse eller forskning i tilknytning til magnetisk resonansbilleddannelse (MRI) — udstyr til patienter i sundhedssektoren, såfremt alle de følgende betingelser er opfyldt:
 - i) den risikovurdering, der blev udført i overensstemmelse med artikel 4, påviste, at eksponeringsgrænseværdierne var overskredet
 - ii) samtlige tekniske og/eller organisatoriske foranstaltninger under hensyn til den tekniske udvikling er indført
 - iii) omstændighederne behørigt begrundet overskridelsen af eksponeringsgrænseværdierne
 - iv) arbejdsstedets, arbejdsudstyrets eller arbejdsmetodernes særlige karakteristika er taget i betragtning, og
 - v) arbejdsgiveren påviser, at arbejdstagerne fortsat er beskyttet mod sundhedsskadelige virkninger og sikkerhedsrisici, herunder sikrer, at de instrukser for sikker brug, som fabrikanten af udstyret har givet i henhold til direktiv 93/42/EØF af 14. juni 1993 om medicinsk udstyr ⁽¹⁾, er blevet fulgt
- b) medlemsstaterne kan tillade, at der gennemføres et tilsvarende eller mere specifikt beskyttelsessystem for personale, der arbejder i operationelle militære anlæg eller er involveret i militæraktiviteter, herunder deltager i fælles internationale militærøvelser, forudsat at sundhedsskadelige virkninger og sikkerhedsrisici forebygges
- c) medlemsstaterne kan under behørigt begrundede omstændigheder og kun så længe de er behørigt begrundede, tillade en midlertidig overskridelse af eksponeringsgrænseværdierne i visse sektorer eller i forbindelse med visse aktiviteter, der ikke er omfattet af litra a) og b). Med henblik på nærværende litra forstås ved »behørigt begrundede omstændigheder« omstændigheder, der opfylder følgende betingelser:
 - i) den risikovurdering, der er udført i overensstemmelse med artikel 4, viste, at eksponeringsgrænseværdierne er overskredet
 - ii) samtlige tekniske og/eller organisatoriske foranstaltninger under hensyn til den tekniske udvikling er indført
 - iii) arbejdsstedets, arbejdsudstyrets eller arbejdsmetodernes særlige karakteristika er taget i betragtning, og
 - iv) arbejdsgiveren påviser, at arbejdstagerne fortsat er beskyttet mod sundhedsskadelige og sikkerhedsmæssige risici, herunder ved anvendelse af sammenlignelige, mere specifikke og internationalt anerkendte standarder og retningslinjer.

⁽¹⁾ EFT L 169 af 12.7.1993, s. 1.

2. Medlemsstaterne meddeler Kommissionen enhver undtagelse fra stk. 1, litra b) og c), og angiver begrundelsen for sådanne undtagelser i den i artikel 15 omhandlede rapport.

Artikel 11

Tekniske ændringer af bilagene

1. Kommissionen tillægges beføjelser til at vedtage delegerede retsakter i overensstemmelse med artikel 12, som ændrer bilagene på en rent teknisk måde, for at:

- a) tage hensyn til vedtagelsen af forordninger og direktiver om teknisk harmonisering og standardisering vedrørende produktudvikling, konstruktion, fremstilling eller indretning af arbejdsudstyr eller arbejdssteder
- b) tage hensyn til den tekniske udvikling, udviklingen inden for de mest relevante standarder eller specifikationer samt nye videnskabelige resultater vedrørende elektromagnetiske felter
- c) tilpasse aktionsniveauerne, når der foreligger ny videnskabelig dokumentation, forudsat at de eksisterende eksponeringsgrænseværdier, der er fastsat i bilag II og III, overholdes.

2. Kommissionen vedtager delegerede retsakter i overensstemmelse med artikel 12 for at tilpasse bilag II til ICNIRP guidelines for limiting exposure to electric fields induced by movement of the human body in a static magnetic field and by time varying magnetic fields below 1 Hz, så snart de bliver tilgængelige.

3. Er det i tilfælde af ændringer som omhandlet i stk. 1 og 2 påkrævet af særligt hastende årsager, anvendes proceduren i artikel 13 på delegerede retsakter vedtaget i henhold til nærværende artikel.

Artikel 12

Udøvelse af delegationen

1. Beføjelsen til at vedtage delegerede retsakter tillægges Kommissionen på de i denne artikel fastlagte betingelser.

2. Beføjelsen til at vedtage delegerede retsakter, jf. artikel 11, tillægges Kommissionen for en periode på fem år fra den 29. juni 2013. Kommissionen udarbejder en rapport vedrørende delegationen af beføjelser senest ni måneder inden udløbet af femårsperioden. Delegationen af beføjelser forlænges stiltiende for perioder af samme varighed, medmindre Europa-Parlamentet eller Rådet modsætter sig en sådan forlængelse senest tre måneder inden udløbet af hver periode.

3. Den i artikel 11 omhandlede delegation af beføjelser kan til enhver tid tilbagekaldes af Europa-Parlamentet eller Rådet. En afgørelse om tilbagekaldelse bringer delegationen af de beføjelser, der er angivet i den pågældende afgørelse, til ophør. Den får virkning dagen efter offentliggørelsen i *Den Europæiske Unions Tidende* eller på et senere tidspunkt, der angives i afgørelsen. Den berører ikke gyldigheden af delegerede retsakter, der allerede er i kraft.

4. Så snart Kommissionen vedtager en delegeret retsakt, giver den samtidigt Europa-Parlamentet og Rådet meddelelse herom.

5. En delegeret retsakt vedtaget i henhold til artikel 11 træder kun i kraft, hvis hverken Europa-Parlamentet eller Rådet har gjort indsigelse inden for en frist på to måneder fra meddelelsen af den pågældende retsakt til Europa-Parlamentet eller Rådet, eller hvis Europa-Parlamentet og Rådet inden udløbet af denne frist begge har informeret Kommissionen om, at de ikke agter at gøre indsigelse. Fristen forlænges med to måneder på Europa-Parlamentets eller Rådets initiativ.

Artikel 13

Hasteprocedure

1. Delegerede retsakter vedtaget i henhold til denne artikel træder i kraft straks og anvendes, så længe der ikke er gjort indsigelse i henhold til stk. 2. I meddelelsen til Europa-Parlamentet og Rådet af en delegeret retsakt anføres begrundelsen for anvendelse af hasteproceduren, som skal vedrøre sundhedshensyn og beskyttelse af arbejdstagerne.

2. Europa-Parlamentet eller Rådet kan efter proceduren i artikel 12, stk. 5, gøre indsigelse mod en delegeret retsakt. I så fald skal Kommissionen ophæve retsakten straks efter Europa-Parlamentets eller Rådets meddelelse af afgørelsen om at gøre indsigelse.

KAPITEL IV

AFSLUTTENDE BESTEMMELSER

Artikel 14

Praktiske vejledninger

Med henblik på at lette gennemførelsen af dette direktiv udarbejder Kommissionen senest seks måneder inden den 1. juli 2016 ikke-bindende praktiske vejledninger. Disse praktiske vejledninger skal navnlig vedrøre følgende forhold:

- a) identificering af eksponering under hensyn til relevante europæiske eller internationale standarder, herunder:
 - beregningsmetoder for vurderingen af eksponeringsgrænseværdierne
 - lokal beregning af eksterne elektriske og magnetiske felter
 - vejledning til håndtering af unøjagtigheder i forbindelse med målinger og beregninger
- b) vejledning med hensyn til påvisning af overholdelse ved særlige typer af ikke-homogen eksponering i særlige situationer på grundlag af etableret dosimetri
- c) beskrivelsen af »metoden for vægтет spidsværdi« for lavfrekvensfelter og af »multifrekvensfeltsummaton« for højfrekvensfelter

- d) gennemførelsen af risikovurderingen og så vidt muligt tilvejebringelse af forenklede teknikker under særlig hensyntagen til SMV'ernes behov
- e) foranstaltninger med sigte på at undgå eller mindske risici, herunder særlige forebyggelsesforanstaltninger, der afhænger af eksponeringsniveauet og arbejdsstedets særlige karakteristika
- f) fastlæggelsen af dokumenterede arbejdsprocedurer og særlige informations- og oplæringsmæssige foranstaltninger for arbejdstagere, der er eksponeret for elektromagnetiske felter i forbindelse med MRI-relaterede aktiviteter, jf. artikel 10, stk. 1, litra a)
- g) vurderingen af eksponeringen i frekvensområdet 100 kHz – 10 MHz hvor såvel termiske som ikke-termiske virkninger skal tages i betragtning
- h) vejledning med hensyn til den lægeundersøgelse og helbreds-overvågning, som arbejdstageren skal modtage i overensstemmelse med artikel 8, stk. 2.

Kommission arbejder tæt sammen med Det Rådgivende Udvalg for Sikkerhed og Sundhed på Arbejdspladsen. Europa-Parlamentet holdes underrettet.

Artikel 15

Revision og rapportering

Rapporten om den praktiske gennemførelse af dette direktiv udarbejdes i henhold til artikel 17a i direktiv 89/391/EØF, under hensyntagen til artikel 1, stk. 4.

Artikel 16

Gennemførelse

1. Medlemsstaterne sætter de nødvendige love og administrative bestemmelser i kraft for at efterkomme dette direktiv senest den 1. juli 2016.

Lovene og bestemmelserne skal ved vedtagelsen indeholde en henvisning til dette direktiv eller skal ved offentliggørelsen ledsages af en sådan henvisning. De nærmere regler for henvisningen fastsættes af medlemsstaterne.

2. Medlemsstaterne meddeler Kommissionen teksten til de vigtigste nationale retsforskrifter, som de udsteder på det område, der er omfattet af dette direktiv.

Artikel 17

Ophævelse

1. Direktiv 2004/40/EF ophæves med virkning fra den 29. juni 2013.

2. Henvisninger til det ophævede direktiv gælder som henvisninger til nærværende direktiv og læses efter sammenligningstabellen i bilag IV.

Artikel 18

Ikrafttræden

Dette direktiv træder i kraft på dagen for offentliggørelsen i *Den Europæiske Unions Tidende*.

Artikel 19

Adressater

Dette direktiv er rettet til medlemsstaterne.

Udfærdiget i Bruxelles, den 26. juni 2013.

På Europa-Parlamentets vegne

M. SCHULZ

Formand

På Rådets vegne

A. SHATTER

Formand

BILAG I

FYSISKE STØRRELSER VEDRØRENDE EKSPONERINGEN FOR ELEKTROMAGNETISKE FELTER

Følgende fysiske størrelser anvendes til at beskrive eksponeringen for elektromagnetiske felter:

Elektrisk feltstyrke (E) er en vektorstørrelse, der svarer til den kraft, der virker på en ladet partikel uafhængigt af dens rumlige bevægelse. Den udtrykkes i volt pr. meter (Vm^{-1}). Der skal skelnes mellem det omgivende elektriske felt og det elektriske felt, der findes i kroppen (in situ) som følge af eksponering for det omgivende elektriske felt.

Strøm i lemmer (I_L) er strømmen i en persons lemmer, når personen eksponeres for elektromagnetiske felter i frekvensområdet fra 10 MHz til 110 MHz som følge af kontakt med en genstand i et elektromagnetisk felt eller et flow af kapacitive strømme, der induceres i den eksponerede krop. Den udtrykkes i ampere (A).

Kontaktstrøm (I_C) er en strøm, der fremkommer, når en person kommer i kontakt med en genstand i et elektromagnetisk felt. Den udtrykkes i ampere (A). Stationær kontaktstrøm opstår, når en person er i vedvarende kontakt med en genstand i et elektromagnetisk felt. Når der skabes en sådan kontakt, kan der opstå en gnistudladning med tilhørende transient strøm.

Elektrisk ladning (Q) er en relevant størrelse, der anvendes i forbindelse med gnistudladning og udtrykkes i coulomb (C).

Magnetisk feltstyrke (H) er en vektorstørrelse, der sammen med den magnetiske fluxtæthed kendetegner et magnetisk felt i et hvilket som helst punkt i rummet. Den udtrykkes i ampere pr. meter (Am^{-1}).

Magnetisk fluxtæthed (B) er en vektorstørrelse, der resulterer i den kraft, der virker på ladninger i bevægelse. Den udtrykkes i tesla (T). I frit rum og i biologisk materiale kan magnetisk fluxtæthed og magnetisk feltstyrke omregnes til hinanden idet en magnetisk feltstyrke H på 1 Am^{-1} svarer til en magnetisk fluxtæthed B på $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$ (ca. 1,25 mikrottesla).

Effektæthed (S) er en relevant størrelse, der anvendes ved meget høje frekvenser, hvor der er lav indtrængningsdybde i kroppen. Der er tale om strålingseffekten vinkelret på en overflade divideret med overfladens areal. Den udtrykkes i watt pr. kvadratmeter (Wm^{-2}).

Specifik energiabsorption (SA) defineres som en energi, der absorberes pr. masseenhed af biologisk væv, udtrykt i joule pr. kilogram (Jkg^{-1}). I direktivet anvendes størrelsen til at fastlægge grænser for virkninger fra pulserende mikrobølgestråling.

Specifik energiabsorptions hastighed (SAR) som gennemsnit for hele kroppen eller for dele af kroppen er den hastighed, hvormed energi absorberes pr. masseenhed af biologisk væv, udtrykt i watt pr. kilogram (Wkg^{-1}). Helkrops-SAR er et bredt accepteret mål for skadelige termiske effekter ved eksponering for radiofrekvente felter (RF). Ud over den gennemsnitlige helkrops-SAR er det nødvendigt med lokale SAR-værdier med henblik på at vurdere og begrænse for stor afsættelse af energi i mindre dele af kroppen som følge af særlige eksponeringsforhold. Sådanne forhold kan f.eks. være en person eksponeret for RF i det lave MHz-område (f.eks. fra dielektriske varmere) og eksponerede personer i en antennes nærfelt.

Blandt disse størrelser kan magnetisk fluxtæthed (B), kontaktstrøm (I_C), strøm på lemmer (I_L), elektrisk feltstyrke (E), magnetisk feltstyrke (H) og effektæthed (S) måles direkte.

BILAG II

IKKE-TERMISKE VIRKNINGER

EKSPONERINGSGRÆNSEVÆRDIER OG AKTIONSNIVEAUER I FREKVENSSOMRÅDET FRA 0 Hz TIL 10 MHz

A. EKSPONERINGSGRÆNSEVÆRDIER

Eksponeringsgrænseværdier under 1 Hz (tabel A1) er grænser for statisk magnetfelter, der ikke påvirkes af biologisk væv.

Eksponeringsgrænseværdier for frekvenser fra 1 Hz til 10 MHz (tabel A2) er grænser for elektriske felter, der induceres i kroppen som følge af eksponering for tidsvarierende elektriske og magnetiske felter.

Eksponeringsgrænseværdier for ydre magnetisk fluxtæthed fra 0 til 1 Hz

Eksponeringsgrænseværdien for sensoriske virkninger er eksponeringsgrænseværdien under normale arbejdsbetingelser (tabel A1) og er forbundet med svimmelhed og andre fysiologiske virkninger med forbindelse til forstyrrelse af det menneskelige balanceorgan primært som følge af at færdes i et statisk magnetfelt.

Eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger under kontrollerede arbejdsbetingelser (tabel A1) anvendes midlertidigt i løbet af arbejdsdagen, når dette er begrundet af praksis eller af processen, under forudsætning af at der er truffet forebyggende foranstaltninger, som f.eks. kontrol af bevægelser og information til arbejdstagerne.

Tabel A1

Eksponeringsgrænseværdier for ydre magnetisk fluxtæthed (B_0) fra 0 til 1 Hz

	Eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger
Normale arbejdsbetingelser	2 T
Lokal eksponering af lemmer	8 T
	Eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger
Kontrollerede arbejdsbetingelser	8 T

Eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger for indre elektrisk feltstyrke fra 1 Hz til 10 MHz

Eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger (tabel A2) er forbundet med elektrisk stimulering af hele det perifere nervesystems væv og centralnervesystemets væv i kroppen, herunder i hovedet.

Tabel A2

Eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger for indre elektrisk feltstyrke fra 1 Hz til 10 MHz

Frekvensområde	Eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger
$1 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$1,1 \text{ Vm}^{-1}$ (spidsværdi)
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$3,8 \times 10^{-4} f \text{ Vm}^{-1}$ (spidsværdi)

Note A2 -1: f er frekvensen udtrykt i hertz (Hz)

Note A2 -2: Eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger for indre elektrisk feltstyrke er lokale spidsværdier i hele det eksponerede subjekts krop.

Note A2 -3: Eksponeringsgrænseværdierne er spidsværdier i tid, som svarer til RMS-værdierne ganget med $\sqrt{2}$ for sinusformede felter. I tilfælde af ikke-sinusformede felter baseres en vurdering af eksponeringen, der foretages i henhold til artikel 4, på metoden for vægtet spidsværdi (med filtrering af tidsdomænet), som forklaret i de praktiske vejledninger, jf. artikel 14, men andre videnskabeligt funderede og anerkendte procedurer til vurdering af eksponeringen kan anvendes, hvis de fører til nogenlunde tilsvarende og sammenlignelige resultater.

Eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger for indre elektrisk feltstyrke fra 1 Hz til 400 Hz

Eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger (tabel A3) er forbundet med elektriske felters effekt på det centrale nervesystem i hovedet, dvs. retinale fosfener og mindre forbigående ændringer af visse hjernefunktioner.

Tabel A3

Eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger for indre elektrisk feltstyrke fra 1 Hz til 400 Hz

Frekvensområde	Eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger
$1 \text{ Hz} \leq f < 10 \text{ Hz}$	$0,7/f \text{ Vm}^{-1}$ (spidsværdi)
$10 \text{ Hz} \leq f < 25 \text{ Hz}$	$0,07 \text{ Vm}^{-1}$ (spidsværdi)
$25 \text{ Hz} \leq f \leq 400 \text{ Hz}$	$0,0028 f \text{ Vm}^{-1}$ (spidsværdi)

Note A3 -1: f er frekvensen udtrykt i hertz (Hz)

Note A3 -2: Eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger for indre elektrisk feltstyrke er lokale spidsværdier i det eksponerede subjekts hoved.

Note A3 -3: Eksponeringsgrænseværdier er spidsværdier i tid, som svarer til RMS-værdierne ganget med $\sqrt{2}$ for sinusformede felter. I tilfælde af ikke-sinusformede felter baseres en vurdering af eksponeringen, der foretages i henhold til artikel 4, på metoden for vægtet spidsværdi (med filtrering af tidsdomænet), som forklaret i de praktiske vejledninger, jf. artikel 14, men andre videnskabeligt funderede og anerkendte procedurer til vurdering af eksponeringen kan anvendes, hvis de fører til nogenlunde tilsvarende og sammenlignelige resultater.

B. AKTIONSNIVEAUER (AL'er)

Følgende fysiske størrelser og værdier anvendes til at angive størrelsen af aktionsniveauerne (AL'erne), som anføres for ved en forenklet vurdering at sikre, at de relevante eksponeringsgrænseværdier overholdes, eller fastslå på hvilket niveau, der skal træffes relevante beskyttelses- eller forebyggelsesforanstaltninger som fastlagt i artikel 5:

- lave AL'er (E) og høj AL'er (E) for elektrisk feltstyrke E ved tidsvarierende elektriske felter som fastlagt i tabel B1
- lave AL'er (B) og høje AL'er (B) for magnetisk fluxtæthed B ved tidsvarierende magnetiske felter som fastlagt i tabel B2
- AL'er(I_c) for kontaktstrøm som fastlagt i tabel B3
- AL'er(B_0) for magnetisk fluxtæthed i statiske magnetfelter som fastlagt i tabel B4

Aktionsniveauer svarer til beregnede eller målte elektriske og magnetiske feltværdier på arbejdsstedet, når arbejdstageren ikke er til stede.

Aktionsniveauer (AL'er) for eksponering for elektriske felter

Lave AL'er (tabel B1) for ydre elektrisk felt er baseret på begrænsning af det indre elektriske felt til under eksponeringsgrænseværdierne (tabel A2 og A3) og begrænsning af gnistudladninger i arbejdsmiljøet.

Under høje AL'er overstiger det indre elektriske felt ikke eksponeringsgrænseværdier (tabel A2 og A3), og generende gnistudladninger forhindres, hvis beskyttelsesforanstaltningerne i artikel 5, stk. 6, træffes.

Tabel B1

Aktionsniveauer for eksponering for elektriske felter fra 1 Hz til 10 MHz

Frekvensområde	Elektrisk feltstyrke Lavt AL(E) [Vm^{-1}] (RMS)	Elektrisk feltstyrke Høje AL'er(E) [Vm^{-1}] (RMS)
$1 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
$25 \leq f < 50 \text{ Hz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$2,0 \times 10^4$
$50 \text{ Hz} \leq f < 1,64 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$1,0 \times 10^6/f$

Frekvensområde	Elektrisk feltstyrke Lavt AL(E) [Vm^{-1}] (RMS)	Elektrisk feltstyrke Høje AL'er(E) [Vm^{-1}] (RMS)
$1,64 \leq f < 3$ kHz	$5,0 \times 10^5/f$	$6,1 \times 10^2$
3 kHz $\leq f \leq 10$ MHz	$1,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$

Note B1-1: f er frekvensen udtrykt i hertz (Hz)

Note B1-2: De lave AL'er (E) og høje AL'er (E) er RMS-værdierne af den elektriske feltstyrke, hvilket svarer til spidsværdierne divideret med $\sqrt{2}$ for sinusformede felter. I tilfælde af ikke-sinusformede felter baseres en vurdering af eksponeringen, der foretages i henhold til artikel 4, på metoden for vægnet spidsværdi (med filtrering af tidsdomænet), som forklaret i den praktiske vejledning, jf. artikel 14, men andre videnskabeligt funderede og anerkendte procedurer til vurdering af eksponeringen kan anvendes, hvis de fører til nogenlunde tilsvarende og sammenlignelige resultater.

Note B1-3: AL'er repræsenterer maksimale beregnede eller målte værdier ved arbejdstagerens kroppsposition. Det resulterer i en konservativ eksponeringsvurdering og automatisk overholdelse af eksponeringsgrænseværdier under alle ikke-homogene eksponeringsforhold. For at forenkle vurderingen af overholdelsen af eksponeringsgrænseværdier, udført i overensstemmelse med artikel 4, under specifikke, ikke-homogene forhold vil der i den praktiske vejledning, jf. artikel 14, blive fastlagt kriterier for lokal beregning af middelværdierne for målte felter på grundlag af etableret dosimetri. I tilfælde af en meget lokal kilde inden for få centimeters afstand fra kroppen fastlægges det inducerede elektriske felt dosimetrisk i hvert enkelt tilfælde.

Aktionsniveauer (AL'er) for eksponering for magnetfelter

Lave AL'er (tabel B2) er for frekvenser under 400 Hz, der er udledt af eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger (tabel A3) og for frekvenser over 400 Hz fra eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger for indre elektrisk feltstyrke (tabel A2).

Høje AL'er (tabel B2) er udledt af eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger for indre elektrisk feltstyrke forbundet med elektrisk stimulering af det perifere og autonome nervevæv i hoved og krop (tabel A2). Overensstemmelse med høje AL'er sikrer, at eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger ikke overskrides, men at der er mulighed for virkninger forbundet med ændringer i retinale fosfener og mindre forbigående ændringer i hjerneaktiviteten, hvis eksponeringen af hovedet overstiger de lave AL'er for eksponeringer op til 400 Hz. I sådanne tilfælde finder artikel 5, stk. 6, anvendelse.

AL'er for eksponering af lemmer er udledt af eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger for indre elektrisk feltstyrke forbundet med elektrisk stimulering af vævet i lemmerne, ved at tage højde for at det magnetiske felt har en svagere forbindelse til lemmerne end til hele kroppen.

Tabel B2

Aktionsniveauer for eksponering for magnetfelter fra 1 Hz til 10 MHz

Frekvensområde	Magnetisk fluxtæthed Lave AL'er(B)[μT] (RMS)	Magnetisk fluxtæthed Høje AL'er(B)[μT] (RMS)	Magnetisk fluxtæthed AL'er for eksponering af lemmer for et afgrænset magnetfelt [μT] (RMS)
$1 \leq f < 8$ Hz	$2,0 \times 10^5/f$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$8 \leq f < 25$ Hz	$2,5 \times 10^4/f$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$25 \leq f < 300$ Hz	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
300 Hz $\leq f < 3$ kHz	$3,0 \times 10^5/f$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
3 kHz $\leq f \leq 10$ MHz	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$

Note B2-1: f er frekvensen udtrykt i hertz (Hz)

Note B2-2: Lave AL'er og høje AL'er er RMS-værdier, der svarer til spidsværdierne divideret med $\sqrt{2}$ for sinusformede felter. I tilfælde af ikke-sinusformede felter baseres en vurdering af eksponeringen, der foretages i henhold til artikel 4, på metoden for vægnet spidsværdi (med filtrering af tidsdomænet), som forklaret i den praktiske vejledning, jf. artikel 14, men andre videnskabeligt funderede og anerkendte procedurer til vurdering af eksponeringen kan anvendes, hvis de fører til nogenlunde tilsvarende og sammenlignelige resultater.

Note B2-3: AL'er for eksponering for magnetfelter udgør maksimumsværdier for arbejdstagerens kroppsposition. Det resulterer i en konservativ eksponeringsvurdering og automatisk overholdelse af eksponeringsgrænseværdier under alle ikke-homogene eksponeringsforhold. For at forenkle vurderingen af overholdelsen af eksponeringsgrænseværdier, udført i overensstemmelse med artikel 4, under specifikke, ikke-homogene forhold vil der i den praktiske vejledning, jf. artikel 14, blive fastlagt kriterier for lokal beregning af middelværdierne for målte felter på grundlag af etableret dosimetri. I tilfælde af en meget lokal kilde inden for få centimeters afstand fra kroppen fastlægges det inducerede elektriske felt dosimetrisk i hvert enkelt tilfælde.

Tabel B3

Aktionsniveauer for kontaktstrøm I_C

Frekvens	AL'er (IC) stationær kontaktstrøm [mA] (RMS)
indtil 2,5 kHz	1,0
$2,5 \leq f < 100$ kHz	0,4 f
$100 \text{ kHz} \leq f \leq 10\,000$ kHz	40

Note B3-1: f er frekvensen udtrykt i kilohertz (kHz).

Aktionsniveauer (AL'er) for magnetisk fluxtæthed i statiske magnetfelter

Tabel B4

Aktionsniveauer for magnetisk fluxtæthed i statiske magnetfelter

Farer	AL'er(B_0)
Interferens med aktivt implanteret udstyr, f.eks. pacemakere	0,5 mT
Tiltræknings- og projektilrisiko i det perifere område af kraftige feltkilder (> 100 mT)	3 mT

BILAG III

TERMISKE VIRKNINGER

EKSPONERINGSGRÆNSEVÆRDIER OG AKTIONSIVEAUER I FREKVENSSOMRÅDET FRA 100 kHz TIL 300 GHz

A. EKSPONERINGSGRÆNSEVÆRDIER

Eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger for frekvenser fra 100 kHz til 6 GHz (tabel A1) er grænseværdier for energi og effekt absorberet pr. masseenhed af biologisk væv som følge af eksponering for elektromagnetiske felter.

Eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger for frekvenser fra 0,3 til 6 GHz (tabel A2) er grænseværdier for absorberet energi i en lille vævsmasse i hovedet som følge af eksponering for elektromagnetiske felter.

Eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger for frekvenser over 6 GHz (tabel A3) er grænseværdier for effektætheden af en elektromagnetisk bølge, som rammer kroppens overflade.

Tabel A1

Eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger ved eksponering for elektromagnetiske felter fra 100 kHz til 6 GHz

Eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger	SAR-værdier beregnet som middelværdi for enhver seks-minutters-periode
Eksponeringsgrænseværdier for helkropsvarmestress udtrykt som gennemsnitlig SAR i kroppen	0,4 Wkg ⁻¹
Eksponeringsgrænseværdier for lokalt varmestress i hoved og krop udtrykt som lokal SAR i kroppen	10 Wkg ⁻¹
Eksponeringsgrænseværdier for lokalt helkropsvarmestress i lemmerne udtrykt som lokal SAR i lemmerne	20 Wkg ⁻¹

Note A1-1: Lokal SAR beregnes som middelværdi i en masse af 10 g sammenhængende væv. Den deraf følgende maksimale SAR bør være den værdi, der anvendes ved vurdering af eksponeringen. Disse 10 g væv skal være en masse af sammenhængende væv med næsten homogene elektriske egenskaber. Når man præciserer, at det er en sammenhængende vævsmasse, erkendes det, at dette begreb kan anvendes inden for elektronisk dosimetri, men kan være problematisk i forbindelse med direkte fysiske målinger. En enkel form som f.eks. kubisk eller sfærisk vævsmasse kan bruges.

Eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger fra 0,3 GHz til 6 GHz

Denne eksponeringsgrænseværdi for sensoriske virkninger (tabel A2) tager sigte på at undgå auditive virkninger forårsaget af hovedets eksponering for pulserende mikrobølgestråling.

Tabel A2

Eksponeringsgrænseværdier for sensoriske virkninger ved eksponering for elektromagnetiske felter fra 0,3 til 6 GHz

Frekvensområde	Lokal specifik energiabsorption (SA)
0,3 ≤ f ≤ 6 GHz	10 mJkg ⁻¹

Note A2 -1: Lokal SA beregnes som middelværdi for en masse af 10 g væv.

Tabel A3

Eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger ved eksponering for elektromagnetiske felter fra 6 GHz til 300 GHz

Frekvensområde	Eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger forbundet med effektæthed
6 GHz ≤ f ≤ 300 GHz	50 Wm ⁻²

Note A3 -1: Effekttætheden beregnes som middelværdi for 20 cm² eksponeret område. Den lokale maksimale effekttæthed, beregnet som middelværdi for 1 cm², bør ikke være mere end 20 gange 50 Wm⁻². Effekttætheder fra 6 til 10 GHz beregnes som middelværdi for enhver seks-minutters-periode. Over 10 GHz beregnes effekttæthed som middelværdi over enhver 68/f^{1,05}-minutters-periode (hvor f er frekvensen i GHz) for at kompensere for, at indtrængningsdybden bliver gradvis mindre ved stigende frekvens.

B. AKTIONSNIVEAUER (AL'er)

Følgende fysiske størrelser og værdier anvendes til at angive størrelsen af aktionsniveauerne (AL'er), som anføres for ved en forenklet vurdering at sikre, at den relevante eksponeringsgrænseværdi overholdes, eller fastslå på hvilket niveau, der skal træffes relevante beskyttelses- eller forebyggelsesforanstaltninger som fastlagt i artikel 5:

- AL'er(E) for elektrisk feltstyrke E af tidsvarierende elektriske felter som fastlagt i tabel B1
- AL'er(B) for magnetisk fluxtæthed B af tidsvarierende magnetiske felter som fastlagt i tabel B1
- AL'er(S) for effekttæthed af elektromagnetiske bølger som fastlagt i tabel B1
- AL'er(I_C) for kontaktstrøm som fastlagt i tabel B2
- AL'er(I_L) for strøm i lemmer som fastlagt i tabel B2.

Aktionsniveauer svarer til beregnede eller målte feltværdier på arbejdsstedet, når arbejdstageren ikke er til stede, som maksimumsværdi for kroppen eller en specificeret kroppsdele position.

Aktionsniveauer (AL'er) for eksponering for elektriske og magnetiske felter

AL'er(E) og AL'er(B) er udledt af SAR eller effekttæthedseksponeringsgrænseværdier (tabel A1 og A3) baseret på tærsklerne relateret til indre termiske virkninger forårsaget af eksponering for (ydre) elektriske og magnetiske felter.

Tabel B1

Aktionsniveauer for eksponering for elektromagnetiske felter fra 100 kHz til 300 GHz

Frekvensområde	Elektrisk feltstyrke AL'er(E) [Vm ⁻¹] (RMS)	Magnetisk fluxtæthed AL'er(B)[μT] (RMS)	Effekttæthed AL'er(S) [Wm ⁻²]
100 kHz ≤ f < 1 MHz	6,1 × 10 ²	2,0 × 10 ⁶ /f	—
1 ≤ f < 10 MHz	6,1 × 10 ⁸ /f	2,0 × 10 ⁶ /f	—
10 ≤ f < 400 MHz	61	0,2	—
400 MHz ≤ f < 2 GHz	3 × 10 ⁻³ f ^{1/2}	1,0 × 10 ⁻⁵ f ^{1/2}	—
2 ≤ f < 6 GHz	1,4 × 10 ²	4,5 × 10 ⁻¹	—
6 ≤ f ≤ 300 GHz	1,4 × 10 ²	4,5 × 10 ⁻¹	50

Note B1-1: f er frekvensen udtrykt i hertz (Hz)

Note B1-2: [AL'er(E)]² og [AL'er(B)]² beregnes som middelværdi for en seks-minutters-periode. For RF-pulser må spidseffekttætheden, beregnet som middelværdi over pulsbredden, ikke udgøre mere end 1 000 gange den respektive AL'er(S). For multifrekvensfelter baseres analysen på summation som beskrevet i de praktiske vejledninger, jf. artikel 14.

Note B1-3: AL'er(E) og AL'er(B) repræsenterer maksimale beregnede eller målte værdier for arbejdstagerens kropps position. Det resulterer i en konservativ eksponeringsvurdering og automatisk overholdelse af eksponeringsgrænseværdier under alle uensartede eksponeringsforhold. For at forenkle vurderingen af overholdelsen af eksponeringsgrænseværdier, udført i overensstemmelse med artikel 4, under specifikke, uensartede forhold vil der i den praktiske vejledning, jf. artikel 14, blive fastlagt kriterier for lokal beregning af middelværdierne for målte felter på grundlag af etableret dosimetri. I tilfælde af en meget lokal kilde inden for få centimeters afstand fra kroppen fastlægges overholdelsen af eksponeringsgrænseværdier dosimetrisk i hvert enkelt tilfælde.

Note B1-4: Effekttæthed beregnes som middelværdi for 20 cm² eksponeret område. Den lokale maksimale effekttæthed, beregnet som middelværdi for 1 cm², bør ikke være mere end 20 gange 50 Wm⁻². Effekttætheder fra 6 til 10 GHz beregnes som middelværdi for enhver seks-minutters-periode. Over 10 GHz beregnes effekttæthed som middelværdi for enhver 68/f^{1,05}-minutters-periode (hvor f er frekvensen i GHz) for at kompensere for, at indtrængningsdybden bliver gradvis mindre ved stigende frekvens.

Tabel B2

Aktionsniveauer for stationær kontaktstrøm og induceret strøm i lemmer

Frekvensområde	Stationær kontaktstrøm, AL(I _c) [mA] (RMS)	Induceret strøm på lemmer i ethvert lem, AL(I _t) [mA] (RMS)
100 kHz ≤ f < 10 MHz	40	—
10 MHz ≤ f ≤ 110 MHz	40	100

Note B2-1: [AL'er(I_t)]² beregnes som middelværdi for en seks-minutters-periode.

BILAG IV

Sammenligningstabel

Direktiv 2004/40/EF	Dette direktiv
Artikel 1, stk. 1	Artikel 1, stk. 1
Artikel 1, stk. 2	Artikel 1, stk. 2 og 3
Artikel 1, stk. 3	Artikel 1, stk. 4
Artikel 1, stk. 4	Artikel 1, stk. 5
Artikel 1, stk. 5	Artikel 1, stk. 6
Artikel 2, litra a)	Artikel 2, litra a)
—	Artikel 2, litra b)
—	Artikel 2, litra c)
Artikel 2, litra b)	Artikel 2, litra d), e) og f)
Artikel 2, litra c)	Artikel 2, litra g)
Artikel 3, stk. 1	Artikel 3, stk. 1
Artikel 3, stk. 2	Artikel 3, stk. 1
—	Artikel 3, stk. 2
Artikel 3, stk. 3	Artikel 3, stk. 2 og 3
—	Artikel 3, stk. 4
Artikel 4, stk. 1	Artikel 4, stk. 1
Artikel 4, stk. 2	Artikel 4, stk. 2 og 4
Artikel 4, stk. 3	Artikel 4, stk. 3
Artikel 4, stk. 4	Artikel 4, stk. 4
Artikel 4, stk. 5, litra a)	Artikel 4, stk. 5, litra b)
Artikel 4, stk. 5, litra b)	Artikel 4, stk. 5, litra a)
—	Artikel 4, stk. 5, litra c)
Artikel 4, stk. 5, litra c)	Artikel 4, stk. 5, litra d)
Artikel 4, stk. 5, litra d)	Artikel 4, stk. 5, litra e)
Artikel 4, stk. 5, litra d), nr. i)	—
Artikel 4, stk. 5, litra d), nr. ii)	—
Artikel 4, stk. 5, litra d), nr. iii)	—

Direktiv 2004/40/EF	Dette direktiv
Artikel 4, stk. 5, litra d), nr. iv)	—
Artikel 4, stk. 5, litra e)	Artikel 4, stk. 5, litra f)
Artikel 4, stk. 5, litra f)	Artikel 4, stk. 5, litra g)
—	Artikel 4, stk. 5, litra h)
—	Artikel 4, stk. 5, litra i)
Artikel 4, stk. 5, litra g)	Artikel 4, stk. 5, litra j)
Artikel 4, stk. 5, litra h)	Artikel 4, stk. 5, litra k)
—	Artikel 4, stk. 6
Artikel 4, stk. 6	Artikel 4, stk. 7
Artikel 5, stk. 1	Artikel 5, stk. 1
Artikel 5, stk. 2, indledning	Artikel 5, stk. 2, indledning
Artikel 5, stk. 2, litra a)-c)	Artikel 5, stk. 2, litra a)-c)
—	Artikel 5, stk. 2, litra d)
—	Artikel 5, stk. 2, litra e)
Artikel 5, stk. 2, litra d)-g)	Artikel 5, stk. 2, litra f)-i)
—	Artikel 5, stk. 4
Artikel 5, stk. 3	Artikel 5, stk. 5
—	Artikel 5, stk. 6
—	Artikel 5, stk. 7
Artikel 5, stk. 4	Artikel 5, stk. 8
—	Artikel 5, stk. 9
Artikel 5, stk. 5	Artikel 5, stk. 3
Artikel 6, indledning	Artikel 6, indledning
Artikel 6, litra a)	Artikel 6, litra a)
Artikel 6, litra b)	Artikel 6, litra b)
—	Artikel 6, litra c)
Artikel 6, litra c)	Artikel 6, litra d)
Artikel 6, litra d)	Artikel 6, litra e)
—	Artikel 6, litra f)

Direktiv 2004/40/EF	Dette direktiv
Artikel 6, litra e)	Artikel 6, litra g)
Artikel 6, litra f)	Artikel 6, litra h)
—	Artikel 6, litra i)
Artikel 7	Artikel 7
Artikel 8, stk. 1	Artikel 8, stk. 1
Artikel 8, stk. 2	—
Artikel 8, stk. 3	Artikel 8, stk. 2
Artikel 9	Artikel 9
—	Artikel 10
Artikel 10, stk. 1	Artikel 11, stk. 1, litra c)
Artikel 10, stk. 2, litra a)	Artikel 11, stk. 1, litra a)
Artikel 10, stk. 2, litra b)	Artikel 11, stk. 1, litra b)
Artikel 11	—
—	Artikel 12
—	Artikel 13
—	Artikel 14
—	Artikel 15
Artikel 13, stk. 1	Artikel 16, stk. 1
Artikel 13, stk. 2	Artikel 16, stk. 2
—	Artikel 17
Artikel 14	Artikel 18
Artikel 15	Artikel 19
Bilag	Bilag I; Bilag II og Bilag III
—	Bilag IV

»Direktiv 2013/35/EU fastsætter minimumsforskrifter for sikkerhed og sundhed i forbindelse med arbejdstagernes eksponering for risici på grund af elektromagnetiske felter (EMF). Denne praktiske vejledning har til formål at hjælpe arbejdsgivere, især små og mellemstore virksomheder (SMV'er), med at forstå, hvad de skal gøre for at overholde direktivet. Den kan dog også være nyttig for arbejdstagere, arbejdstagerrepræsentanter og myndigheder i medlemsstaterne. Den består af to bind og en specifik vejledning til SMV'er.

I vejledningens bind 1 gives der gode råd om, hvordan risikovurderingen udføres, og de muligheder, der findes for arbejdsgivere, som skal gennemføre yderligere beskyttelses- eller forebyggelsesforanstaltninger.

I bind 2 beskrives 12 casestudier med eksempler på, hvordan arbejdsgivere kan foretage vurderinger, ligesom nogle af de beskyttelses- eller forebyggelsesforanstaltninger, der kan vælges og gennemføres, illustreres. Casestudierne beskrives inden for rammerne af almene arbejdssteder, men de er hentet fra »det virkelige liv«.

Vejledningen til SMV'er kan være en hjælp for arbejdsgivere, der skal foretage en indledende vurdering af risici fra EMF på deres arbejdssted. Med udgangspunkt i resultatet af denne vurdering kan arbejdsgivere bruge vejledningen til at afgøre, om de skal træffe yderligere foranstaltninger i henhold til EMF-direktivet.«

Denne vejledning fås i elektronisk udgave på alle EU's officielle sprog.

Du kan hente vores publikationer eller abonnere gratis på

<http://ec.europa.eu/social/publications>

Hvis du ønsker regelmæssige ajourføringer om Generaldirektoratet for Beskæftigelse, Sociale Anliggender, Arbejdsmarkedsforhold og Inklusion, kan du tilmelde dig det gratis e-nyhedsbrev Social Europe på

<http://ec.europa.eu/social/e-newsletter>



<https://www.facebook.com/socialeurope>



https://twitter.com/EU_Social

