



Europa-
Kommissionen

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

om elektromagnetiske felter

Bind 2:
Casestudier

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>

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

om elektromagnetiske felter

Bind 2:
Casestudier

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:

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

Europe Direct er en service, der har til formål at hjælpe med at besvare
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 internettet (<http://europa.eu>)

Luxembourg: Den Europæiske Unions Publikationskontor, 2015

ISBN 978-92-79-45928-3

doi:10.2767/266795

© Den Europæiske Union, 2015

Gengivelse er tilladt med kildeangivelse.

INDHOLDSFORTEGNELSE

Casestudier.....	7
1. Kontor.....	9
1.1. Arbejdssted.....	9
1.2. Arbejdets karakter.....	9
1.3. Vurderingsmetode.....	10
1.4. Resultater af vurderingen.....	10
1.5. Risikovurdering.....	10
1.6. Forholdsregler, der allerede er truffet.....	11
1.7. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen.....	11
2. NMR-Spektrometer.....	12
2.1. Arbejdssted.....	12
2.2. Arbejdets karakter.....	12
2.3. Information om udstyr, der genererer EMF.....	12
2.4. Metode til vurdering af eksponering.....	13
2.5. Resultater af eksponeringsvurdering.....	14
2.6. Risikovurdering.....	14
2.7. Forholdsregler, der allerede er truffet.....	15
2.8. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen.....	16
3. Elektrolyse.....	17
3.1. Arbejdssted.....	17
3.2. Arbejdets karakter.....	17
3.3. Information om udstyr, der genererer EMF.....	17
3.3.1. Rummet med elektrolyseceller.....	17
3.3.2. Arbejdsbås med ensrettere.....	18
3.4. Sådan anvendes udstyret.....	20
3.5. Metode til vurdering af eksponering.....	20
3.5.1. Rummet med elektrolyseceller.....	21
3.5.2. Arbejdsbås med ensrettere.....	21
3.6. Resultater af eksponeringsvurdering.....	22
3.6.1. Rummet med elektrolyseceller.....	23
3.6.2. Arbejdsbås med ensrettere.....	27
3.7. Risikovurdering.....	29
3.8. Forholdsregler, der allerede er truffet.....	31
3.9. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen.....	31
3.10. Andre informationskilder.....	31
4. Sundhedssektoren.....	32
4.1. Arbejdssted.....	32
4.2. Arbejdets karakter.....	32
4.3. Information om udstyr, der genererer EMF.....	32
4.3.1. Elektrokirurgiske anordninger.....	32
4.3.2. Transkraniel magnetisk stimulering (TMS).....	33
4.3.3. Kortbølgediatermi.....	34
4.4. Sådan anvendes udstyret.....	34

4.4.1.	Elektrokirurgiske anordninger.....	34
4.4.2.	Transkraniel magnetisk stimulering (TMS).....	34
4.4.3.	Kortbølgediatermi.....	35
4.5.	Metode til vurdering af eksponering.....	35
4.6.	Resultater af eksponeringsvurdering.....	36
4.6.1.	Elektrokirurgisk enhed.....	36
4.6.2.	TMS-anordning.....	39
4.6.3.	Kortbølgediatermi.....	43
4.7.	Risikovurdering.....	43
4.7.1.	Elektrokirurgisk enhed.....	43
4.7.2.	TMS-anordning.....	43
4.8.	Forholdsregler, der allerede er truffet.....	46
4.9.	Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen.....	46
4.9.1.	Elektrokirurgisk enhed.....	46
4.9.2.	TMS-anordning.....	46
4.9.3.	Kortbølgediatermi.....	47
5.	Maskinværksted.....	48
5.1.	Arbejdssted.....	48
5.2.	Arbejdets karakter.....	48
5.3.	Sådan anvendes udstyret.....	48
5.3.1.	Magnetpulverundersøgelse (MPI).....	48
5.3.2.	Afmagnetiseringsapparat.....	49
5.3.3.	Planslibemaskine.....	50
5.3.4.	Andre værktøjer, der anvendes på værkstedet.....	50
5.4.	Information om udstyr, der genererer EMF.....	51
5.5.	Metode til vurdering af eksponering.....	51
5.6.	Resultater af eksponeringsvurdering.....	51
5.6.1.	Magnetpulverundersøgelse.....	51
5.6.2.	Afmagnetiseringsapparat.....	52
5.6.3.	Planslibemaskine.....	54
5.6.4.	Andre værktøjer, der anvendes på værkstedet.....	54
5.7.	Risikovurdering.....	55
5.8.	Forholdsregler, der allerede er truffet.....	59
5.9.	Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen.....	59
5.10.	Andre informationskilder.....	61
6.	Bilindustrien.....	63
6.1.	Arbejdssted.....	63
6.2.	Arbejdets karakter.....	63
6.3.	Sådan anvendes udstyret.....	63
6.4.	Information om udstyr, der genererer EMF.....	65
6.5.	Metode til vurdering af eksponering.....	67
6.6.	Resultater af eksponeringsvurderinger.....	68
6.6.1.	Resultater af eksponeringsmåling for punktsvejsere på værksted.....	69
6.6.2.	Resultater af eksponeringsvurdering af induktionsvarmere anvendt på værksted.....	71
6.7.	Konklusion af eksponeringsvurderinger.....	72
6.8.	Risikovurdering.....	74
6.9.	Forholdsregler, der allerede er truffet.....	74
6.10.	Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen.....	75
6.11.	Punktsvejsere i bilproduktion.....	76
6.11.1.	Vurdering af punktsvejsere på fabrik.....	76
6.11.2.	Måleresultater for punktsvejsere på fabrik.....	78
6.11.3.	Resultater af måling af punktsvejsere på fabrik sammenholdt med aktionsniveauerne.....	80
6.11.4.	Resultater af måling af punktsvejsere på fabrik sammenholdt med eksponeringsgrænseværdierne.....	80

7. Svejsning	83
7.1. Arbejdssted.....	83
7.2. Arbejdets karakter	83
7.3. Information om udstyr, der genererer EMF	83
7.3.1. Punktvejsere	83
7.3.2. Sømsvejsemaskine.....	84
7.4. Sådan anvendes udstyret.....	85
7.5. Metode til vurdering af eksponering.....	85
7.6. Resultater af eksponeringsvurdering.....	86
7.6.1. Stationær punktvejser.....	86
7.6.2. Mobil ophængt punktvejser.....	87
7.6.3. Sømsvejsemaskine.....	89
7.7. Risikovurdering.....	90
7.8. Forholdsregler, der allerede er truffet.....	94
7.9. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen	94
7.10. Andre informationskilder.....	95
7.10.1. Stationær punktvejser.....	95
7.10.2. Mobil ophængt punktvejser.....	96
7.10.3. Sømsvejsemaskine.....	96
8. Metallurgisk Produktion	98
8.1. Arbejdssted.....	98
8.2. Arbejdets karakter	98
8.3. Information om udstyr, der genererer EMF, og hvordan det anvendes	98
8.3.1. Lille anlæg til produktion af legeringer	98
8.3.2. Anlæg til produktion af ferrotitan.....	99
8.3.3. Stort elektrisk smelteanlæg.....	99
8.3.4. Anlæg med lysbueovn.....	100
8.3.5. Analyzelaboratorium.....	100
8.4. Resultater af eksponeringsvurdering.....	101
8.4.1. Lille anlæg til produktion af legeringer.....	101
8.4.2. Anlæg til produktion af ferrotitan.....	101
8.4.3. Stort elektrisk smelteanlæg.....	101
8.4.4. Anlæg med lysbueovn.....	102
8.4.5. Analyzelaboratorium.....	102
8.5. Resultater af eksponeringsvurdering.....	102
8.5.1. Indledende eksponeringsvurdering.....	102
8.5.2. Detaljeret eksponeringsvurdering af induktionsovn i lille anlæg til produktion af legeringer.....	104
8.6. Risikovurdering.....	106
8.7. Forholdsregler, der allerede er truffet.....	108
8.8. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen	108
8.9. Andre informationskilder.....	109
9. RF-Plasmaapparater	112
9.1. Arbejdets karakter	112
9.2. Information om udstyr, der genererer EMF	112
9.3. Sådan anvendes udstyret.....	113
9.4. Metode til vurdering af eksponering.....	113
9.5. Resultater af eksponeringsvurdering.....	115
9.6. Risikovurdering.....	116
9.7. Forholdsregler, der allerede er truffet.....	117
9.8. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen	118
9.9. Yderligere oplysninger	119

10. Tagantenner	120
10.1. Arbejdssted.....	120
10.2. Arbejdets karakter	120
10.3. Information om udstyr, der genererer EMF	121
10.4. Sådan anvendes udstyret.....	123
10.5. Metode til vurdering af eksponering	123
10.6. Resultater af eksponeringsvurdering.....	124
10.7. Risikovurdering	125
10.8. Forholdsregler, der allerede er truffet	126
10.9. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen	127
11. Walkie-talkier	128
11.1. Arbejdssted.....	128
11.2. Arbejdets karakter	128
11.3. Sådan anvendes udstyret.....	130
11.4. Metode til vurdering af eksponering	130
11.5. Resultater af eksponeringsvurdering.....	130
11.6. Risikovurdering	130
11.7. Forholdsregler, der allerede er truffet	131
11.8. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen	131
12. Lufthavne.....	132
12.1. Arbejdssted.....	132
12.2. Arbejdets karakter	132
12.2.1. Radar.....	132
12.2.2. Rundstrålende radiofyr	132
12.2.3. Afstandsmålingsradar	133
12.3. Information om udstyr, der genererer EMF	133
12.3.1. Radar.....	133
12.3.2. Rundstrålende radiofyr.....	134
12.3.3. Afstandsmålingsradar	134
12.4. Sådan anvendes udstyret.....	134
12.5. Metode til vurdering af eksponering	134
12.5.1. Radar.....	134
12.5.2. Rundstrålende radiofyr	136
12.5.3. Afstandsmålingsradar	136
12.6. Resultater af eksponeringsvurdering.....	136
12.6.1. Radar.....	137
12.6.2. Rundstrålende radiofyr.....	137
12.6.3. Afstandsmålingsradar	138
12.7. Risikovurdering	138
12.8. Forholdsregler, der allerede er truffet	141
12.8.1. Radar.....	141
12.8.2. Rundstrålende radiofyr.....	142
12.8.3. Afstandsmålingsradar	142
12.9. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen	142
12.9.1. Radar.....	142
12.9.2. Rundstrålende radiofyr.....	143
12.9.3. Afstandsmålingsradar	143

CASESTUDIER

Denne samling af casestudier udgør bind 2 af den ikkebindende vejledning i god praksis for gennemførelse af EMF-direktivet (2013/35/EU). Den skal læses sammen med selve vejledningen, som findes i bind 1.

Følgende casestudier er udviklet for en række forskellige erhvervssektorer, der primært omfatter arbejdstagere fra små og mellemstore virksomheder. De er baseret på virkelige vurderinger foretaget i »det virkelige liv«. Som følge af kompleksiteten af nogle af vurderingerne er de dog blevet forenklet eller opsummeret med henblik på at gøre dem mere anvendelige for læseren og begrænse den samlede længde af dette bind. De har til formål at illustrere forskellige praktiske fremgangsmåder, som arbejdsgivere kan benytte for at håndtere de risici, der er forbundet med eksponering for elektromagnetiske felter. De omfatter eksempler på god praksis.

Nogle af casestudierne indeholder områdeplots, der har til formål at give en skematisk illustration (i planvisning) af de målte (eller beregnede) eksponeringsniveauer omkring det omhandlede udstyr.

Nogle af casestudierne indeholder resultaterne af computermodelleringer, der vises som farvefordelingsplots af det maksimale inducerede elektriske felt eller den specifikke energiabsorptions hastighed i de 2 mm³ voxels, der udgør menneskemodellen. Formålet med disse plots er skematisk at illustrere, hvor feltet absorberes i menneskekroppen, snarere end at give præcise oplysninger om størrelsen af disse felter. I de lavfrekvente plots vises de maksimale inducerede elektriske felter og ikke den 99. percentil for inducerede elektriske felter (der anvendes til sammenligning med eksponeringsgrænseværdierne).

Dette bind indeholder følgende casestudier:

1. **Kontor**
2. **NMR-spektrometer**
3. **Elektrolyse**
4. **Sundhedssektoren**
5. **Maskinværksted**
6. **Bilindustrien**
7. **Svejsning**
8. **Metallurgisk produktion**
9. **RF-plasmaapparater**
10. **Tagantenner**
11. **Walkie-talkier**
12. **Lufthavne**

1. KONTOR

1.1. Arbejdssted

Dette casestudie vedrører en gruppe kontorer i en mellemstor ingeniørvirksomhed. Kontorerne indeholder almindeligt elektrisk kontorudstyr, der er tilsluttet elnettet. Computerne er en kombination af stationære computere tilsluttet et lokalnet (LAN), bærbare computere, der anvender et Wi-Fi-system, og en netværksserver. Der er også et lille køkken, som de ansatte kan anvende. Det elektriske udstyr i køkkenet omfatter en koge kedel, et køleskab og en mikrobølgeovn. Der er også en større central netværksserver, som er placeret i et separat rum. Kontorområdet er sikret ved hjælp af et RFID-adgangskontrolsystem, som hver kontormedarbejder har en adgangstoken til. Kontorchefen besluttede at revidere risikovurderingen for kontoret, da han gennem kolleger havde hørt om den nye lovgivning om gennemførelse af EMF-direktivet.

1.2. Arbejdets karakter

Kontormedarbejdere bruger en stor del af tiden på at arbejde på computere og foretage telefonopkald på trådløse DECT-telefoner og mobiltelefoner. Adgangstokens tilslutningsstik med udtagsnøre giver dem adgang til kontorerne, når de er placeret tæt på RFID-dørlåse. Nogle af kilderne til elektromagnetiske felter vises i figur 1.1. Alle arbejdstagere har adgang til køkkenet, hvor de kan lave varme drikke og varm mad i mikroovnen.

Figur 1.1. Kilder til elektromagnetiske felter i kontoret



1.3. Vurderingsmetode

Kontorchefen gik omkring i kontorområdet, noterede alt elektrisk udstyr, herunder apparater, der genererer elektromagnetiske felter, og talte med medarbejderne for at sikre, at han ikke havde overset noget. Kontorchefen læste det første afsnit i den ikkebindende vejledning til god praksis for gennemførelse af direktiv 2013/35/EU om elektromagnetiske felter og indså, at han bedst kunne vurdere risikoen ved at se, om de udpegede apparater var opført i tabel 3.2 i kapitel 3 i vejledningens bind 1. Hvis apparater ikke var opført i tabellen, skulle der muligvis foretages yderligere vurdering.

1.4. Resultater af vurderingen

Kontorchefen lavede en optegnelse over alt elektrisk udstyr (tabel 1.1) og noterede, om det var opført i tabel 3.2 i kapitel 3 i vejledningens bind 1.

Tabel 1.1. Liste over elektrisk udstyr i kontorområdet

Apparat	Lav risiko for alle arbejdstagere (tabel 3.2, kapitel 3)	Vurdering påkrævet for arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr eller kropsbåret medicinsk udstyr (tabel 3.2, kapitel 3)	Bemærkninger
Computere	✓		
Netværksserver med tilknyttet UPS og netværkskabler	✓		UPS-enheden har samme effekt som normal strømforsyning.
Bærbare computere (Wi-Fi aktiveret)		✓	
Trådløse DECT-telefoner		✓	
Lysnetkabler	✓		
Mobiltelefoner		✓	
Fotokopimaskine	✓		
Wi-Fi-adgangshubs		✓	
Kogekedel	✓		
Køleskab	✓		
Mikrobølgeovn	✓		Ovn skal være vedligeholdt.
RFID-adgangskontrol		✓	

1.5. Risikovurdering

Ifølge resultaterne af vurderingen vil anvendelsen af kontorudstyr anført i tabel 3.2 i kapitel 3 i vejledningens bind 1 ikke overstige de relevante eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger i EMF-direktivet. Andre apparater anført i tabel 3.2 kan dog forårsage interferens med aktivt, implanteret medicinsk udstyr eller kropsbåret medicinsk udstyr hos arbejdstagere. Den EMF-specifikke risikovurdering i tabel 1.2 blev føjet til den overordnede risikovurdering for kontoret.

1.6. Forholdsregler, der allerede er truffet

Periodisk kontrol af mikroovnens generelle tilstand fortages ved den rutinemæssige sikkerhedsundersøgelse af kontoret.

1.7. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen

Kontorchefen har indført et par simple foranstaltninger:

- Nyt udstyr af en anden type skal vurderes med udgangspunkt i EMF-direktivet for at afgøre, om det ændrer resultatet af risikovurderingen.
- Når en kontomedarbejder oplyser, at vedkommende er særligt udsat på grund af en aktiv, implanteret medicinsk anordning, gennemgår kontorchefen sammen med medarbejderen de oplysninger, han eller hun har fået udleveret af lægen.

Tabel 1.2. EMF-specifikke tilføjelser til generel risikovurdering for kontor

Farer	Eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger	Udsatte personer	Alvorlighed			Sandsynlighed			Risikovurdering	Nye forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger
			Mindre	Alvorlig	Dødelig	Usandsynlig	Mulig	Sandsynlig		
EMF-stråling fra mikrobølgeovn	Periodisk kontrol af ovnens generelle tilstand, herunder beskadigelse af dørforsegling, vinduesnet og funktionen af sikkerhedsafbrydere	Alle arbejdstagere	✓			✓			Lav	Ingen påkrævet
Interferens med aktivt, implanteret medicinsk udstyr eller kropsbåret medicinsk udstyr fra EMF-stråling	Ingen	Særligt udsatte arbejdstagere		✓		✓			Lav	Sørg for, at arbejdstagere med medicinsk elektrisk udstyr eller medicinske elektriske anordninger underkastes en individuel risikovurdering, når de vender tilbage til arbejde, hvor sikkerhedsforanstaltninger, som anbefales af deres læge, kan udpeges og gennemføres. Nyt udstyr skal vurderes.

2. NMR-SPEKTROMETER

2.1. Arbejdssted

NMR-spektrometre (kernemagnetisk resonans) kan udgøre en fare som følge af stærke statiske magnetiske felter. De bruges til at undersøge materialers egenskaber, f.eks. analyse af kemiske forbindelser i fremstillingsindustrier. Dette casestudie vedrører en lægemiddelvirksomhed, hvor NMR-apparater er placeret i et særligt spektroskopilaboratorium. Virksomheden havde planer om at købe et nyt spektrometer, og sikkerhedslederen ønskede at revidere risikovurderingen, inden en handlingsplan blev udarbejdet.

2.2. Arbejdets karakter

Små prøver af det materiale, der skal analyseres, indføres enten enkeltvist med hånden eller automatisk i batches via en karrusel i NRM-apparatets vertikale rør (figur 2.1).

Figur 2.1. NMR-apparat med prøvekarrusel og indføringsplatform



2.3. Information om udstyr, der genererer EMF

Som forberedelse på revisionen indsamlede sikkerhedslederen generelle oplysninger om NMR-apparaterne og bemærkede følgende:

- Elektromagneten genererer et stærkt statisk (0 Hz) magnetisk felt, og fluxtætheder varierer fra ca. 0,5 til 20 T afhængigt af apparatet. Små bordapparater bruger ofte permanente magneter af sjældne jordarter, mens større standaloneapparater anvender superledende

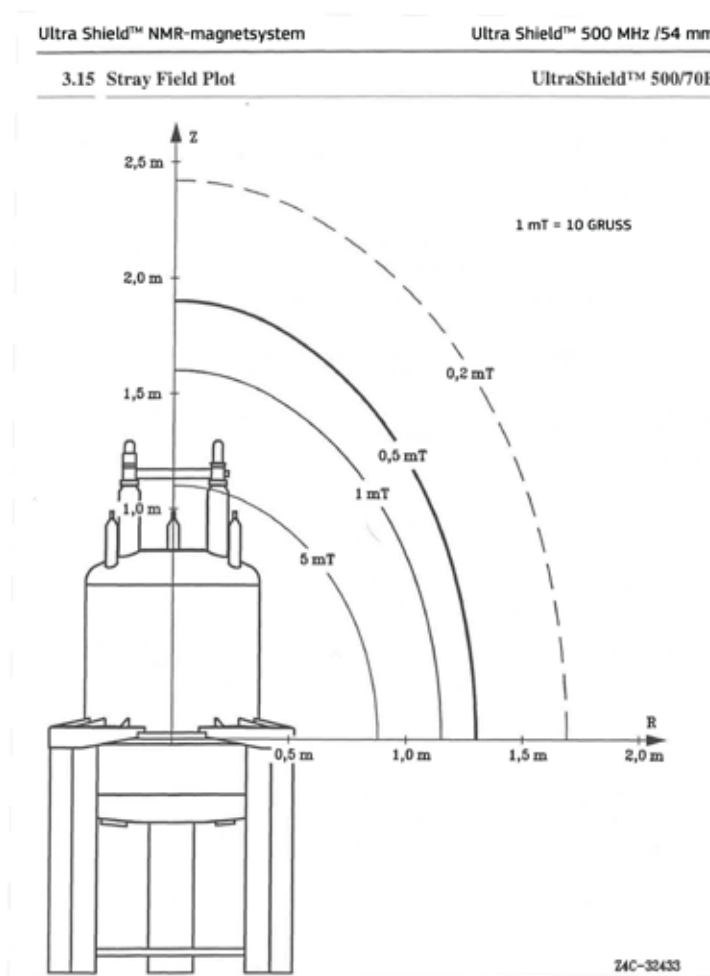
magneter. Magneten er fuldt ladet i lange perioder for at forbedre feltets stabilitet, og det er ikke muligt at reducere feltstyrken, når arbejdstagere er i nærheden.

- Fabrikanten har løbende forbedret apparaternes design, så de omfatter passiv og aktiv afskærmning, som reducerer styrken af det statiske magnetfelt, arbejdstageren kan blive eksponeret for. Det farlige magnetfelt kan således næsten indesluttet inden for kryostaten. I ældre eller mindre velafskærmede apparater kan det farlige magnetfelt gå et par meter ind i arbejdsområdet.
- Disse eksterne magnetfelter fordrejes og kanaliseres ofte af stålkonstruktioner (f.eks. jerdragere) i bygningen.

2.4. Metode til vurdering af eksponering

Sikkerhedslederen vidste, at fabrikanten af det nye apparat kan give oplysninger om styrken af det statiske magnetfelt, arbejdstageren kan blive eksponeret for. Fabrikanten kunne især beskrive omfanget af eventuel fare fra indirekte virkninger, som f.eks. projektilrisikoen fra ferromagnetiske genstande eller interferens med elektromedicinsk udstyr og elektromedicinske apparater. I overensstemmelse med god praksis leverede fabrikanten en plottegning over det statiske magnetiske spredningsfelt omkring apparatet (figur 2.2).

Figur 2.2. Plot af statisk magnetisk spredningsfelt omkring NMR-apparatet



Sikkerhedslederen vidste, at styrken af det statiske magnetfelt omkring apparatet kan måles med et magnetometer, og at det vil være meget lettere at få et pålideligt resultat med en isotropisk probe (med tre akser) end med en probe med én akse. Denne metode ville dog kræve en investering af både tid og penge og en vurdering af de farer, der kan opstå, når målingerne tages, især hvis instrumentet er beklædt med metal. I vurderingen udelukkede sikkerhedslederen sådanne målinger med den begrundelse, at fabrikanten ville fremlægge tilstrækkelige oplysninger.

Sikkerhedslederen vurderede også, hvilke grupper af arbejdstagere der vil få adgang til NMR-laboratoriet, og hvilke opgaver de sandsynligvis udfører. Han vurderede, at serviceteknikere fra fabrikkerne af NMR-apparaterne lejlighedsvis skal have adgang, og at de vil få adgang til områder med høje feltstyrker, f.eks. kryostatens base, når de skal justere spektrometret. Han bemærkede dog, at hans virksomhed ville kræve, at disse teknikere fremlagde en skriftlig risikovurdering og skriftlige sikkerhedsprocedurer for deres arbejde, og at de forventedes at dokumentere deres kompetence (f.eks. ved dokumentation for uddannelse og praktisk erfaring) inden deres besøg. På det grundlag vurderede han, at risiciene i forbindelse med deres arbejde var lav. Han bemærkede også, at eksternt rengøringspersonale ikke vil få adgang til laboratoriet.

2.5. Resultater af eksponeringsvurdering

Fra revisionen af de eksisterende apparater på NMR-laboratoriet vidste sikkerhedslederen, at der var stor forskel mellem sikkerhedsafstanden på grund af apparaternes konstruktion og især afskærmning. For ældre ikkeafskærmede apparater med høj feltstyrke kan den være på flere meter, mens den for moderne velafskærmede apparater praktisk talt kan være nul. Han forventede dog ikke, at feltstyrken vil overstige eksponeringsgrænseværdierne for direkte virkninger på steder, som virksomhedens medarbejdere har adgang til. Selv om der var betydelig effektafgivelse fra RF-forstærkeren, forventedes radiofrekvensfeltet at være helt indeholdt i apparatet og utilgængeligt for arbejdstagere.

Ud fra oplysningerne fra fabrikanten (figur 2.2) konstaterede sikkerhedslederen, at aktionsniveauerne for indirekte virkninger sandsynligvis vil blive overskredet inden for 1,3 m af kryostatens udvendige overflade.

2.6. Risikovurdering

Sikkerhedslederen vidste, at der allerede forelå en risikovurdering for NMR-laboratoriet, og bemærkede, at den var i overensstemmelse med den metode, der anbefales af OiRA (EU-OSHA's platform for interaktiv onlinerisikovurdering). Den evaluerer alle risici for arbejdstagere på laboratoriet, herunder risici fra:

- arbejde i højden, når prøver indføres
- kryogene væsker og »quenching« (afbrydelse) af superledende magneter
- asfykerende nitrogenatmosfære i lukkede rum under kryostaten, som f.eks. prøvebrønde
- ferromagnetiske projektilgenstande (f.eks. værktøjer og instrumenter)
- interferens med elektromedicinske apparater og udstyr.

Det ville således være enkelt at udarbejde en ny handlingsplan ud fra oplysninger i den eksisterende risikovurdering. Et eksempel på en EMF-specifik risikovurdering for NMR-laboratoriet vises i tabel 2.1.

2.7. Forholdsregler, der allerede er truffet

Sikkerhedslederen konstaterede, at der var blevet truffet en række organisatoriske foranstaltninger på NMR-laboratoriet med henblik på at forebygge eller begrænse eksponering. Man har for det første valgt NMR-apparater med passiv eller aktiv afskærmning i overensstemmelse med det aktuelle tekniske niveau. Andre foranstaltninger i overensstemmelse med god praksis omfattede:

- opstilling af NMR-apparater i et særskilt laboratorium med fysisk adgangskontrol (indtastning af numerisk kode)
- opsætning af advarsels- og forbudsskilte i overensstemmelse med direktiv 92/58/EØF på indgangsdøren til laboratoriet (figur 2.3); dette omfatter en advarsel til personer, der bærer elektromedicinsk udstyr
- forbud mod at medbringe ferromagnetiske værktøjer og andre genstande i laboratoriet
- adskillelse af NMR-apparater fra andet laboratorieudstyr og andre arbejdspladser
- opsætning af kæde og mærkning af gulvet ved 0,5 mT-området som adgangskontrol (figur 2.4)
- oplysning, instruktion og oplæring af alle, der arbejder på laboratoriet, og tilstrækkeligt tilsyn
- krav til serviceteknikere om, at de fremlægger skriftlig sikkerhedsdokumentation og dokumenterer deres kompetence inden servicebesøg.

Figur 2.3. Advarsels- og forbudsskilte på indgangsdør til NMR-laboratorium



Figur 2.4. Afmærkning af område, der er afspærret med kæde, og mærkning på gulvet



Tabel 2.1. EMF-specifik risikovurdering for NMR-laboratorium

Farer	Eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger	Udsatte personer	Alvorlighed			Sandsynlighed		Risikovurdering	Nye forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger
			Mindre	Alvorlig	Dødelig	Usandsynlig	Mulig		
Direkte virkninger af statiske magnetiske felter	Dedikeret laboratorium med fysisk adgangskontrol	Laboratoriemedarbejdere	✓			✓		Lav	
	Advarsels- og forbudsskilte								
	Information, instruktion og oplæring								Genopfriskningsuddannelse Indsæt artikel i sikkerhedsnyhedsbrev
	Krav om skriftlig sikkerhedsdokumentation og dokumentation for kompetence	Serviceteknikere	✓			✓		Lav	
Indirekte virkninger af statiske magnetiske felter (interferens med medicinske implantater, projektilrisiko)	Ingen adgang for rengøringspersonale	Rengøringspersonale	✓			✓		Lav	Bevidstgør rengøringspersonale
	Forbud mod at medbringe ferromagnetiske genstande	Alle ovenstående		✓			✓	Lav	Bevidstgør vedligeholdelsespersonale
Radiofrekvensfelt	Se ovenfor	Særligt udsatte arbejdstagere		✓			✓	Lav	Se ovenfor
	Helt indeholdt i apparat og ikke tilgængeligt	Alle ovenstående	✓			✓		Lav	Ingen

2.8. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen

Sikkerhedslederen var generelt tilfreds med revisionen af risikovurderingen og evalueringen af farerne i forbindelse med det nye apparat. De organisatoriske foranstaltninger blev skønnet at være tilstrækkelige, selv om det var fem år, siden arbejdstagere sidst fik oplæring i farer og forholdsregler i forbindelse med NMR-laboratoriet. Sikkerhedslederen udarbejdede derfor en handlingsplan med følgende elementer:

- Gennemfør genopfriskning for laboratiemedarbejdere med en serie af korte bevidstgørende kurser, hvor nyansatte prioriteres.
- Sørg for, at vedligeholdelsespersonale er bevidst om farerne, især fra »flyvende« ferromagnetiske værktøjer.
- Bekræft, at rengøringsmedarbejdere ved, at de ikke har adgang til laboratoriet.
- Indsæt en artikel om farerne på laboratoriet i virksomhedens næste sikkerhedsnyhedsbrev.

3. ELEKTROLYSE

Kilderne til EMF i dette casestudie omfatter følgende:

- elektrolyseceller
- thyristor ensrettere
- strømbusser
- transformatorer.

3.1. Arbejdssted

Udstyret blev installeret i et stort klorproduktionsanlæg. Følgende arbejdssteder blev undersøgt:

- rummet med elektrolyseceller
- arbejdsbåse med ensrettere.

3.2. Arbejdets karakter

Arbejdet på udstyret udføres primært af kvalificerede og erfarne teknikere, der skal kunne betjene alt udstyr med tilknytning til klorproduktionsanlægget. Det kan omfatte periodisk adskillelse og servicering af elektrolysecelle, mens de tilstødende elektrolyseceller er spændingsførende.

Anlægget var relativt nyt, og EMF-sikkerhed blev taget i betragtning allerede i konstruktionsfasen. Dette casestudie er derfor et eksempel på god praksis og fokuserer på betydningen af at tage eksponeringen for EMF i betragtning allerede ved planlægningen af større projekter.

3.3. Information om udstyr, der genererer EMF

3.3.1. Rummet med elektrolyseceller

Rummet med elektrolyseceller indeholder 20 elektrolyseceller, der producerer klor ved at sætte strøm til saltvand ved brug af membrancelektrolyse. Hver elektrolysecelle forsynes med 450 V, 16,5 kA, jævnstrøm. Der er installeret Perspex-afskærmning omkring elektrolysecellerne for at forhindre adgang til spændingsførende elektriske ledere.

Med afskærmningen er hver elektrolysecelle 17,2 m lang og 4,4 m bred og består af 138 celler opdelt i to »pakker« af 69 celler hver, som er forbundet i serier. Elektrolysecellerne er placeret med en afstand på ca. 1,1 m. Opstillingen af elektrolyseceller vises i figur 3.1.

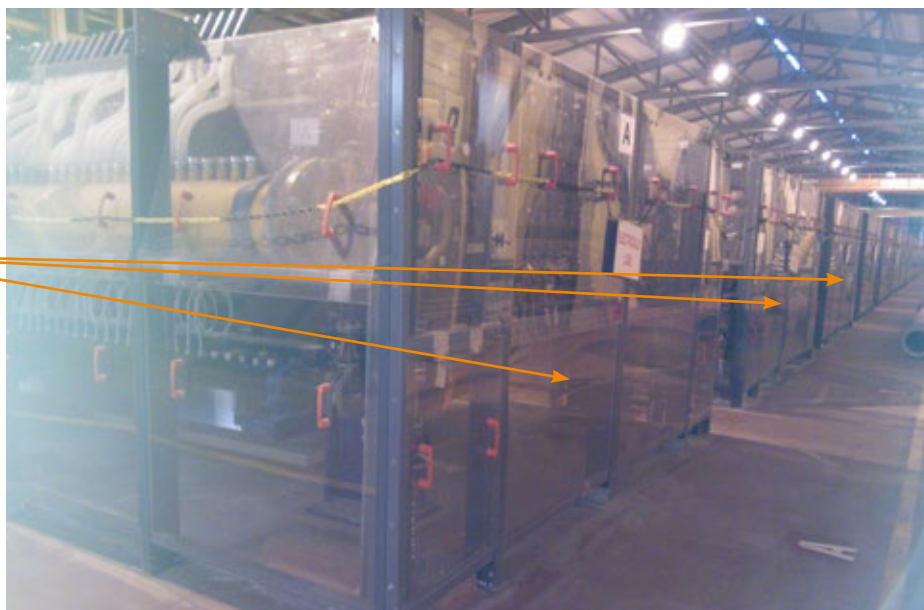
En teoretisk modelvurdering baseret på beregninger af magnetfelter omkring de ledende dele af anlægget blev udført i konstruktionsfasen for at sikre, at eksponeringen for EMF vil være minimeret.

Figur 3.1. Elektrolyseceller i cellerum

Langsiden af en elektrolysecelle



Flere elektrolyseceller

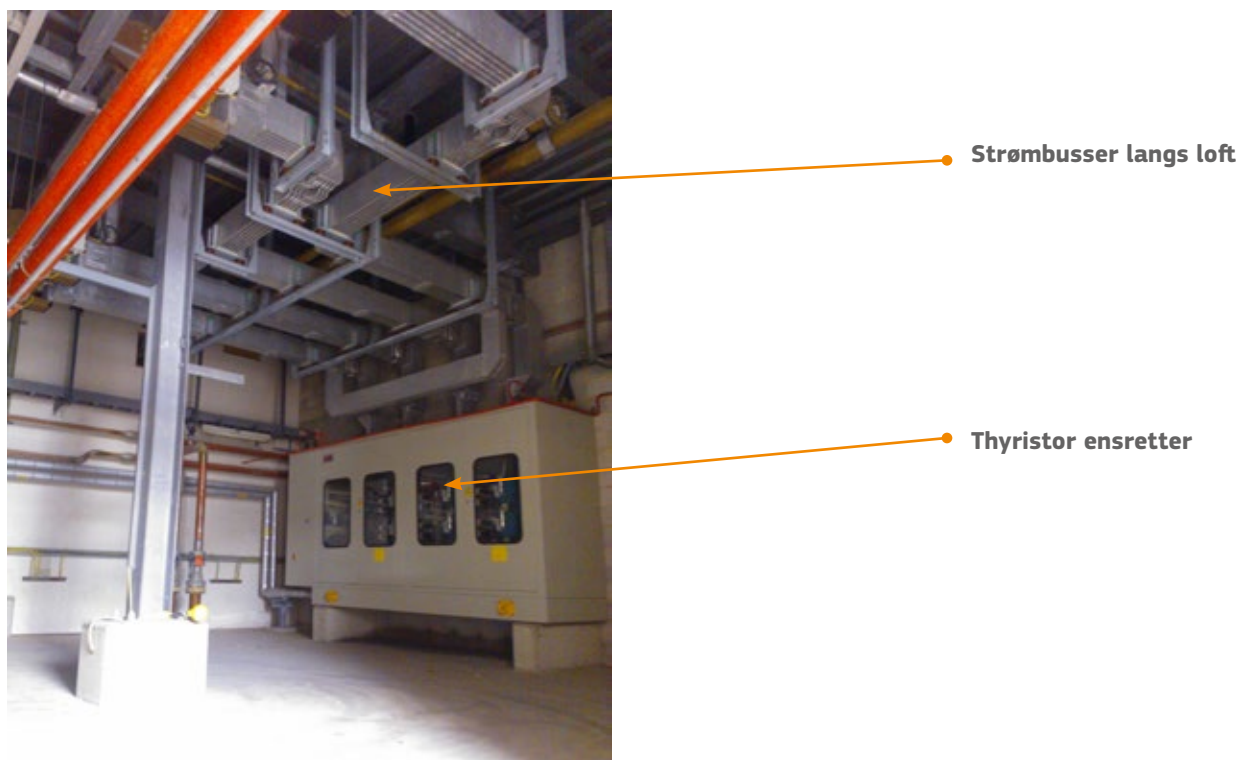


3.3.2. Arbejdsbås med ensrettere

Hver arbejdsbås med ensrettere (figur 3.2) indeholder en thyristor ensretter, der forsyner to elektrolyseceller med jævnstrøm. Strømbusser, der forsyner elektrolyseceller, løber langs loftet ca. 4,2 m over gulvet. Arbejdsbåserne er indhegnet for at forhindre adgang fra steder uden for bygningen, og døren til hver arbejdsbås er låst og forsynet med advarselsskilt (figur 3.3). Adgang til arbejdsbåserne tillades normalt ikke, når elektrolysecellerne er i drift.

De transformatorer, der forsyner cellerummet, er placeret uden for arbejdsbåserne med ensrettere på den anden side af væggen til ensretterne. Transformatorbåserne er også indhegnet for at forhindre adgang (figur 3.4).

Figur 3.2. Arbejdsbås med ensretter



Figur 3.3. Adgangsbegrænsning til arbejdsbås med ensretter



Figur 3.4. Transformatorbåse

3.4. Sådan anvendes udstyret

Klorproduktionsprocessen er automatiseret og fjernstyres fra et kontrolrum i en bygning i nærheden.

3.5. Metode til vurdering af eksponering

Eksponeringer blev målt af en ekstern konsulent ved brug af specialudstyr. Da anlægget var blevet konstrueret under hensyntagen til EMF-sikkerhed, og konstruktionen omfattede en teoretisk modelvurdering baseret på beregninger af magnetfelter omkring de ledende dele af anlægget, blev målingerne foretaget for at bekræfte, at de allerede indførte beskyttelses- og forebyggelsesforanstaltninger effektivt begrænsede eksponeringen for EMF.

Målinger blev foretaget af både statisk magnetisk fluxtæthed, der skyldes jævnstrømsforsyningen til elektrolysecellerne, og den tidsvarierende magnetiske fluxtæthed, der skyldes det forhold, at jævnstrøm produceres ved ensretning af vekselstrøm, og der forventedes derfor en vis ripple på jævnstrømsforsyningen til elektrolysecellerne. Ripples frekvens blev også bekræftet under eksponeringsvurderingen.

Konsulenten udførte tids- og bevægelsesstudier inden målingerne for at sikre, at de blev foretaget på steder, der var repræsentative for de sædvanlige arbejdspositioner. Målingerne blev foretaget, da elektrolysecellerne kørte med konstant belastning.

Måleresultaterne blev sammenlignet med de relevante eksponeringsgrænseværdier (ELV'er) og aktionsniveauer (AL'er) for direkte virkninger og med aktionsniveauerne for indirekte virkninger for statiske magnetiske felter (interferens med aktivt, implanteret medicinsk udstyr samt tiltræknings- og projektilrisiko i det perifere område af kilder til kraftige feltstyrker).

Ved vurderingen af særligt udsatte arbejdstageres eksponering sammenlignede han med referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) (se bilag E i vejledningens bind 1).

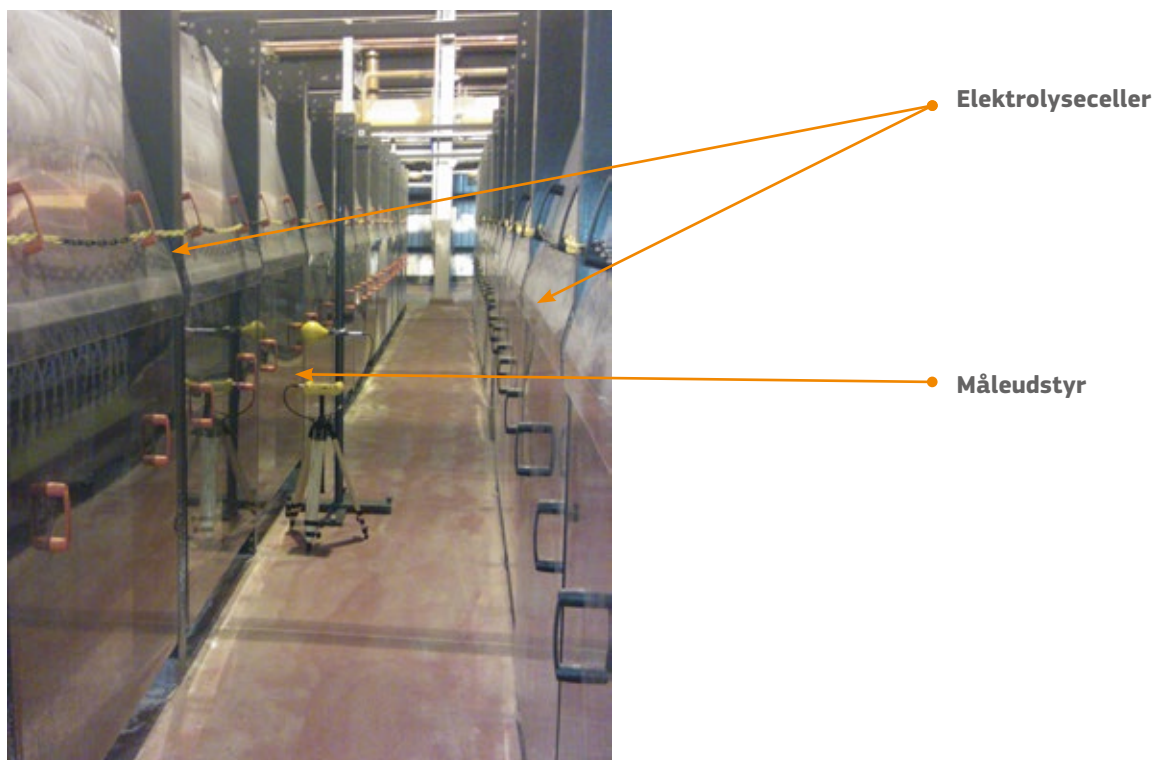
3.5.1. Rummet med elektrolyseceller

Målinger af tidsvarierende magnetisk fluxtæthed og statisk magnetisk fluxtæthed blev foretaget mellem to elektrolyseceller (figur 3.5). De tre sæt målinger blev foretaget:

- med mellemrum langs spalten mellem de to elektrolyseceller
- med mellemrum langs hele længden af midten af spalten fra den ene ende af elektrolysecellerne til den anden
- i det vertikale plan langs den ene af elektrolysecellerne.

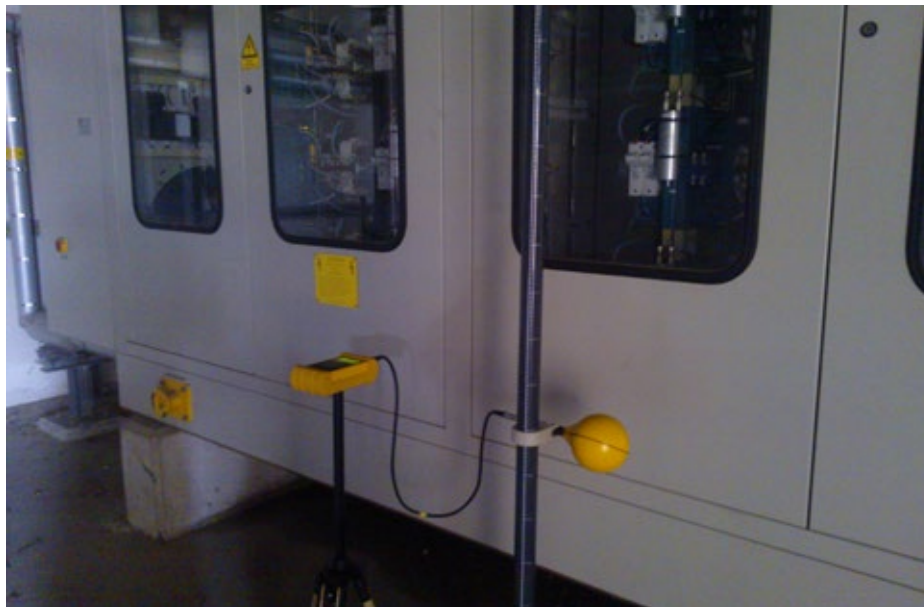
Målingerne gav et billede af eksponeringen af en arbejdstager, der går mellem elektrolysecellerne i rummet, som vurderes at være worst case-eksponeringsscenarioet.

Figur 3.5. Målinger mellem to elektrolyseceller



3.5.2. Arbejdsbås med ensrettere

Målinger af tidsvarierende magnetisk fluxtæthed og statisk magnetisk fluxtæthed blev foretaget omkring en thyristor ensretter (figur 3.6) under strømbusser og tæt på væggen mellem ensretteren og transformatoren.

Figur 3.6. Målinger i nærheden af en thyristor ensretter

3.6. Resultater af eksponeringsvurdering

Resultaterne af eksponeringsmålingerne blev sammenlignet med de relevante eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer. I tilfælde af elektrolyse er det vigtigt at sammenligne følgende værdier med måleresultaterne:

- for statiske magnetiske felter:
 - emissionsgrænseværdi for magnetisk fluxtæthed af statiske magnetiske felter (normale arbejdsbetingelser)
 - aktionsniveau for magnetisk fluxtæthed af statiske magnetiske felter (interferens med aktivt, implanteret medicinsk udstyr, som f.eks. pacemakere)
 - aktionsniveau for magnetisk fluxtæthed for statiske magnetiske felter (tiltræknings- og projektilrisiko i det perifere område af kilder til kraftige feltstyrker)
- for tidsvarierende magnetiske felter:
 - aktionsniveauer for magnetisk fluxtæthed af tidsvarierende magnetiske felter
 - referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) for tidsvarierende magnetiske felter (for særligt udsatte arbejdstagere).

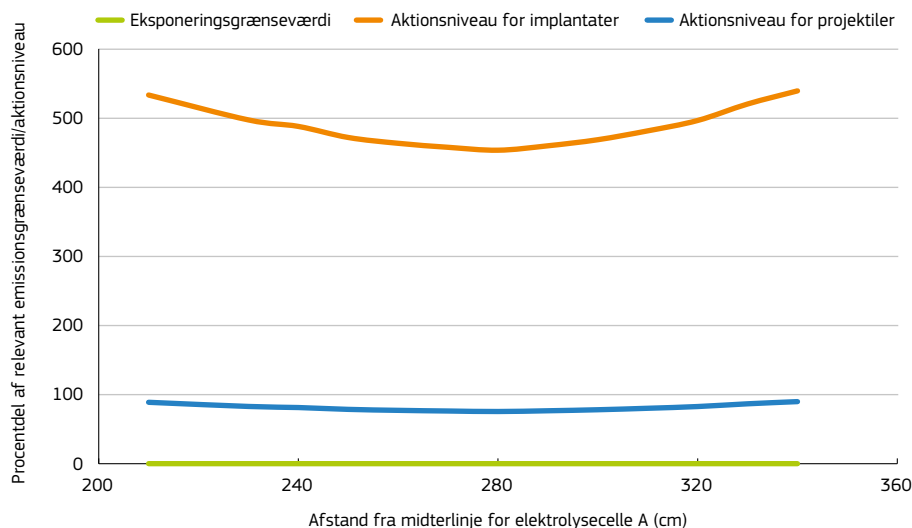
De vigtigste resultater af eksponeringsvurderingen vises sammen med eksempler på de diagrammer, der er produceret i den teoretiske modelvurdering, i figur 3.7-3.17.

Det skal bemærkes, at resultaterne af eksponeringsvurderingen ikke direkte kan sammenlignes med modelvurderingen, fordi den blev udført inden offentliggørelsen af EMF-direktivet og var baseret på ICNIRP's referenceniveauer for erhvervs-mæssig eksponering, som var mere restriktive end aktionsniveauerne i EMF-direktivet.

3.6.1. Rummet med elektrolyseceller

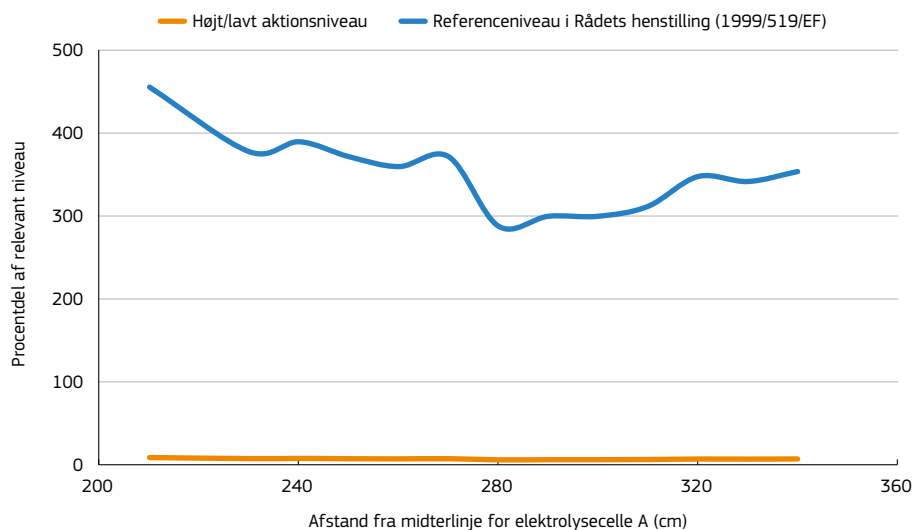
Følgende diagrammer viser variationen af magnetisk fluxtæthed i forhold til de gældende eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer, som er beskrevet ovenfor. Det blev bekræftet, at frekvensen af ripplen på jævnstrømsforsyningen var 300 Hz. Måleudstyret registrerede også harmoniske signaler ved 600 Hz og 900 Hz, men de harmoniske signalers bidrag til den samlede eksponering var ikke signifikant i dette tilfælde.

Figur 3.7. Variation af statisk magnetisk fluxtæthed på tværs af spalten mellem de to elektrolyseceller



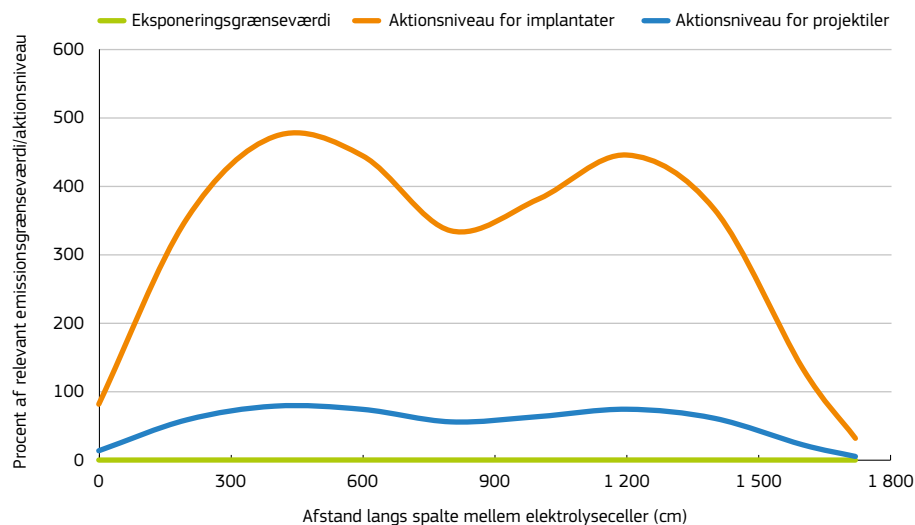
Bemærk: Målinger blev foretaget i en højde på 120 cm over gulvniveau.
 Eksponeringsgrænseværdi (normale arbejdsbetingelser): 2 T
 Aktionsniveau for implantater: 0,5 mT
 Aktionsniveau for projektiler: 3 mT
 Måleusikkerheden blev anslået til $\pm 5\%$, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) registreret som direkte procentdele af emissionsgrænseværdierne/aktionsniveauerne.

Figur 3.8. Variation af 300 Hz tidsvarierende magnetisk fluxtæthed på tværs af spalten mellem de to elektrolyseceller



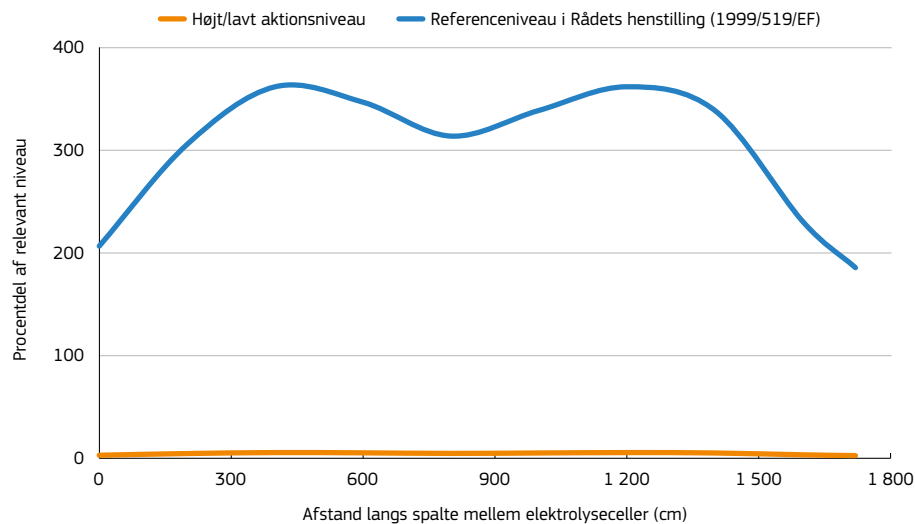
Bemærk: Målinger blev foretaget i en højde på 120 cm over gulvniveau.
 Høje og lave aktionsniveauer for 300 Hz magnetfelt: 1000 μ T
 Referenceniveau for 300 Hz magnetfelt i Rådets henstilling (1999/519/EF): 16,7 μ T
 Måleusikkerheden blev anslået til $\pm 10\%$, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) registreret som direkte procentdele af emissionsgrænseværdierne/aktionsniveauerne.

Figur 3.9. Variation af statisk magnetisk fluxtæthed langs længden af spalten mellem de to elektrolyseceller



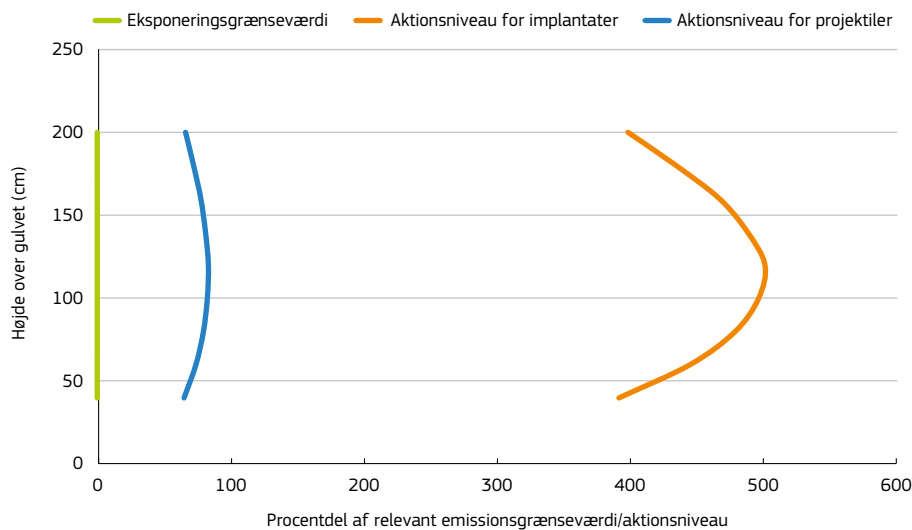
Bemærk: Målinger blev foretaget i en højde på 120 cm over gulvniveau.
 Eksponeringsgrænseværdi (normale arbejdsbetingelser): 2 T
 Aktionsniveau for implantater: 0,5 mT
 Aktionsniveau for projektiler: 3 mT
 Måleusikkerheden blev anslået til $\pm 5\%$, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) registreret som direkte procentdele af emissionsgrænseværdierne/aktionsniveauerne.

Figur 3.10. Variation af 300 Hz tidsvarierende magnetisk fluxtæthed langs længden af spalten mellem de to elektrolyseceller



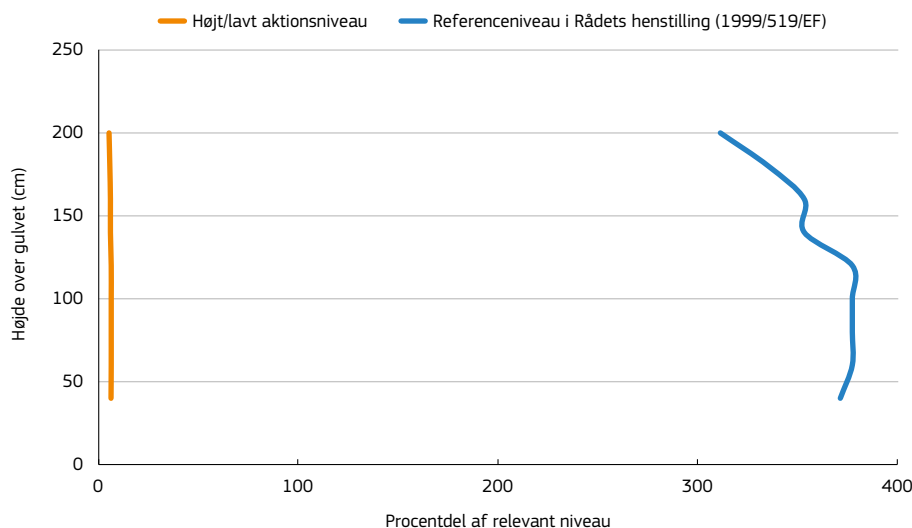
Bemærk: Målinger blev foretaget i en højde på 120 cm over gulvniveau.
 Høje og lave aktionsniveauer for 300 Hz magnetfelt: 1000 μ T
 Referenceniveau for 300 Hz magnetfelt i Rådets henstilling (1999/519/EF): 16,7 μ T
 Måleusikkerheden blev anslået til $\pm 10\%$, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) registreret som direkte procentdele af emissionsgrænseværdierne/aktionsniveauerne.

Figur 3.11. Variation af statisk magnetisk fluxtæthed i forhold til højden langs en elektrolyseceller



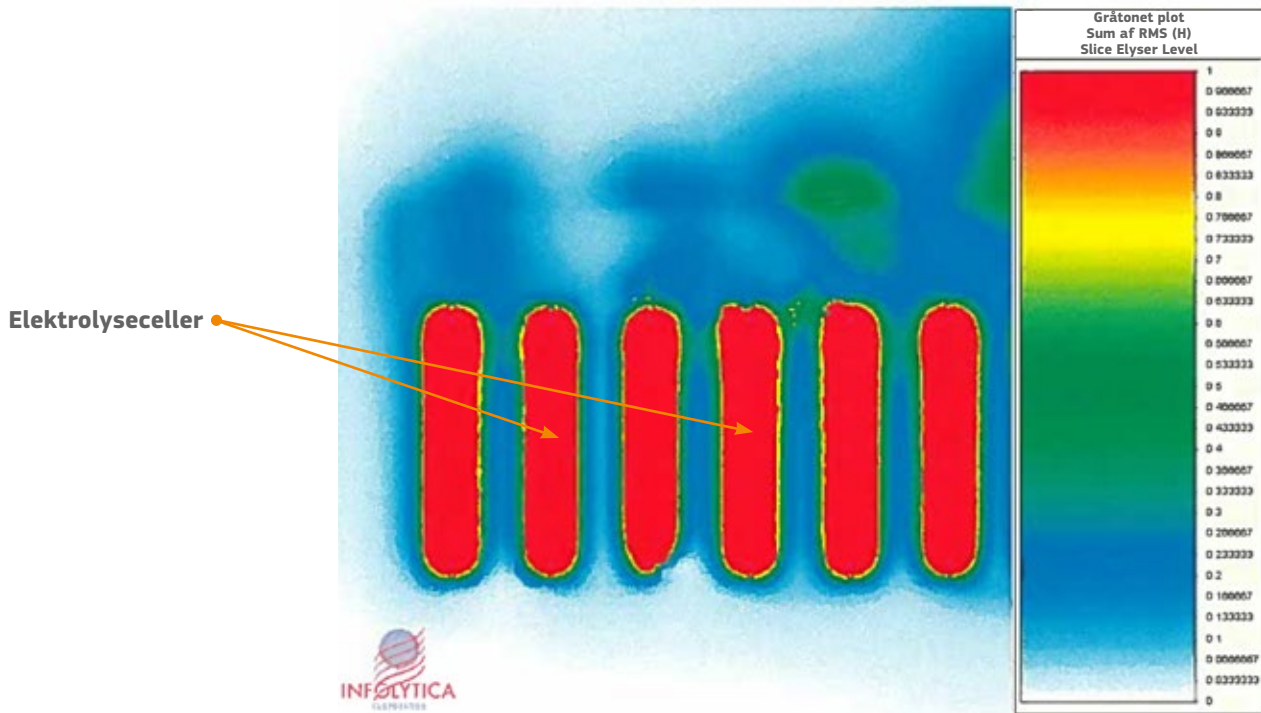
Bemærk: Målinger blev foretaget 230 cm fra midterlinjen for en af elektrolysecellerne.
 Eksponeringsgrænseværdi (normale arbejdsbetingelser): 2 T
 Aktionsniveau for implantater: 0,5 mT
 Aktionsniveau for projektiler: 3 mT
 Måleusikkerheden blev anslået til $\pm 5\%$, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) registreret som direkte procentdele af emissionsgrænseværdierne/aktionsniveauerne.

Figur 3.12. Variation af 300 Hz tidsvarierende magnetisk fluxtæthed i forhold til højden langs siden af en af elektrolysecellerne



Bemærk: Målinger blev foretaget 230 cm fra midterlinjen for en af elektrolysecellerne.
 Høje og lave aktionsniveauer for 300 Hz magnetfelt: 1000 μ T
 Referenceniveau for 300 Hz magnetfelt i Rådets henstilling (1999/519/EF): 16,7 μ T
 Måleusikkerheden blev anslået til $\pm 10\%$, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) registreret som direkte procentdele af emissionsgrænseværdierne/aktionsniveauerne.

Figur 3.13. Eksempel på diagram for teoretisk modelvurdering for rummet med elektrolyseceller (plan)



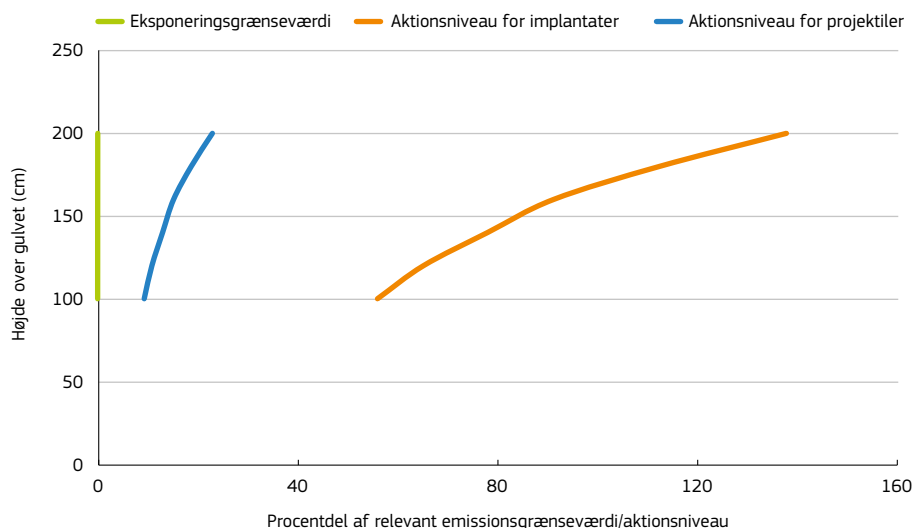
Resultaterne af eksponeringsvurderingen i elektrolysecellerummet gav virksomheden følgende oplysninger:

- Eksponeringen for magnetfelter fra elektrolysecellerne var under de relevante eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer for direkte virkninger.
- Personer med aktivt, implanteret medicinsk udstyr kan udsættes for fare fra statiske magnetiske felter i cellerummet.
- Referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) blev overskredet på langs af elektrolysecellerne i forhold til tidsvarierende magnetiske felter. Særligt udsatte arbejdstagere vil dog næppe opholde sig i cellerummet.

3.6.2. Arbejdsbås med ensrettere

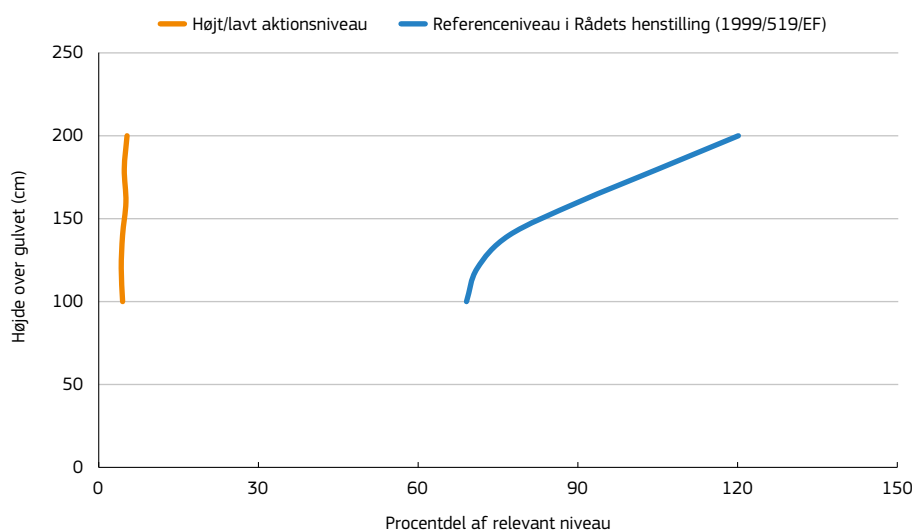
Følgende diagrammer viser variationen af magnetisk fluxtæthed i forhold til de gældende eksponeringsgrænseværdier og aktionsniveauer, som er beskrevet ovenfor. Det blev bekræftet, at frekvensen af ripplen på jævnstrømsforsyningen var 300 Hz, og 50 Hz-felter også blev registreret fra transformatoren udenfor.

Figur 3.14. Variation af statisk magnetisk fluxtæthed i forhold til højden under strømbussens jævnstrømsisolator



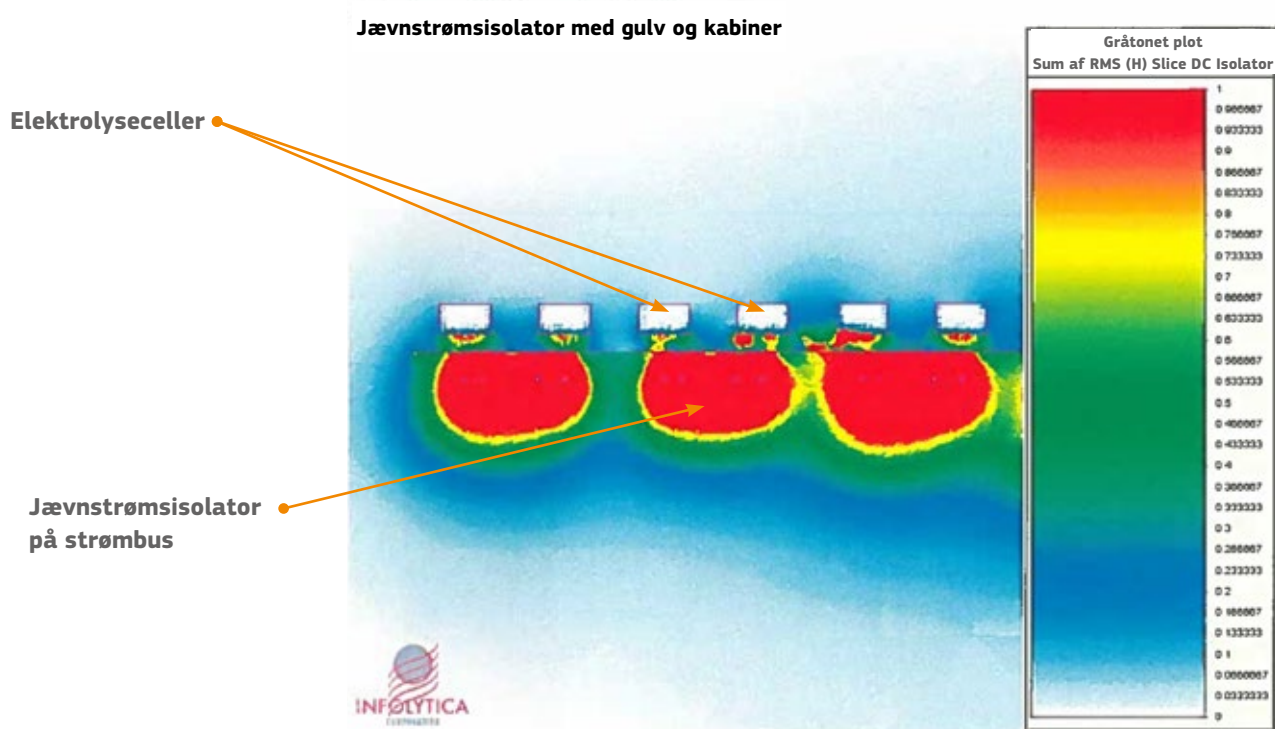
Bemærk: Strømbussens jævnstrømsisolator var placeret ca. 420 cm over gulvniveau.
 Eksponeringsgrænseværdi (normale arbejdsbetingelser): 2 T
 Aktionsniveau for implantater: 0,5 mT
 Aktionsniveau for projektiler: 3 mT
 Måleusikkerheden blev anslået til $\pm 5\%$, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på "fælles risiko" (se bilag D5 i vejledningens bind 1) registreret som direkte procentdele af emissionsgrænseværdierne/aktionsniveauerne.

Figur 3.15. Variation af 300 Hz tidsvarierende magnetisk fluxtæthed i forhold til højden under strømbussens jævnstrømsisolator

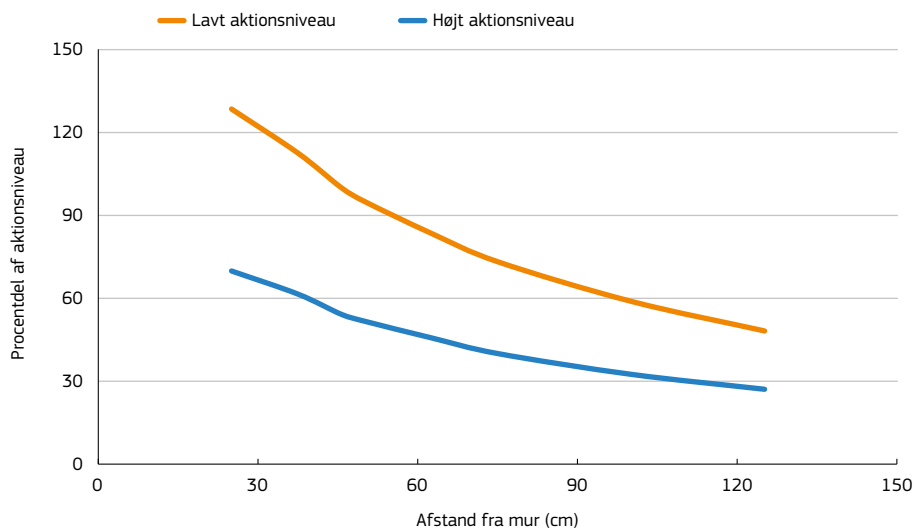


Bemærk: Strømbussens jævnstrømsisolator var placeret ca. 420 cm over gulvniveau.
 Høje og lave aktionsniveauer for 300 Hz magnetfelt: 1000 μ T
 Referenceniveau for 300 Hz magnetfelt i Rådets henstilling (1999/519/EF): 16,7 μ T
 Måleusikkerheden blev anslået til $\pm 10\%$, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) registreret som direkte procentdele af emissionsgrænseværdierne/aktionsniveauerne.

Figur 3.16. Eksempel på diagram for teoretisk modelvurdering for områderne omkring strømbussens jævnstrømsisolator (tværsnit)



Figur 3.17. Variation af 50 Hz tidsvarierende magnetisk fluxtæthed i forhold til afstanden fra væggen mellem thyristor ensretteren og transformatoren



Bemærk: Målinger blev foretaget i en højde på 120 cm over gulvniveau, μ
 Lavt aktionsniveau for 50 Hz magnetfelt: 1000 μ T
 Højt aktionsniveau for 50 Hz magnetfelt: 6000 μ T
 Måleusikkerheden blev anslået til ± 10 %, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) registreret som direkte procentdele af emissionsgrænseværdierne/aktionsniveauerne.

Resultaterne af eksponeringsvurderingen i båsen gav virksomheden følgende oplysninger:

- Eksponeringen for magnetfelter fra strømbusserne og thyristor ensretterne var under aktionsniveauerne for direkte virkninger i gulvhøjde.
- Eksponeringen fra tidsvarierende magnetiske felter fra transformatoren på den anden side af væggen bag ensretteren var højere end det lave aktionsniveau for tidsvarierende magnetisk fluxtæthed op til en afstand af 37 cm fra vægfladen i båsen.
- Eksponeringen for tidsvarierende magnetiske felter fra transformatoren var under det høje aktionsniveau for tidsvarierende magnetisk fluxtæthed i båsen.
- Personer med aktivt, implanteret medicinsk udstyr kan udsættes for fare fra statiske magnetiske felter i båsene. Advarselsskiltene og sikkerhedsoplysningerne blev dog vurderet at være tilstrækkelige.
- Referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) blev overskredet i forhold til tidsvarierende magnetiske felter. Særligt udsatte arbejdstagere vil dog næppe opholde sig i båsene.

3.7. Risikovurdering

På grundlag af den eksterne konsulents eksponeringsvurdering udførte virksomheden en risikovurdering af klorproduktionsanlægget i forhold til EMF. Dette var i overensstemmelse med den metode, der anbefales af OiRA (EU-OSHA's platform for interaktiv onlinerisikovurdering). Risikovurderingen konkluderede, at:

- særligt udsatte arbejdstagere kan udsættes for fare i nærheden af elektrolysecellerne
- arbejdstagere, herunder særligt udsatte, kan udsættes for fare i arbejdsbåsene for ensrettere som følge af eksponering for magnetiske felter.

Et eksempel på en EMF-specifik risikovurdering for klorproduktionsanlægget vises i tabel 3.1.

3.8. Forholdsregler, der allerede er truffet

EMF-sikkerhed var en høj prioritet allerede i konstruktionsfasen for anlægget, og derfor blev en række forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger integreret, herunder:

- Styrken af de tidsvarierende magnetiske felter, der sandsynligvis vil blive genereret af ripplen på jævnstrømsforsyningen til elektrolysecellerne, er minimeret, f.eks. ved at bruge 12 pulserende ensrettere i stedet for kun seks pulserende ensrettere.
- Anlægget er så stort, at områder med stærke magnetiske felter nemt kan adskilles fra arbejdstagere.
- Hensigtsmæssige advarselsskilte om de stærke magnetiske felter var opsat på tydelige steder i anlægget.
- Arbejdstagere var blevet gjort opmærksomme på den potentielle eksponering for EMF og var blevet instrueret i at underrette arbejdsgiveren, hvis de fik et medicinsk implantat.

3.9. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen

Eksponeringsvurderingen bekræftede, at anlægget var velkonstrueret i forhold til EMF-eksponering. Der var følgelig ikke behov for yderligere forholdsregler som følge af vurderingen.

3.10. Andre informationskilder

Euro Chlor Publication — *Electromagnetic Fields in the Chlorine Electrolysis Units. Health Effects, Recommended Limits, Measurement Methods and Possible Prevention Actions*. 2014.

4. SUNDHEDSSEKTOREN

4.1. Arbejdssted

Den mediko-fysiske afdeling på et hospital blev anmodet om at vurdere, hvordan gennemførelsen af EMF-direktivet vil påvirke arbejdet på hospitalet.

4.2. Arbejdets karakter

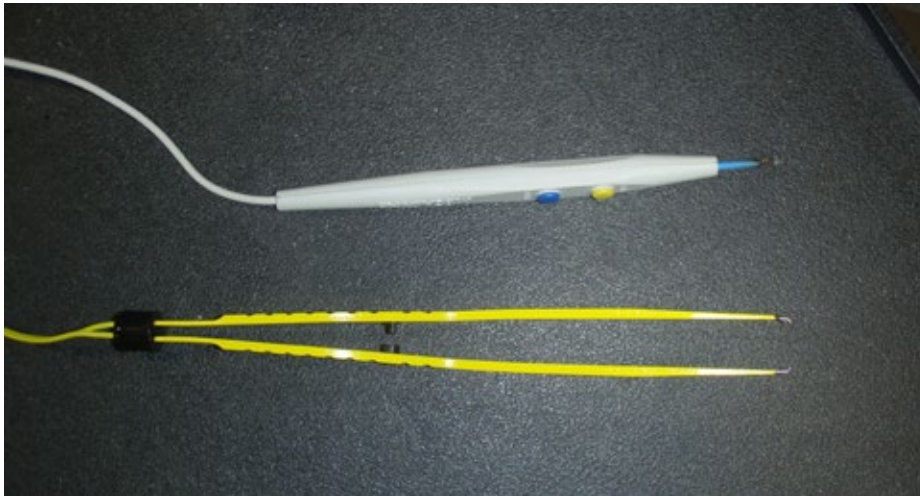
Elektriske anordninger bruges mange steder til behandling, overvågning og diagnosticering af patienter. Det mediko-fysiske team indledte vurderingen med at udpege udstyr, der potentielt kan generere stærke elektromagnetiske felter. De gennemgik hospitalets udstyrskatalog og udpegede tre typer udstyr, som kan generere stærke elektromagnetiske felter: elektrokirurgiske enheder, TMS-anordninger (transkraniel magnetisk stimulering) og enheder til kortbølgediatermi. Hospitalet anvendte ikke udstyret til kortbølgediatermi på daværende tidspunkt, men det blev alligevel medtaget i vurderingen. Teamet ønskede også at undersøge potentialet for, at følsomt patientovervågningsudstyr kan blive påvirket af elektromagnetisk interferens, herunder især udstyr, der bruges i nærheden af anordninger, der genererer stærke elektromagnetiske felter. De konstaterede, at det udstyr, der var mest udsat for elektromagnetisk interferens, er følsomt medicinsk udstyr, der anvendes under elektrokirurgiske procedurer (f.eks. ventilatorer og elektrokardiografiske anordninger).

4.3. Information om udstyr, der genererer EMF

4.3.1. Elektrokirurgiske anordninger

Elektrokirurgiske anordninger anvendes på hospitalet til at skære i og/eller koagulere menneskevæv og anvendes i et betydeligt antal kirurgiske procedurer. De fungerer ved at sende højspændingsstrøm gennem det væv, der opereres på. Anordningerne arbejder typisk i mellemfrekvensområdet på ca. 300 kHz til 1 MHz og anvender en effekt på 50-300 W. En elektrokirurgisk anordning består af en aktiv elektrode, en generator og kabler, der forbinder generatoren til den aktive elektrode og returelektroden eller den jordforbundne plade, der er monteret på patientens krop (figur 4.1). Strømforsyningen til den aktive elektrode (elektrokirurgisk probe) sker via kabler, der kan være uafskærmede. Strømmen passerer gennem patientens væv og returneres til den elektrokirurgiske anordning via returelektroden.

Figur 4.1. Aktive elektroder, returelektroder og forbindelseskabler



4.3.2. Transkraniel magnetisk stimulering (TMS)

En TMS-anordning er konstrueret til at producere pulseringer af elektromagnetiske felter med henblik på at inducere strøm i [hjernen](#), og kan bruges til forskellige formål (f.eks. til diagnosticering af hjernelidelser og -skader, til behandling af depression og senest til behandling af migræne). TMS-anordninger består typisk af en hovedenhed, der producerer en højeffektpuls og en håndholdt stimuleringspole (figur 4.2). I kommercielt tilgængelige anordninger lagres energi i store højspændingskapacitorer. Disse kapacitorer aflades til spolen ved hjælp af en thyristor, der kan veksle store strømme på få sekunder. To spoledesigns er almindelige og anvendes på hospitalet: en cirkulær spole og en ottetalsspole (men der findes flere andre designs).

Figur 4.2. TMS-spole — ottetalsdesign



4.3.3. Kortbølgediatermi

Kortbølgediatermi udsender RF-stråler, typisk ved 27,1 MHz. Fysioterapeuter anvender anordningerne til terapeutisk behandling af muskler og led. Der er to driftsindstillinger: kapacitiv, hvor patienten er placeret i RF-feltet mellem to pladeelektroder (figur 4.3), og induktiv, hvor det elektromagnetiske felt påføres via en spole.

Figur 4.3. Kapacitiv kortbølgediatermi



4.4. Sådan anvendes udstyret

4.4.1. Elektrokirurgiske anordninger

Kirurgen holder typisk behandlingsproben tæt på overkroppen under brugen. Kablerne kan være placeret tæt på arbejdstagere i operationsstuen og især tæt på kirurgens hånd og arm.

4.4.2. Transkraniel magnetisk stimulering (TMS)

Spolen er placeret tæt på patientens hoved, og en elektromagnetisk puls eller serie af pulser genereres for at inducere strøm i patientens hjerne. Proben kan fastgøres eller holdes i position af klinikerens (figur 4.4).

Figur 4.4. Cirkulær TMS-spole under anvendelse



4.4.3. Kortbølgediatermi

Teamet fik oplyst, at kortbølgediatermi ikke blev anvendt på hospitalet, selv om det tidligere var blevet anvendt af fysioterapeuter. De havde ikke udførligt kendskab til de arbejdsprocedurer, der blev fulgt, da udstyret blev anvendt, men besluttede, at de vil udføre en vurdering, hvis hospitalet senere beslutter at indføre udstyret igen.

4.5. Metode til vurdering af eksponering

Det mediko-fysiske team vidste, at alle de tre udpegede medicinske anordninger genererer stærke elektromagnetiske felter. De var dog ikke sikre på, om disse anordninger genererer felter, der kan betyde, at eksponeringsgrænseværdierne for arbejdstagere overskrides. De konkluderede derfor, at yderligere vurdering og målinger af elektromagnetiske felter var påkrævet. Teamet udvalgte to anordninger til målingerne: en elektrokirurgisk ConMed 5000-enhed og en 200 MAGSTIM TMS-anordning. De besluttede ikke at foretage målinger af enheder til kortbølgediatermi på dette tidspunkt.

Den mediko-fysiske afdeling råder over en række forskellige måleprober til overvågning af elektromagnetiske felter. Teamet udførte målingerne med en isotropisk probe (med tre akser). Der krævedes forskellige prober til hver enhed, fordi de genererede elektromagnetiske felter havde forskellige frekvenser.

4.6. Resultater af eksponeringsvurdering

4.6.1. Elektrokirurgisk enhed

Den elektrokirurgiske ConMed 5000-enhed blev betjent i enpolet tilstand. Enheden kan bruges i skære- og koaguleringsstilstand. De indledende målinger viste dog, at de elektromagnetiske felter, der blev genereret i skæretilstand, var højere end i koaguleringsstilstand, og de fleste målinger blev derfor foretaget i denne tilstand. Feltets frekvens blev vurderet ved at foretage en måling og vise bølgeformen på et oscilloskop, og frekvensen blev målt til 391 kHz. Den påførte effekt var ca. 200 W.

Målinger af elektriske og magnetiske felter blev taget omkring behandlings- og returkablerne. Ved sammenligningen af det målte felt med aktionsniveauerne finder aktionsniveauerne for både ikke-termiske og termiske virkninger anvendelse som følge af mellemfrekvensfeltet.

Måleresultaterne i tabel 4.1 viser den magnetiske feltstyrke ved en række horisontale afstande halvvejs på behandlingskablet. Ud fra disse resultater ekstrapolerede teamet det magnetiske felt til 1 cm fra kablet og beregnede det til at være 7 % af aktionsniveauet for eksponering af lemmer.

Vurderingen af det magnetiske felt omkring udstyret viste teamet, at eksponeringen af kirurgen eller de andre arbejdstagere i operationsstuen ikke oversteg aktionsniveauerne i EMF-direktivet eller referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF).

Tabel 4.1. Magnetisk feltstyrke ved forskellige afstande fra behandlingskablet som en procentdel af aktionsniveauerne og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF)

Afstand fra kabel (cm)	Magnetisk feltstyrke (Am^{-1})	Magnetisk fluxtæthed (μT)	Ikketermiske virkninger		Termiske virkninger	
			Procentdel af høje/lave aktionsniveauer (%) ⁽¹⁾	Procentdel af aktionsniveauer for lemmer (%) ⁽²⁾	Procentdel af aktionsniveau (%) ⁽³⁾	Procentdel af referenceniveauer i Rådets henstilling (1999/519/EF) (%) ⁽⁴⁾
10	0,64	0,81	0,81	0,27	16	34
20	0,53	0,67	0,67	0,22	13	29
50	0,26	0,33	0,33	0,11	6,4	14
100	0,09	0,11	0,11	0,04	2,1	4,7
150	0,04	0,05	0,05	0,02	1,0	2,1

⁽¹⁾ Højt/lavt aktionsniveau for magnetisk fluxtæthed for frekvens på 391 kHz: 100 μT .

⁽²⁾ Aktionsniveau for eksponering af lemmer for magnetisk fluxtæthed for frekvens på 391 kHz: 300 μT .

⁽³⁾ Aktionsniveau for magnetisk fluxtæthed for frekvens på 391 kHz: 5,12 μT .

⁽⁴⁾ Referenceniveau i Rådets henstilling (1999/519/EF) for magnetisk fluxtæthed for frekvens på 391 kHz: 2,35 μT .

Bemærk: Måleusikkerheden blev anslået til $\pm 2,7$ dB, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) sammenlignet direkte med aktionsniveauerne/referenceniveauet.

Det elektriske felt blev målt i et område med behandlingskablet og returkablet. Det blev konstateret, at det elektriske felt, som blev produceret af returkablet, var betydeligt højere end det felt, der blev produceret af behandlingskablet, hvilket viste, at behandlingskablet er afskærmet. Den elektriske feltstyrke som en funktion af afstanden fra returkablet er detaljeret i tabel 4.2. Disse målinger gælder forskellige horisontale afstande halvvejs på kablet. Det højeste målte felt 10 cm fra kablet er lavere end aktionsniveauerne. Resultaterne viser dog, at referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan overskrides i en afstand på ca. 20 cm fra dette kabel.

Tabel 4.2. Elektrisk feltstyrke ved forskellige afstande fra returkablet som en procentdel af aktionsniveauerne og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF)

Afstand fra kabel (cm)	Elektrisk feltstyrke (Vm^{-1})	Ikketermiske virkninger		Termiske virkninger	
		Procentdel af lavt aktionsniveau (%) ⁽¹⁾	Procentdel af højt aktionsniveau (%) ⁽²⁾	Procentdel af aktionsniveau (%) ⁽³⁾	Procentdel af referenceniveauer i Rådets henstilling (1999/519/EF) (%) ⁽⁴⁾
10	116	68,2	19,0	19,0	133
20	92,5	54,4	15,2	15,2	106
30	66,8	39,3	11,0	11,0	76,8
50	48,5	28,6	8,0	8,0	55,8
100	11,9	7,0	2,0	2,0	13,7
150	6,55	3,9	1,1	1,1	7,5

⁽¹⁾ Lavt aktionsniveau for elektrisk feltstyrke for frekvenser i området 3 kHz-10 MHz: $170 Vm^{-1}$

⁽²⁾ Højt aktionsniveau for elektrisk feltstyrke for frekvenser i området 3 kHz-10 MHz: $610 Vm^{-1}$

⁽³⁾ Højt aktionsniveau for elektrisk feltstyrke for frekvenser i området 3 kHz-10 MHz: $610 Vm^{-1}$

⁽⁴⁾ Referenceniveau i Rådets henstilling (1999/519/EF) for elektrisk feltstyrke for frekvenser i området 150 kHz-1 MHz: $87 Vm^{-1}$

Bemærk: Måleusikkerheden blev anslået til $\pm 0,8$ dB, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) sammenlignet direkte med aktionsniveauerne/referenceniveauet.

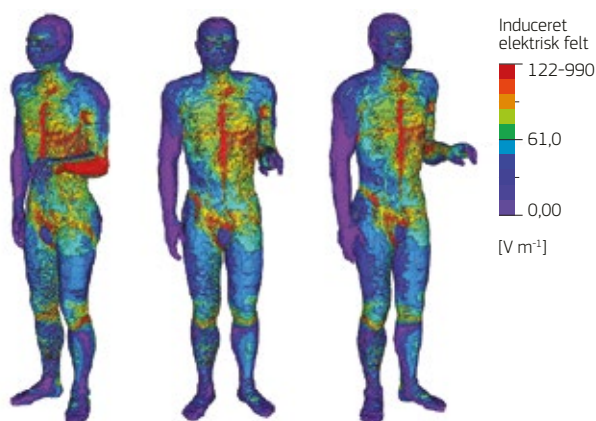
Af hensyn til udførligheden anvendte teamet derefter modelleringssoftware til at forudsige patienteksponering og omkonfigurerede det til at modellere kirurgens eksponering udtrykt i eksponeringsgrænseværdier. Både de inducerede elektriske felter og SAR-værdier blev beregnet for en eksponeringssituation, hvor den elektrokirurgiske anordning er i brug, og kablet løber langs kirurgens arm med en afstand på 1 cm.

Det elektriske felt, der induceres i forskelligt væv, blev beregnet (tabel 4.3). Den højeste værdi blev beregnet til $628 mVm^{-1}$ i knogle. Det er 0,6 % af emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger, og det bekræfter over for teamet, at eksponeringsgrænseværdierne for ikketermiske virkninger ikke vil blive overskredet for kirurgen. Fordelingen af det inducerede elektriske felt i en menneskemodel vises i figur 4.5. Kablet til den elektrokirurgiske enhed kan naturligvis være tættere end 1 cm på kirurgen eller endda være i kontakt med kirurgen. Teamet konkluderede dog, at de lave værdier for det inducerede elektriske felt betød, at emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger ikke vil blive overskredet omkring den undersøgte enhed.

Tabel 4.3. Induceret elektrisk felt som procentdel af emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger

Væv	Induceret elektrisk felt (mVm ⁻¹) ⁽¹⁾	% ELV for sundhedsmæssige virkninger
Knogle	628	0,60 %
Fedt	493	0,47 %
Hud	461	0,44 %
Hjerne	146	0,14 %
Rygmarv	275	0,26 %
Retina	103	0,10 %

(¹) ELV for sundhedsmæssige virkninger for indre elektrisk feltstyrke for frekvenser i området 3 kHz-10 MHz: 105 Vm⁻¹ (RMS).

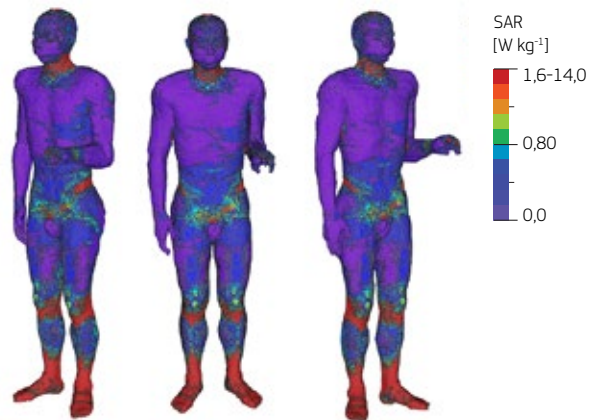
Figur 4.5. Fordeling af induceret elektrisk felt i menneske model fra eksponering for 391 kHz elektrokirurgisk kabel

Helkrops-SAR og lokal SAR blev beregnet (tabel 4.4). Disse værdier viser, at eksponeringsgrænseværdierne ikke overskrides på kirurgens position. Fordelingen af SAR i en menneske model vises i figur 4.6.

Tabel 4.4. Højeste SAR-værdier for undersøgt eksponeringsposition og sammenligninger eksponeringsgrænseværdier

Position	SAR (Wkg ⁻¹)	ELV (Wkg ⁻¹)	% af ELV
Middelværdi-SAR for hele kroppen	0,0338	0,4	8,4
Spidsværdi for lokal-SAR i 10 g i hoved og krop	0,780	10	7,8
Spidsværdi for lokal-SAR i 10 g i lemmer	1,75	20	8,7

Figur 4.6. Fordeling af specifik energiabsorptions hastighed (SAR) i menneskemodel fra eksponering for 391 kHz felt produceret af elektrokirurgisk enhed



Vurderingen forsikrede teamet, at kirurgen eller andre arbejdstagere på hospitalet næppe vil blive eksponeret for felter, der oversteg eksponeringsgrænseværdierne. De anerkendte dog, at patienten kan blive eksponeret for felter, der overstiger referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF), især tæt på returelektroden. Dette blev generelt ikke vurderet som et problem, da eksponeringen var en nødvendig del af det kirurgiske indgreb. Der skal dog tages hensyn, hvis patienten har en aktiv, implanteret medicinsk anordning. En anden potentiel risiko, der blev identificeret, var den elektromagnetiske interferens med følsomme medicinske anordninger i operationsstuen. Teamet var bekendt med, at dette var opstået under omstændigheder, hvor behandlingsproben var placeret tæt på sådanne anordninger.

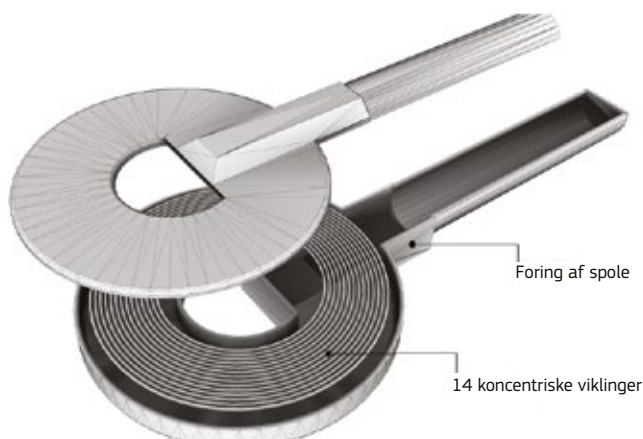
4.6.2. TMS-anordning

200 MAGSTIM TMS-anordningen har to håndbetjente dele, den ene med en cirkulær spole og den anden med to cirkulære spoler formet som et ottetal. Generatorens effekt indstilles af klinikerens som en procentdel af dens maksimale effekt. Den kan indstilles til at levere en enkelt puls eller en serie af pulser.

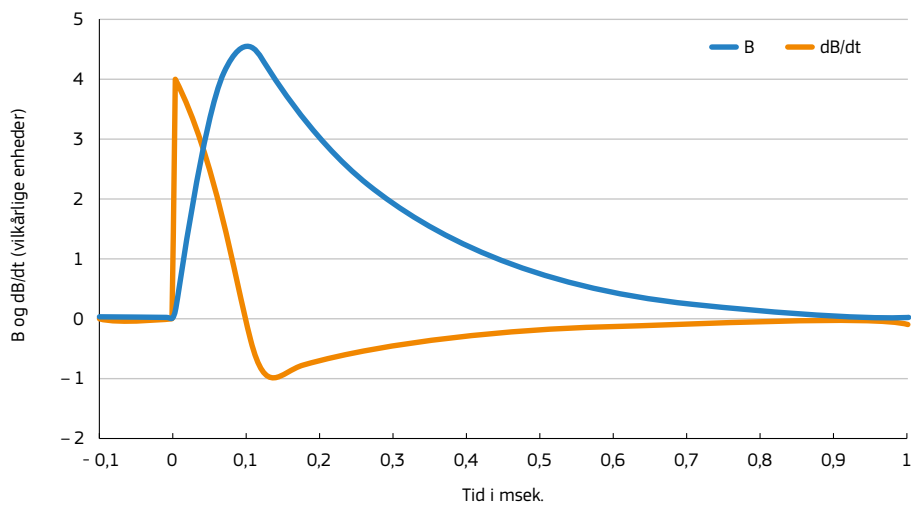
Ifølge de indledende målinger forårsagede den cirkulære spole de kraftigste magnetiske felter. Denne spole (figur 4.7) er indkapslet i plast, og spoleviklingerne er fremstillet af kobber, et materiale, der er valgt på grund af dets lave elektriske modstand og høje termiske ledeevne. Spolen består af 14 koncentriske viklinger, der i diameter varierer fra 70 mm til 122 mm.

Teamet udførte målingerne ved hjælp af den cirkulære spole med generatoren indstillet til 100 % af dens maksimale effekt og i enkeltpulstilstand. Fabrikanten havde fremlagt oplysninger om pulskaraktistika (figur 4.8).

Figur 4.7. Den cirkulære TMS-spole

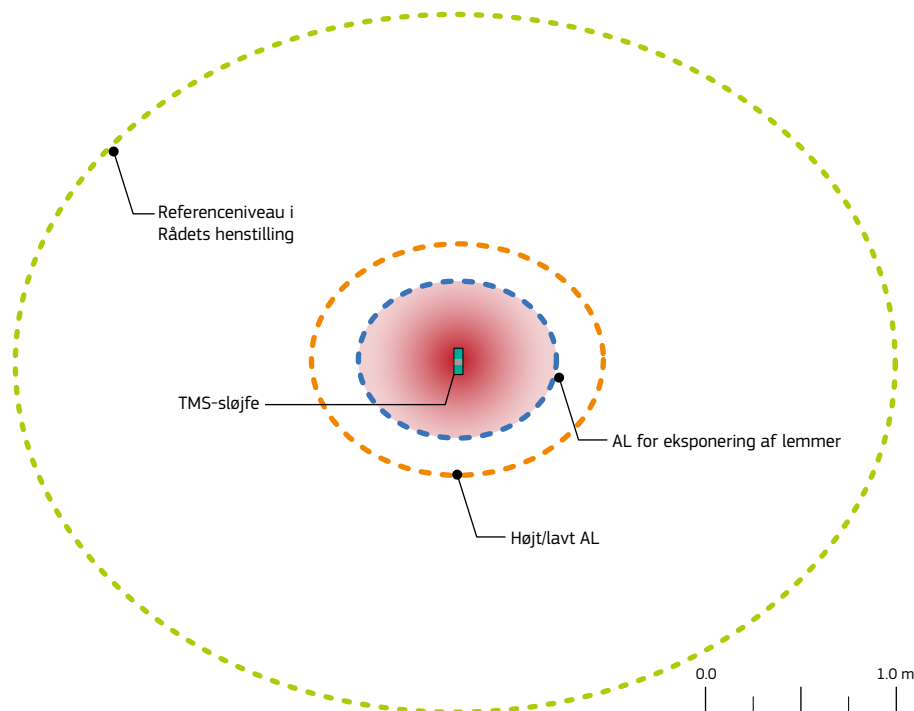


Figur 4.8. Karakteristika for enkeltpuls fra fabrikantens data



Som forventet blev de kraftigste felter målt direkte foran og midt på spolen. De områder, hvor aktionsniveauerne og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet, vises i figur 4.9. Ved den typiske position for operatørens hånd (med den håndbetjente del 11 cm under spolens centrum) blev magnetiske fluxtæthed mål til at være 5 600 % af aktionsniveauet for eksponering af lemmer.

Figur 4.9. Planvisning af det område, hvor AL for lemmer (blåt), høje/lave AL'er (rødt) og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) (grønt) kan blive overskredet omkring TMS-anordningen



Bemærk: Målesikkerheden blev anslået til $\pm 10\%$, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) sammenlignet direkte med aktionsniveauerne/referenceniveauerne ved vurdering af ovennævnte afstande.

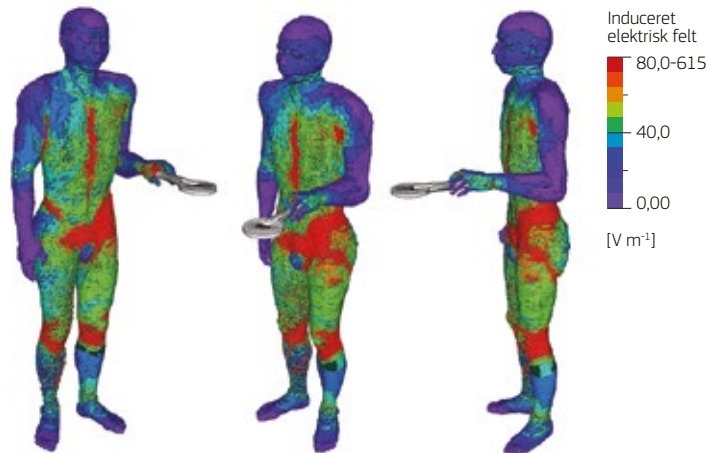
Teamet konstaterede, at klinikerens eksponering med stor sandsynlighed vil overstige aktionsniveauerne. De udførte igen en computermodellering af klinikerens potentielle eksponering udtrykt i eksponeringsgrænseværdier. Modelleringen blev udført på to klinikerpositioner, den første med spolen 30 cm fra kroppen og den anden med spolen 15 cm fra overkroppen. Modelleringen viste, at eksponeringsgrænseværdierne kan blive overskredet med op til 35 700 % (tabel 4.5). Fordelingen af det inducerede elektriske felt i en menneskemodel vises for begge positioner i figur 4.10 og figur 4.11.

Tabel 4.5. Computermodellerede værdier af induceret elektrisk felt og en sammenligning med emissionsgrænseværdien

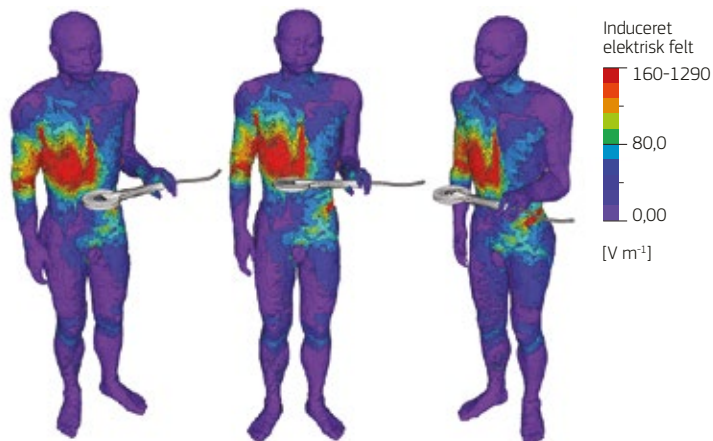
Position	Induceret elektrisk felt (Vm^{-1})	% ELV for sundhedsmæssige virkninger ⁽¹⁾
Spole 30 cm fra kroppen	265 (knogle)	24 100 %
Spole 15 cm fra overkroppen	393 (knogle)	35 700 %

⁽¹⁾ ELV for sundhedsmæssige virkninger for indre elektrisk feltstyrke for frekvenser i området 1 Hz-3 kHz: $1,1 Vm^{-1}$ (spidsværdi).

Figur 4.10. Fordeling af induceret elektrisk felt i menneskemodel fra eksponering for TMS-spolen, når personen står med spolen 30 cm fra kroppen



Figur 4.11. Fordeling af induceret elektrisk felt i menneskemodel fra eksponering for TMS-spolen, når personen står med spolen 15 cm fra kroppen



Teamet konkluderede, at emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger næsten helt sikkert vil blive overskredet, hvis proben holdes af klinikeren. Interferens med aktivt, implanteret medicinsk udstyr kan potentielt udgøre en risiko. Interferens med andet hospitalsudstyr blev dog betragtet som et mindre problem end ved den elektrokirurgiske enhed, da udstyret typisk ikke anvendes i områder med følsomme medicinske anordninger.

4.6.3. Kortbølgediatermi

Teamet udførte ikke en vurdering af enhederne til kortbølgediatermi på hospitalet, men de var opmærksomme på, at sådanne enheder potentielt kan give anledning til høj eksponering af fysioterapeuten og muligvis også andre arbejdstagere. Vurderinger udført af lignende anordninger på andre institutioner har vist, at aktionsniveauerne kan overskrides inden for ca. 2 m af capacitive enheder til kortbølgediatermi og inden for 1 m af induktive enheder til kortbølgediatermi. Teamet besluttede, at der skulle foretages en yderligere vurdering af hospitalets eget udstyr, hvis det igen blev taget i brug. Det vil give dem mulighed for at oplyse fysioterapeuterne om sikre arbejdsmetoder (f.eks. sikre arbejdsafstande) og afgøre, om referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet i områder, som særligt udsatte arbejdstagere har adgang til.

4.7. Risikovurdering

Hospitalet udførte risikovurderinger for den elektrokirurgiske enhed (tabel 4.6) og TMS-anordningen (tabel 4.7) med udgangspunkt i det mediko-fysiske teams målinger, som var i overensstemmelse med den metode, der anbefales af OiRA (EU-OSHA's platform for interaktiv onlinerisikovurdering). Risikovurderingerne konkluderede, at:

4.7.1. Elektrokirurgisk enhed

- Anvendelsen af denne enhed vil næppe bevirke, at eksponeringsgrænseværdierne overskrides for kirurgen eller andre arbejdstagere på hospitalet.
- Der er potentiale for elektromagnetisk interferens med aktivt, implanteret medicinsk udstyr og andre følsomme medicinske anordninger i samme lokale.

4.7.2. TMS-anordning

- Anvendelsen af denne enhed vil sandsynligvis bevirke, at eksponeringsgrænseværdierne overskrides for kirurgen og muligvis andre arbejdstagere på hospitalet, potentielt med en betydelig margin.
- Der kan opstå elektromagnetisk interferens med aktivt, implanteret medicinsk udstyr.
- Der er begrænset potentiale for elektromagnetisk interferens med følsomme medicinske anordninger, da udstyret ikke bruges i nærheden af sådanne anordninger.

Hospitalet udviklede en handlingsplan med udgangspunkt i risikovurderingen, og den blev dokumenteret.

Tabel 4.6. EMF-specifik risikovurdering for elektrokirurgisk enhed

Farer	Eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger	Udsatte personer	Alvorlighed			Sandsynlighed		Risikovurdering	Nye forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger
			Mindre	Alvorlig	Dødelig	Usandsynlig	Mulig		
Direkte EMF-virkninger	Modellering har påvist, at eksponeringsgrænseværdierne ikke vil blive overskredet for arbejdstagere.	Kirurg og andet operationspersonale	✓			✓		Lav	Ingen påkrævet
Indirekte EMF-virkninger (virkning på aktivt, implanteret medicinsk udstyr og andre følsomme medicinske anordninger)	Ingen	Kirurg og andet operationspersonale Patient		✓			✓	Lav	Oplys arbejdstagere om risikoen for potentiel interferens med følsomme medicinske anordninger. Arbejdstagere anmodes om at indberette tilfælde af interferens med medicinske anordninger til det mediko-fysiske team. Det mediko-fysiske team skal oplyse kirurger om sikre minimumsafstande mellem behandlingsprobe og kabler og aktivt, implanteret medicinsk udstyr og andre følsomme medicinske anordninger.

Table 4.7. EMF-specific risk assessment for TMS arrangement

Farer	Eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger	Udsatte personer	Alvorlighed			Sandsynlighed			Risikovurdering	Nye forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger
			Mindre	Alvorlig	Dødelig	Usandsynlig	Mulig	Sandsynlig		
<p>Direkte EMF-virkninger</p> <p>Eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger kan blive overskredet af den kliniker, der anvender udstyret.</p> <p>Referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet op til 235 cm fra proben.</p>	Ingen	<p>Kliniker</p> <p>Særligt udsatte arbejdstagere (gravide arbejdstagere)</p>	✓				✓	Medium	<p>Gravide arbejdstagere forbydes at bruge udstyret eller opholde sig i lokalet, når det anvendes.</p> <p>Advarsler opsættes på udstyret.</p> <p>Proben monteres så vidt muligt på et stativ.</p>	
<p>Indirekte EMF-virkninger (virkning på aktivt, implanteret medicinsk udstyr)</p> <p>Referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet op til 235 cm fra elektroderne.</p>	Ingen	Særligt udsatte arbejdstagere	✓				✓	Medium	<p>Arbejdstagere oplyses om denne fare.</p> <p>Arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr forbydes at bruge udstyret eller opholde sig i lokalet, når det anvendes.</p> <p>Patienter med aktivt, implanteret medicinsk udstyr må ikke behandles med denne anordning.</p> <p>Advarsler og forbudskilte opsættes på udstyret.</p>	

4.8. Forholdsregler, der allerede er truffet

Inden målingerne og vurderingen var der ikke indført særlige forholdsregler for at begrænse eksponeringen for EMF'er.

4.9. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen

Som resultat af målingerne og vurderingen og efter en evaluering af de farer, der er forbundet med udstyret, udarbejdede hospitalet en handlingsplan og besluttede at indføre følgende yderligere forholdsregler:

4.9.1. Elektrokirurgisk enhed

Med hensyn til den elektrokirurgiske enhed:

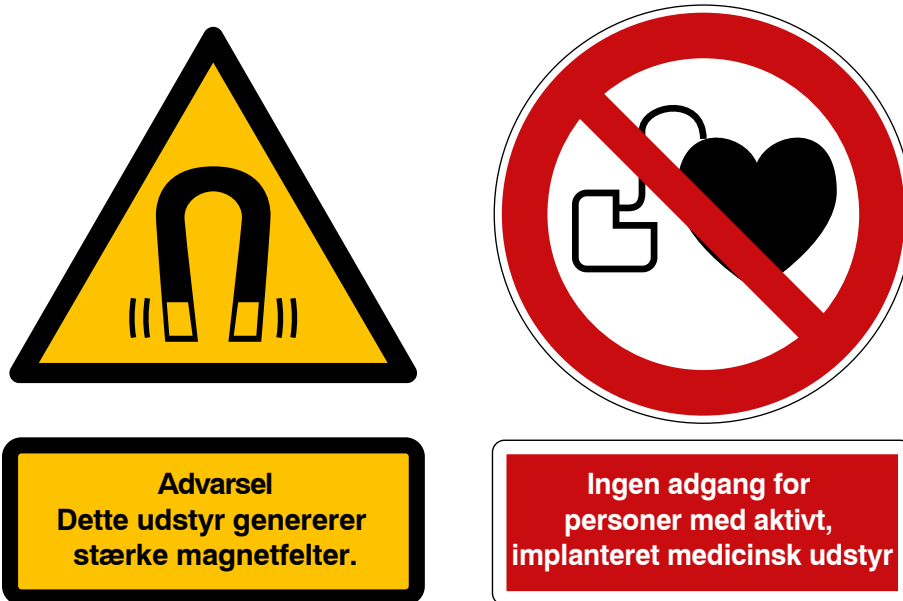
- Oplys arbejdstagere om risikoen for potentiel interferens med følsomme medicinske anordninger.
- Arbejdstagere anmodes om at indberette tilfælde af interferens med medicinske anordninger til det mediko-fysiske team.
- Det mediko-fysiske team skal oplyse klinikere om sikre minimumsafstande mellem behandlingsprobe og kabler og aktivt, implanteret medicinsk udstyr og andre følsomme medicinske anordninger.

4.9.2. TMS-anordning

Med hensyn til TMS-anordningen:

- Gravide arbejdstagere og arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr forbydes at bruge udstyret eller opholde sig i lokalet, når det anvendes.
- Patienter med aktivt, implanteret medicinsk udstyr må ikke behandles med anordningen.
- Der opsættes advarselsskilte om stærke magnetfelter og forbudsskilte til personer med aktivt, implanteret medicinsk udstyr (figur 4.1.2).
- Hvis det er muligt, monteres proben på en præcisionsmanipulator, så klinikerens kan stå længere væk fra proben under behandling.
- Det mediko-fysiske team kunne efter behov overveje at konstruere en ekstern manipulatoranordning, så klinikerens kan stå i afstand fra proben under behandling.

Figur 4.12. Eksempler på advarsler om stærke magnetfelter og en illustration af symbolet for adgangsforbud for personer med aktivt, implanteret medicinsk udstyr



4.9.3. Kortbølgediatermi

Med hensyn til kortbølgediatermi:

- Det mediko-fysiske team skal anmode fysioterapeuterne på hospitalet om at underrette teamet, inden de udfører kortbølgediatermibehandlinger, så der kan udføres en EMF-risikovurdering, og så der om nødvendigt kan træffes passende kontrolforanstaltninger.

5. MASKINVÆRKSTED

5.1. Arbejdssted

Et maskinværksted ønskede at vurdere, hvordan de vil blive berørt af gennemførelsen af EMF-direktivet. Virksomheden havde forskelligt elektrisk udstyr på værkstedet, herunder:

- enhed til magnetpulverundersøgelse (MPI-enhed)
- afmagnetiseringsapparat
- planslibemaskine
- skæremaskine til metalplader
- båndsav
- maskinsav
- rundsav
- fræsemaskine (motor)
- søjleboremaskine
- hot wire strip-varmer
- drejebænke
- håndboremaskiner
- slibeskiver.

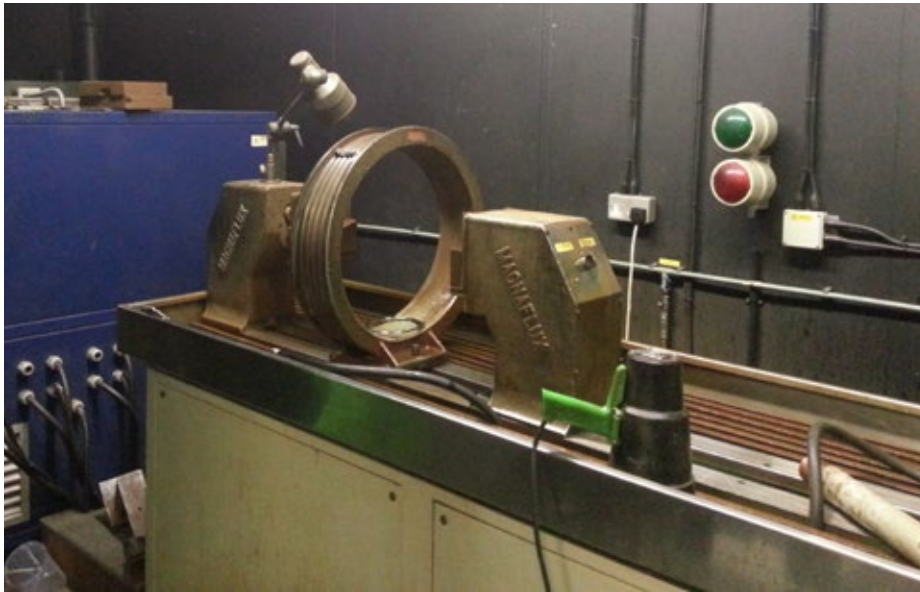
5.2. Arbejdets karakter

Virksomheden vidste, at nogle af dens maskiner, f.eks. MPI-enheden, som anvendes til ikkedestruktive prøvninger, og afmagnetiseringsapparatet, der bruges til at afmagnetisere komponenter, er kilder til elektromagnetiske felter. Virksomheden ønskede også at finde ud af, om andre af dens værktøjer udsender betydelige elektromagnetiske felter.

5.3. Sådan anvendes udstyret

5.3.1. Magnetpulverundersøgelse (MPI)

Magnetpulverundersøgelse (figur 5.1) bruges til ikkedestruktiv prøvning af metalkomponenter. Ved magnetpulverundersøgelse tilføres et ferromagnetisk arbejdsemne strøm for at magnetisere det. Defekter i arbejdsemnets overflade vil derefter forstyrre det magnetiske felt, der dannes af strømmen. Et ferromagnetisk farvestof påføres arbejdsemnets overflade, som gør det muligt under en passende lyskilde at observere eventuelle defekter. Den arbejdstager, der udfører undersøgelsen, arbejder generelt tæt på udstyret.

Figur 5.1. MPI-enhed

5.3.2. Afmagnetiseringsapparat

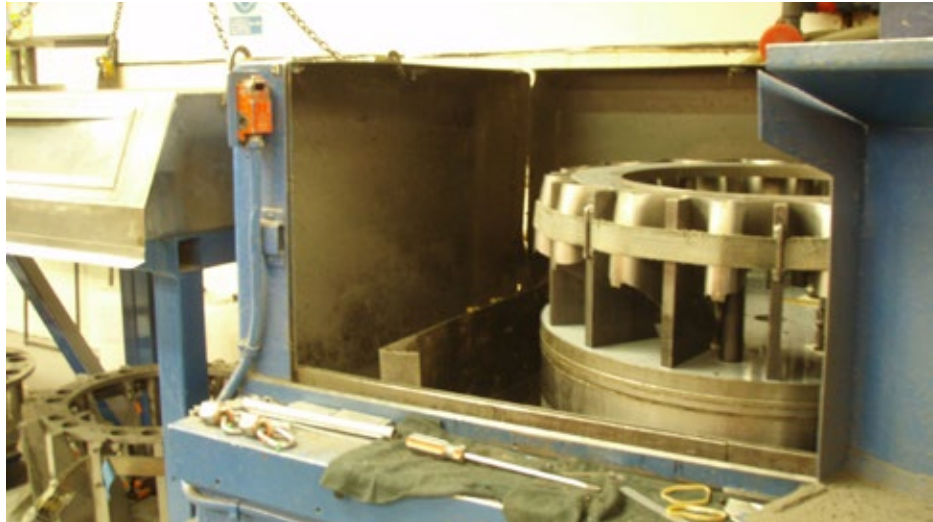
Virksomheden bruger et afmagnetiseringsapparat (figur 5.2) til at afmagnetisere metalkomponenter efter magnetpulverundersøgelser. Komponenter læses manuelt på en skinnevogn, der føres gennem røret på afmagnetiseringsapparatets spole. Operatøren skubber med hånden komponenten på vognen gennem afmagnetiseringsapparatet. Komponenten læses derefter af vognen på den anden side af afmagnetiseringsapparatet.

Figur 5.2. Afmagnetiseringsapparat med vogn

5.3.3. Planslibemaskine

Planslibemaskinen (figur 5.3) omfatter et drejebord med en magnetspændepatron med statisk felt, som de komponenter, der skal slibes, fastgøres på. Magnetspændepatronen kan aktiveres af operatøren, når slibemaskinens paneler er åbne.

Figur 5.3. Planslibemaskine



5.3.4. Andre værktøjer, der anvendes på værkstedet

De andre værktøjer, der anvendes på værkstedet, som er anført nedenfor, bruges jævnligt af forskellige arbejdstagere:

- skæremaskine til metalplader
- båndsav
- maskinsav
- rundsav
- fræsemaskine (motor)
- søjløbormaskine
- hot wire strip-varmer
- drejebænke
- håndboremaskiner
- slibeskiver.

5.4. Information om udstyr, der genererer EMF

Virksomheden vidste, at der kunne være EMF-farer forbundet med MPI-enheden og afmagnetiseringsapparatet, da det i fabrikantens materiale oplyses, at udstyret kan påvirke pacemakere. Materialet indeholdt dog ikke yderligere forklaringer vedrørende denne fare. Virksomheden kunne ikke finde EMF-sikkerhedsinformation om de øvrige værktøjer på værkstedet og undersøgte derfor listerne over udstyr i tabel 3.2 i kapitel 3 i vejledningens bind 1. På det grundlag konkluderede virksomheden, at de fleste elektriske håndværktøjer og mindre elektriske maskiner ikke vil forårsage problemer med hensyn til eksponering for EMF.

5.5. Metode til vurdering af eksponering

Som følge af manglen på information om EMF-faren i forbindelse med enheden til magnetpulverundersøgelse og afmagnetiseringsapparatet besluttede virksomheden at hyre en ekstern konsulent til at udføre en detaljeret vurdering. Virksomheden ønskede at få et overblik over og få afgjort, om der kan forekomme farer i forbindelse med dette udstyr.

Konsulenten målte den tidsvarierende magnetiske fluxtæthed omkring udstyret med et instrument med et indbygget elektronisk filter, der viser resultater udtrykt som procentdele udledt ved hjælp af metoden for vægtet spidsværdi i tidsdomænet, som kan bruges til direkte sammenligning med aktionsniveauer. For statiske magnetiske felter anvendte konsulenten et Hall-magnetometer med tre akser, som målte den magnetiske feltstyrke.

5.6. Resultater af eksponeringsvurdering

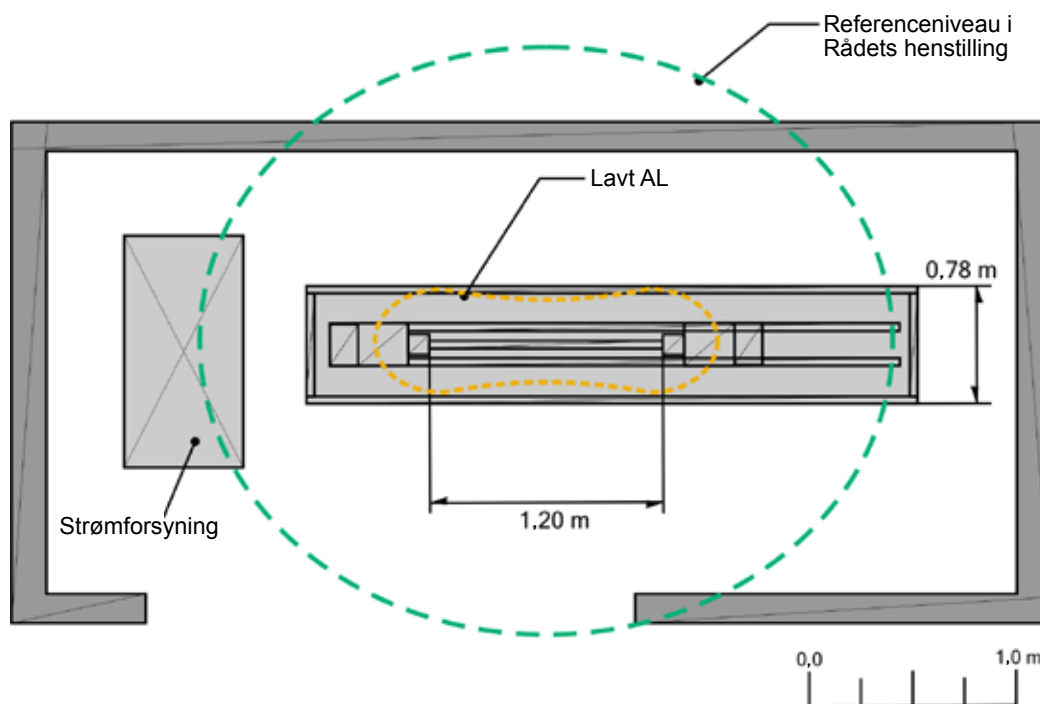
5.6.1. Magnetpulverundersøgelse

Enheden til magnetpulverundersøgelse arbejder typisk mellem 1 og 4 kA. Magnetisk fluxtæthed blev målt med udstyret indstillet til maksimal effekt (10 kA). Udstyret blev indstillet til radial magnetiseringstilstand, hvor strømmen blev tilført arbejdsemnet direkte. Under undersøgelsen blev det bemærket, at operatøren stod i en afstand af 60 cm fra arbejdsemnet, og målingerne blev derfor foretaget i denne position. Det lave aktionsniveau blev ikke overskredet i denne position.

Målinger blev også foretaget på andre positioner omkring udstyret, og resultaterne blev sammenlignet med aktionsniveauerne og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF). Disse niveauer kan anvendes som en bred indikator for eksponeringen af særligt udsatte arbejdstagere (se bilag E i vejledningens bind 1).

De områder, hvor aktionsniveauerne og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet, vises i figur 5.4. Området for det lave aktionsniveau er helt indeholdt i maskinen, mens området for referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) går ca. 1,5 m fra arbejdsemnet og op til 0,4 m ind i områderne i den tilstødende MPI-arbejdsplads.

Figur 5.4. Planvisning af det område, hvor det lave aktionsniveau (gult) og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) (grønt) kan blive overskredet



5.6.2. Afmagnetiseringsapparat

Teknikeren udførte målinger af de magnetiske felter omkring afmagnetiseringsapparatet, som vises i tabel 5.1. Det blev konstateret, at den magnetiske fluxtæthed var under det lave aktionsniveau 40 cm fra midten af magnetrøret og kun oversteg det høje aktionsniveau i plan med magnetens overflade. Referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) blev overskredet inden for 1 m af magnetrøret.

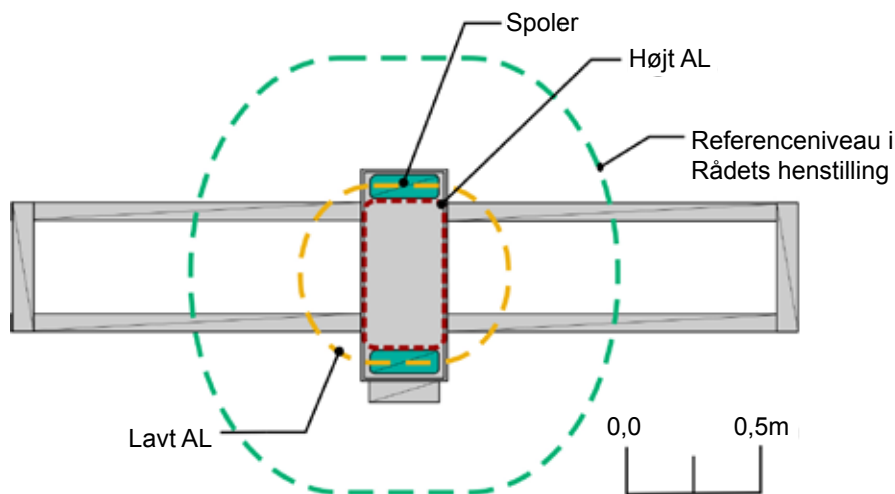
De områder, hvor aktionsniveauerne og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet, vises i figur 5.5.

Tabel 5.1. Magnetiske fluxtætheder målt omkring afmagnetiseringsapparatet udtrykt som procentdel af aktionsniveauerne i EMF-direktivet

Måleposition	Målt størrelse			Eksponering i henhold til EMF-direktivet				
	Frekvens (Hz)	Magnetisk fluxtæthed (μT)	Lavt aktionsniveau (μT)	Eksponering (%)	Højt aktionsniveau (μT)	Eksponering (%)	Aktionsniveau for eksponering af lemmer (μT)	Eksponering (%)
Operatørens side af vognskinnen:								
• Tæt på kontrolpanelets RHS	50	590	1 000	59 %	6 000	10 %	18 000	3,3 %
• Kant af skinne langs magnet	50	1 400	1 000	140 %	6 000	23 %	18 000	7,8 %
• 40 cm fra magnetrørets centrum	50	600	1 000	60 %	6 000	10 %	18 000	3,3 %
1 m fra magnetrørets centrum (på siden af afmagnetiseringsapparatet):								
• Åben ende	50	70	1 000	7.0 %	6 000	1.2 %	18 000	0,4 %
• Lukket ende	50	70	1 000	7.0 %	6 000	1.2 %	18 000	0,4 %
Side af vognskinnen placeret længst væk (uden kontrolpanel):								
• 25 cm fra magnetrørets centrum	50	3 200	1 000	320 %	6 000	53 %	18 000	18 %
• 40 cm fra magnetrørets centrum	50	600	1 000	60 %	6 000	10 %	18 000	3,3 %
• 30 cm fra magnetindkapsling (side med isolationsafbryder)	50	250	1 000	25 %	6 000	4.2 %	18 000	1,4 %
Over vognskinne på magnetrørets akse:								
• Plan med magnetens flade (åben ende)	50	6 700	1 000	670 %	6 000	110 %	18 000	37 %
• Plan med magnetens flade (lukket ende)	50	6 700	1 000	600 %	6 000	100 %	18 000	33 %

Bemærk: Målinger blev foretaget med instrumentet i feltstyrketilstand, som viste, at bølgeformen altid var domineret grundfrekvensen på 50 Hz. Målesikkerheden blev anslået til $\pm 10\%$, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) sammenlignet direkte med aktionsniveauerne.

Figur 5.5. Planvisning af det område, hvor højt AL (rødt), lavt AL (gult) og referenceniveauer i Rådets henstilling (1999/519/EF) (grøn) kan blive overskredet omkring afmagnetiseringsapparatet



5.6.3. Planslibemaskine

Målinger blev foretaget omkring slibemaskinen, som omfatter en magnetspændepatron, der holder arbejdsområdet på plads.

Målinger omkring enheden viste, at eksponeringsgrænselværdierne for eksponering for statiske magnetiske felter ikke vil blive overskredet i nogen position. Aktionsniveau for eksponering af aktivt, implanteret medicinsk udstyr kan blive overskredet tæt på magnetspændepatronen (tabel 5.2).

Tabel 5.2. Afstand, hvor den magnetiske fluxtæthed falder til aktionsniveauet for eksponering af aktivt, implanteret medicinsk udstyr (0,5 mT)

Udstyr	Afstand fra bordkanten	Afstand fra bordfladen
Lumsdenslibemaskine	15 cm	15 cm

Bemærk: Måleusikkerheden blev anslået til $\pm 5\%$, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) sammenlignet direkte med aktionsniveauerne ved vurdering af ovennævnte afstande.

5.6.4. Andre værktøjer, der anvendes på værkstedet

Den magnetiske fluxtæthed blev målt omkring andre maskiner på værkstedet, og aktionsniveauerne blev ikke overskredet omkring nogen af dem.

For de værktøjer, der er anført i tabel 5.3, oversteg den magnetiske fluxtæthed ikke aktionsniveauerne eller referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) i nogen position. For de værktøjer, der er anført i tabel 5.4, oversteg den magnetiske fluxtæthed referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) i visse positioner tæt på udstyret.

Tabel 5.3. Værktøjer, der ikke udgør en EMF-fare

Udstyr	Procentdel af referenceniveauer i Rådets henstilling (1999/519/EF)
Skæremaskine til metalplader	33 %
Båndsav	< 1 %
Maskinsav	< 1 %
Fræsemaskine	50 %
Søjleboremaskine	20 %
Hot wire strip-varmer	20 %
Slibeskiver	20 %
Drejebænke	< 2 %

Tabel 5.4. Værktøjer, hvor den magnetiske fluxtæthed oversteg referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF)

Udstyr	Bemærkninger
Rundsav	280 % ved maskinens overflade 100 % 15 cm fra motoren 20 % ved operatørens position
Slibe- og poleremaskiner	350 % ved maskinens overflade 100 % 10 cm fra maskinen
Håndboremaskine	700 % ved maskinens overflade 300 % ved den typiske kroppsposition (7 cm fra boremaskinens bagende) 100 % 15 cm fra boremaskinens bagende

5.7. Risikovurdering

Virksomheden udførte EMF-specifikke risikovurderinger for dens udstyr baseret på de målinger, den eksterne konsulent havde udført (tabel 5.5-5.9). De var i overensstemmelse med den metode, der anbefales af OiRA (EU-OSHA's platform for interaktiv onlinerisikovurdering). Risikovurderingerne konkluderede, at:

- MPI-enheden — aktionsniveauerne vil ikke blive overskredet ved den typiske operatørposition. Særligt udsatte arbejdstagere kan udsættes for fare i et område på ca. 1,5 m fra arbejdsområdet.
- Afmagnetiseringsapparat — arbejdstagere kan overskride det lave aktionsniveau, når de står tæt på magneten. Særligt udsatte arbejdstagere kan udsættes for fare i et område på ca. 1 m fra arbejdsområdet.
- Planslibemaskine — særligt udsatte arbejdstagere kan udsættes for fare i et område på ca. 15 cm fra magnetspændepatronen. Man vurderede dog, at en arbejdstager næppe vil stå så tæt på magneten.
- Håndboremaskine — særligt udsatte arbejdstagere kan udsættes for fare, når de bruger værktøjet.
- Andre værktøjer — felter, der overstiger referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF), blev målt omkring nogle værktøjer. Felterne var dog meget lokale, og man konkluderede derfor, at faren for særligt udsatte arbejdstagere var lav.

Virksomheden udviklede en handlingsplan med udgangspunkt i risikovurderingen.

Tabel 5.6. EMF-specifik risikovurdering for afmagnetiseringsapparat

Farer	Eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger	Udsatte personer	Alvorlighed			Sandsynlighed			Risikovurdering	Nye forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger
			Mindre	Alvorlig	Dødelig	Usandsynlig	Mulig	Sandsynlig		
Direkte EMF-virkninger	Ingen	Operatører	✓				✓		Lav	Medmindre det gør det vanskeligt at bruge udstyret, opstilles afskærmning, som hindrer arbejdstagere i at overskride det lave aktionsniveau, og nogle af de gentagne afmagnetiseringsopgaver automatiseres.
Det lave aktionsniveau kan blive overskredet op til 40 cm fra magneten.		Særligt udsatte arbejdstagere (gravide arbejdstagere)								Oplysning og oplæring gives til alle operatører og andre arbejdstagere.
Referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet op til 1 m fra magneten.										Advarselsskilte opsættes. Det område, hvor referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) overskrides, afmærkes. Gravide arbejdstagere forbydes adgang til det afmærkede område. Hensigtsmæssige advarsels- og forbudsskilte vises ved indgangen til det afmærkede område.
Indirekte EMF-virkninger (virkning på aktivt, implanteret medicinsk udstyr):	Arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr må ikke bruge dette udstyr.	Særligt udsatte arbejdstagere	✓				✓		Lav	Alle arbejdstagere oplyses om denne fare. Advarsler indsættes i sikkerhedsoplysninger om arbejdsstedet.
Referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet op til 1 m fra magneten										Hensigtsmæssige advarsels- og forbudsskilte vises ved indgangen til det afmærkede område.

Table 5.9. EMF-specific risk assessment for other machines

Farer	Eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger	Udsatte personer	Alvorlighed			Sandsynlighed			Risikovurdering	Nye forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger
			Mindre	Alvorlig	Dødelig	Usandsynlig	Mulig	Sandsynlig		
Direkte EMF-virkninger	Ingen	Operatorer	✓			✓			Lav En arbejdstager vil næppe stå så tæt på udstyret.	Ingen påkrævet
Referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet i meget lokale områder tæt på udstyret		Særligt udsatte arbejdstagere (gravide arbejdstagere)								
Indirekte EMF-virkninger (virkning på aktivt, implanteret medicinsk udstyr)	Ingen	Særligt udsatte arbejdstagere		✓		✓			Lav En arbejdstager vil næppe stå så tæt på udstyret.	Ingen påkrævet
Referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet i meget lokale områder tæt på udstyret										

5.8. Forholdsregler, der allerede er truffet

Inden den eksterne konsultants målinger og vurdering var der kun indført ganske få forholdsregler. De var begrænset til:

- forbud mod, at arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr anvendte MIP-enheden eller afmagnetiseringsapparatet.

5.9. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen

Som resultat af målingerne og vurderingen og efter en evaluering af de farer, der er forbundet med udstyret, udarbejdede virksomheden en handlingsplan og besluttede at:

- opstille fire forholdsvis små ikkemetalliske (Perspex) skærme på hver side af afmagnetiseringsapparatets magnetrør; de blev placeret i en vinkel indad, så de ikke forårsagede betydelige hindringer, men så de på alle punkter var placeret ca. 40 cm fra magnetrørets åbning

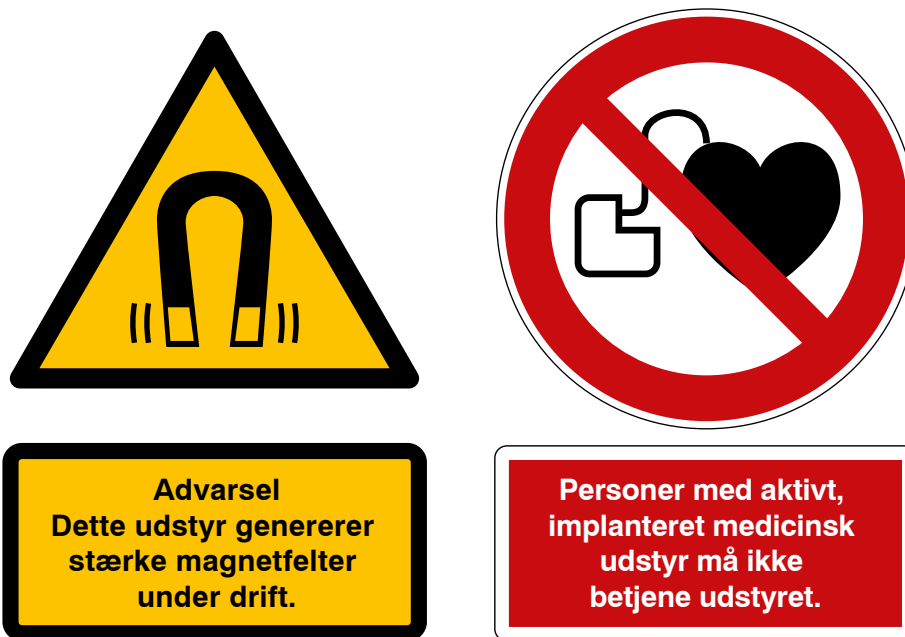
- automatisere nogle af de repetitive afmagnetiseringsoperationer ved brug af robotter og transportbånd (figur 5.6); dette havde yderligere fordele med hensyn til manuelle håndteringsoperationer i overensstemmelse med kravene i direktiv 90/269/EØF
- opsætte advarsels- og forbudskilte på udstyret og ved indgangen til områder, hvor referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet; eksempler på advarselsskilte vises i figur 5.7
- bevidstgøre operatører og sikre, at de har kendskab til resultaterne af risikovurderingen og de hensigtsmæssige beskyttelses- og forebyggelsesforanstaltninger
- udvikle hensigtsmæssige procedurer med henblik på at sikre, at alle arbejdstagere, herunder besøgende og underleverandører, har kendskab til de potentielle problemer for særligt udsatte arbejdstagere (se bilag E i vejledningens bind 1).

Figur 5.6. Automatiseret afmagnetiseringsapparat med transportbånd og robothåndtering

Robot

Afmagnetiseringsapparat



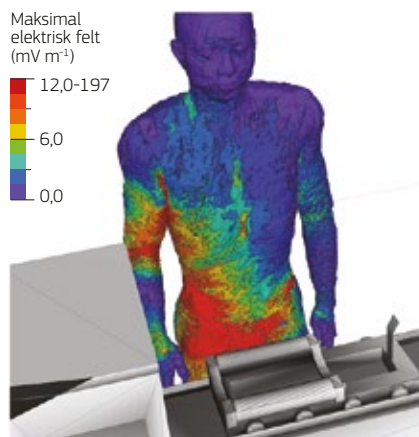
Figur 5.7. Eksempel på advarsels- og forbudsskilte

5.10. Andre informationskilder

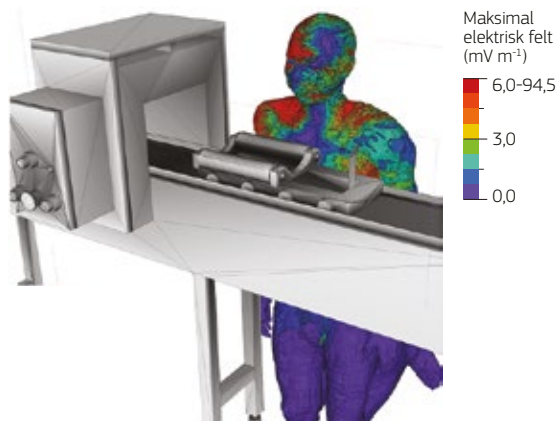
Computermodeller baseret på måleresultaterne omkring afmagnetiseringsapparatet viser, at de inducerede elektriske felter var i overensstemmelse med eksponeringsgrænseværdierne, selv om aktionsniveauerne blev overskredet. For de tre eksponeringssituationer, der er anført nedenfor, varierede de inducerede elektriske felter fra 5 % til 54 % af den lave emissionsgrænseværdi.

- stående i position 1, 25 cm fra magnetrøret (figur 5.8a)
- knælende i position 1, 25 cm fra magnetrøret (figur 5.8b)
- foroverbøjet i position 2 på linje med magnetrøret (figur 5.8c).

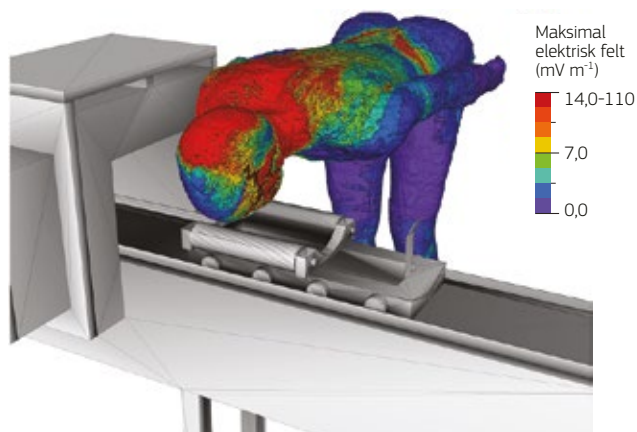
Figur 5.8a. Fordeling af induceret elektrisk felt i menneskemodel fra eksponering for afmagnetiseringsapparatet, når person står i position 1, 25 cm fra magnetrøret



Figur 5.8b. Fordeling af induceret elektrisk felt i menneskemodel fra eksponering for afmagnetiseringsapparatet, når person knæler i position 1, 25 cm fra magnetrøret



Figur 5.8c. Fordeling af induceret elektrisk felt i menneskemodel fra eksponering for afmagnetiseringsapparatet, når person står foroverbøjet i position 2 på linje med magnetrøret



6. BILINDUSTRIEN

6.1. Arbejdssted

Dette casestudie omhandler håndholdte punktsvejsere og induktionsvarmere anvendt i karrosseriværksted. Selv om de ikke tilhører kategorien for små og mellemstore virksomheder, er førende internationale bilfabrikanter brug af punktsvejsere kort omhandlet i afsnit 6.11.

6.2. Arbejdets karakter

Håndholdte punktsvejsere (figur 6.1) og induktionsvarmere (figur 6.3) kan udgøre en fare som følge af stærke tidsvarierende magnetiske felter, der produceres af de kraftige elektriske strømme, de anvender til at svejse eller opvarme metal. Dette casestudie omhandler to punktsvejsere og tre induktionsvarmesystemer, der typisk bruges i karrosseriværksteder.

Figur 6.1. Håndholdt punktsvejsere, der anvendes til at fastgøre et nyt panel



6.3. Sådan anvendes udstyret

De fleste moderne køretøjer fremstilles ved at svejse paneler sammen, så der fås ét karrosseri, som hovedkomponenterne derefter fastgøres til. Oftest foretages svejsningen ved hjælp af punktsvejsere. Håndholdte punktsvejsere består af en svejsetang, der er forbundet til en kontrolenhed med el- og kølesystemer. Svejsetangen bruger to formede kobberlegeringselektroder til at fremstille punktsvejsningen. Elektrodernes størrelse kan variere afhængigt af punktets placering på det karrosseri, der svejses. Et eksempel på en af de vurderede svejsere vises i figur 6.2.

Figur 6.2. En typisk håndholdt punktsvejser på et karrosseriværksted. Systemet er mobilt, idet kontrolenheden er monteret på hjul. Forsyningskablerne til el- og kølesystemet går fra fronten af enheden til bagenden af svejsetangen, som sidder i en holder til venstre for kontrolpanelet.



Ved servicering eller reparation af køretøjer skal arbejdstagere i mange tilfælde — oftest på grund af rust — opvarme metaldele, så de kan afmonteres. Induktionsvarmere består af en elektromagnetisk spole, hvorigennem lavfrekvent vekselstrøm passerer. Det magnetiske felt, der genereres omkring spolen, inducerer elektrisk strøm, såkaldt hvirvelstrøm, i målgenstanden, og modstanden mod denne strøm får genstanden til at blive varm. Et eksempel på en af de vurderede varmere vises i figur 6.3.

Figur 6.3. En 1 kW håndholdt induktionsvarmer, der anvendes til at opvarme en bolt



6.4. Information om udstyr, der genererer EMF

Den ene af de vurderede punktsvejsere anvendte en svejsetang af C-typen, der kan påmonteres 160 mm eller 550 mm arme, og den anden anvendte en svejsetang af X-typen med 160 mm eller 550 mm elektroder. De forskellige typer svejsetænger vises i figur 6.4 og 6.5. Begge svejsere anvender strøm mellem 7 500 og 12 000 A og arbejder ved en frekvens på 2 kHz, men mens svejsetangen af C-typen anvendte en ekstern transformator til at forsyne svejsestrømmen, anvendte svejsetangen af X-typen en integreret minitransformator. Det betyder, at netforsyningen på 50/60 Hz i denne svejser løber gennem kablet mellem kontrolenheden og svejsetangen i stedet for den meget kraftigere svejsestrøm. Betydningen af dette uddybes senere i dette casestudie.

Figur 6.4. Svejsetang af C-typen med påmonteret arm på 160 mm. Selve svejsetangen (under arbejdstagerens hånd) indeholder stemplet, der trykker den ene elektrode mod den anden. Svejsestrømmen leveres fra kontrolenheden via kablerne til venstre i figuren.



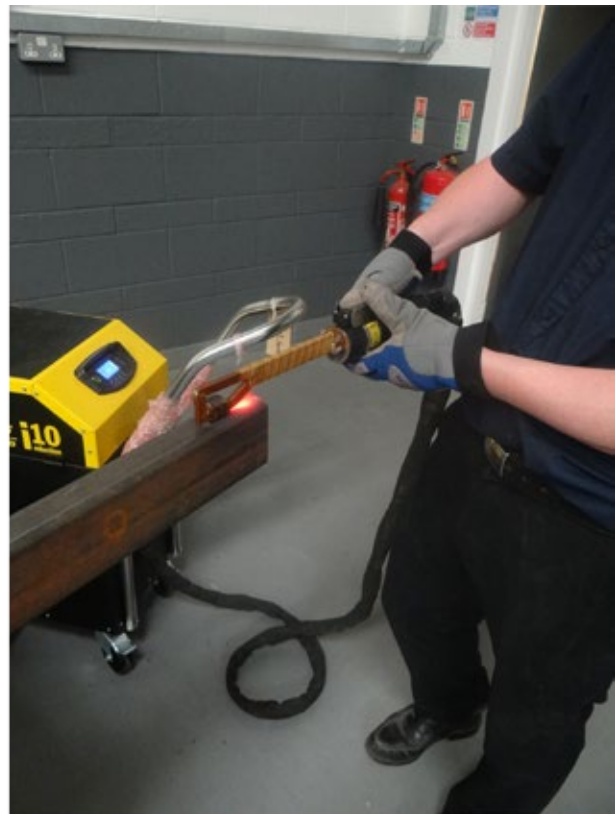
Figur 6.5. Svejsetang af X-typen med påmonterede elektroder på 550 mm. De to elektroder presses sammen i en knibtangsmanøvre af et stempel i selve svejsetangen (mellem arbejdstagerens hænder), som også indeholder den transformator, der forsyner svejsestrømmen.



De tre induktionsvarmere, der blev vurderet på værkstedet, havde forskellige effekter: 1, 4 og 10 kW. Varmeren på 1 kW arbejdede ved 15 kHz, og varmerne på 4 og 10 kW arbejdede mellem 17 og 40 kHz. Den frekvens, der anvendes af 4 og 10 kW-varmerne, varierer, fordi de automatisk kan justere frekvensen af den anvendte strøm for at sikre maksimal forbindelse med den genstand, der opvarmes.

Varmeren på 1 kW bestod af en enkelt håndholdt enhed, der kombinerer transformator og varmeelement i én enhed, som ikke har et aktivt kølesystem (figur 6.3). Varmerne på 4 og 10 kW bestod af en særskilt kraftenhed og et håndholdt varmeelement og havde aktive kølesystemer (figur 6.6).

Figur 6.6. Induktionsvarmere på 4 kW (venstre) og 10 kW (højre), der anvendes til at opvarme metalkomponenter på et karrosseriværksted. I disse tilfælde er transformatoren placeret i en separat kraftenhed (til venstre i figuren), og el- og køleforsyningskabler forbinder kraftenheden med varmeelementet (som i begge tilfælde holdes af arbejdstageren). De står i modsætning til den meget simple induktionsvarmer på 1 kW, der vises i figur 6.3.



6.5. Metode til vurdering af eksponering

En brancheorganisation i bilindustrien var bekymret over betydningen af EMF-direktivet for dens medlemmer, som tæller leverandører af elektrisk og opvarmningsudstyr. De mente, at punktsvejsere og induktionsvarmere, der typisk anvendes på værksteder, kunne generere eksponeringer for arbejdstagere, som overstiger de relevante aktionsniveauer i artikel 3, stk. 2, i EMF-direktivet. Det skyldes, at både punktsvejsere og induktionsvarmere anvender høje strømstyrker, og at arbejdstagere ofte holder dem tæt på kroppen under brugen (se figur 6.1, 6.4, 6.5 og 6.6).

Organisationen hyrede derfor en ekstern konsulent, som deltog i et europæisk projekt vedrørende udvikling af vejledning om erhvervmæssig eksponering for elektromagnetiske felter. Den eksterne konsulent fik derfor til opgave at vurdere forskelligt udstyr på værkstedet på en teknisk skole.

Konsulenten foretog målinger af tidsvarierende magnetisk fluxtæthed omkring de svejsemaskiner og induktionsvarmere, der er beskrevet ovenfor, ved hjælp af en isotrop probe med tre akser (figur 6.7). Instrumentet var forsynet med et indbygget elektronisk filter, der viser resultater udtrykt som procentdele udledt ved hjælp af metoden for vægтет spidsværdi i tidsdomænet, som kan bruges til direkte sammenligning med EMF-direktivets aktionsniveauer. Instrumentet havde også en indbygget spektrumanalysator, der gjorde det muligt at analysere det harmoniske indhold af bølgeformen

Figur 6.7. Målinger omkring punktsvejser med svejsetang af C-typen og 160 mm arm på værksted. Svejser med svejsetang af X-typen er i baggrunden.

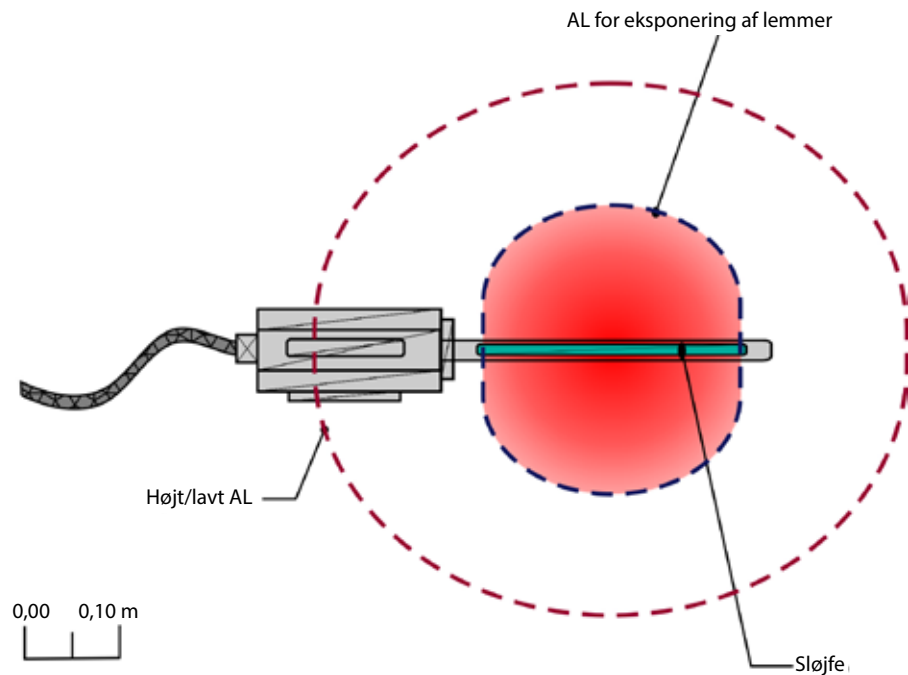


6.6. Resultater af eksponeringsvurderinger

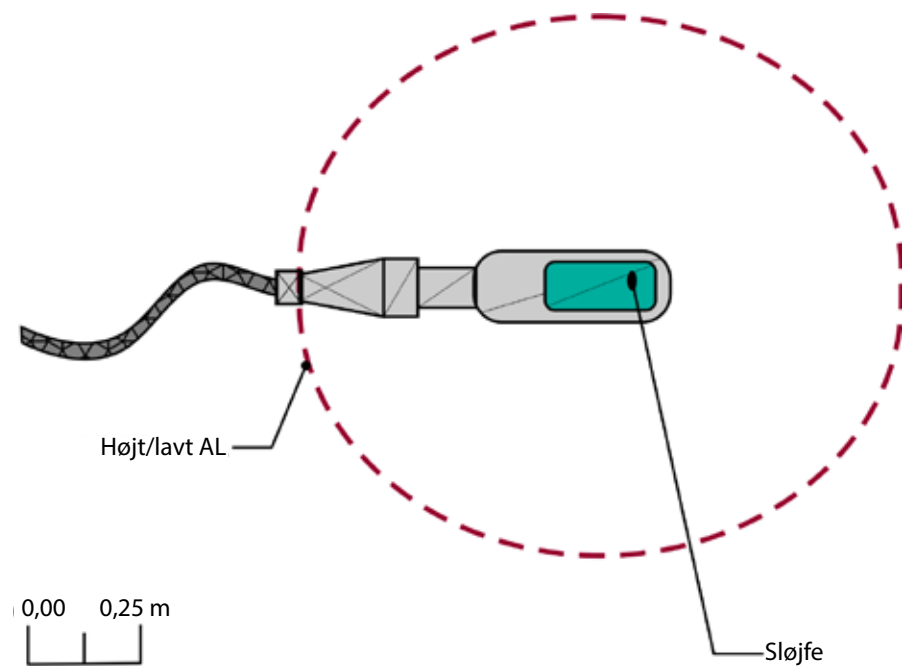
Konsulentens måleresultater vises i figurerne og tabellen nedenfor. Målinger blev i alle tilfælde foretaget, mens svejseren eller varmeren blev anvendt på samme måde som i et typisk værksted. Målinger blev taget for at fastlægge det område, omkring hver svejsetang og induktionsvarmer, hvor:

- EMF-direktivets aktionsniveauer blev overskredet
- der kan være problemer med sikkerheden for særligt udsatte arbejdstagere; dette vurderes i forhold til referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) (se bilag E i vejledningens bind 1).

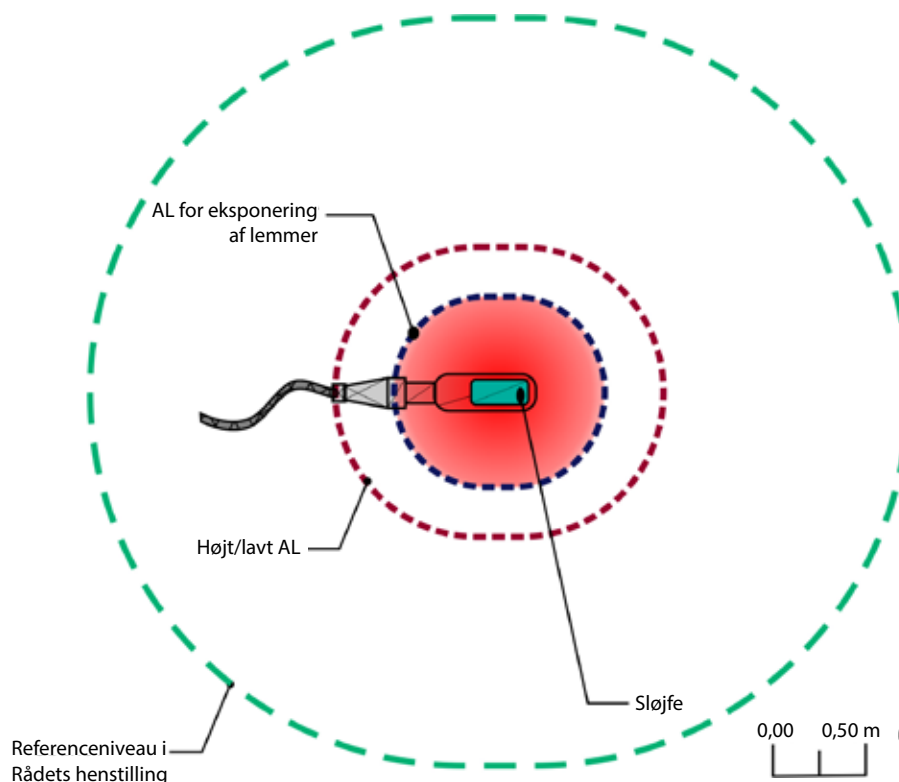
Figur 6.9. Planvisning af det område, hvor aktionsniveauet for eksponering af lemmer (blåt) og de høje/lave aktionsniveauer (rødt) kan blive overskredet omkring en svejsetang af C-typen, når en 550 mm arm er påmonteret



Figur 6.10. Planvisning af det område, hvor de høje/lave aktionsniveauer (rødt) kan blive overskredet omkring en svejsetang af X-typen, når 160 mm elektroder er påmonteret



Figur 6.11. Planvisning af det område, hvor AL for lemmer (blåt), høje/lave AL'er (rødt) og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) (grønt) kan blive overskredet omkring en svejsetang af X-typen, når 550 mm elektroder er påmonteret



Tabel 6.1. Resultater af måling af kabel mellem svejsetang af C-typen og kontrolenheden

Klemtype	Strømstyrke (A)	% af højt/lavt aktionsniveau ⁽¹⁾ 10 cm fra kabel	% af højt/lavt aktionsniveau ⁽¹⁾ 12 cm fra kabel	% aktionsniveau for eksponering af lemmer ⁽²⁾ 8 cm fra kabel
160 mm C-type	8 000	180	100	100

⁽¹⁾ Højt/lavt aktionsniveau for magnetisk fluxtæthed for frekvens på 2 kHz: 150 μ T.

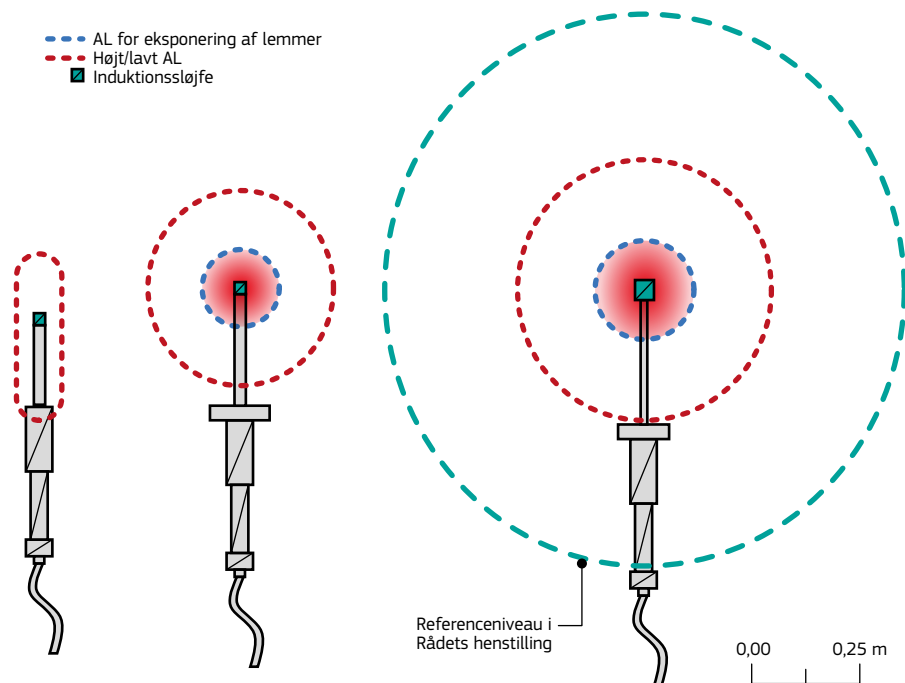
⁽²⁾ Aktionsniveau for eksponering af lemmer for magnetisk fluxtæthed for frekvens på 2 kHz: 450 μ T.

Bemærk: Måleusikkerheden blev anslået til ± 10 %, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) registreret som direkte procentdele af aktionsniveauerne.

6.6.2. Resultater af eksponeringsvurdering af induktionsvarmere anvendt på værksted

Figur 6.12 viser varmeelementerne i tre induktionsvarmere — varmeren på 1 kW til venstre, varmeren på 4 kW i midten og varmeren på 10 kW til højre. I alle tilfælde repræsenterer området omkring varmeelementerne 100 % af det relevante niveau, hvor blå repræsenterer aktionsniveauet for eksponering af lemmer, rød repræsenterer det høje og lave aktionsniveau, og grøn repræsenterer referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF).

Figur 6.12. Planvisning af det område, hvor aktionsniveauet for eksponering af lemmer (blåt), høje/lave aktionsniveauer (rødt) og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) (grønt) kan blive overskredet (1 kW til venstre, 4 kW i midten og 10 kW til højre)

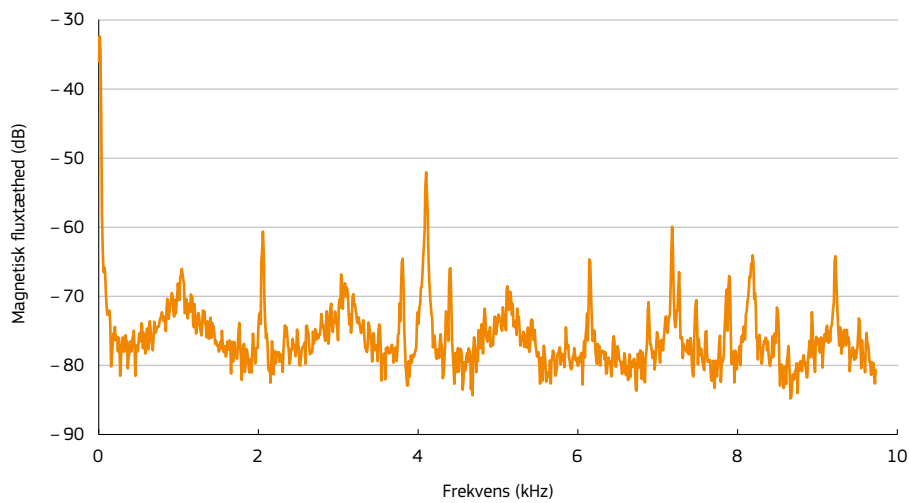


6.7. Konklusion af eksponeringsvurderinger

Afhængigt af typen af svejsetang blev aktionsniveauet for eksponering af lemmer i EMF-direktivet overskredet mellem 10 og 22 cm fra klemmen, og det høje og lave aktionsniveau i EMF-direktivet blev overskredet mellem 20 og 32 cm fra klemmen. Referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) blev overskredet op til et par meter fra klemmen.

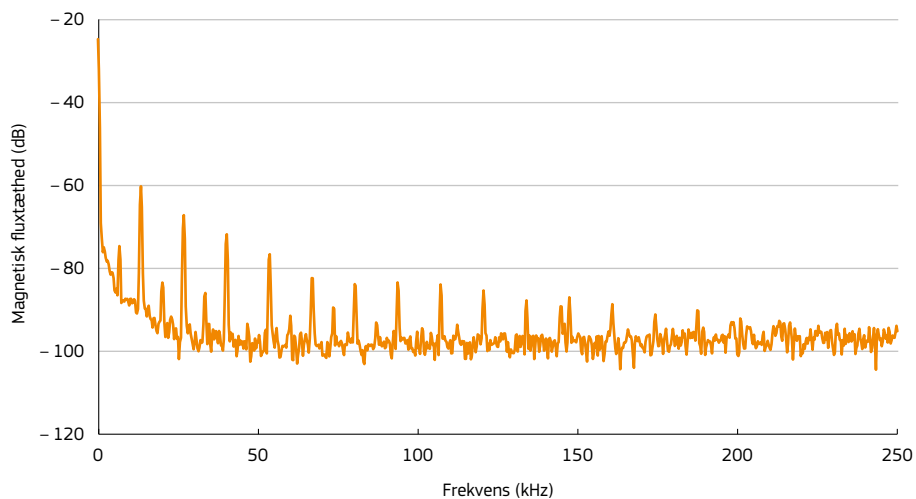
Konsulenten bemærkede, at forsyningskablerne på svejsetangen af C-typen genererede magnetiske felter omkring kablerne, der oversteg aktionsniveauet for eksponering af lemmer og det høje og lave aktionsniveau, men kabler på svejsetangen af X-typen gjorde det ikke. Aktionsniveauet for eksponering af lemmer blev overskredet op til 8 cm fra kablerne, og det høje og lave aktionsniveau blev overskredet op til 12 cm fra kablerne. Dette skyldtes ifølge konsulenten, at kablerne på svejsetangen af C-typen overfører svejsestrømmen fra kontrolenheden til svejsetangen, mens svejsetangen af X-typen, som har en indbygget transformator, kun har et kabel, der skal overføre 50/60 Hz netforsyning.

Konsulenten bekræftede, at grundfrekvensen for svejsestrøm til punktsvejsere på værksteder var 2 kHz, selv om flere harmoniske strømme ydede et væsentligt bidrag til den samlede eksponering. Det fremgår af figur 6.13, som viser den spektrale fordeling af den bølgeform, der genereres af punktsvejseren med en påmonteret svejsetang af C-typen på 160 mm.

Figur 6.13. Spektral fordeling af bølgeform fra 160 mm svejsetang af C-typen

Med hensyn til induktionsvarmerne blev aktionsniveauet for eksponering af lemmer, afhængigt af varmerens effekt, overskredet mellem 7 og 11 cm fra varmeelementet mod arbejdstagerens hånd, og det høje og lave aktionsniveau blev overskredet mellem 13 og 18 cm fra midten af varmeelementet i alle retninger.

Varmernes grundfrekvens varierede. Varmeren på 1 kW havde en grundfrekvens på 15 kHz, og varmerne på 4 kW og 10 kW havde en frekvens på 36 kHz. Ligesom svejserne ydede flere harmoniske strømme i hvert tilfælde et betydeligt bidrag til den samlede eksponering. Det fremgår af figur 6.14, som viser den spektrale fordeling af den bølgeform, der genereres af induktionsvarmeren på 1 kW.

Figur 6.14. Spektral fordeling af bølgeform fra induktionsvarmer på 1 kW

6.8. Risikovurdering

På grundlag af måleresultaterne konkluderede konsulenten, at — eftersom punktsvejsetængerne holdes i hånden tæt på kroppen — vil arbejdstagernes eksponering for magnetiske felter sandsynligvis overstige EMF-direktivets relevante aktionsniveauer og muligvis også den relevante emissionsgrænseværdi. Målingerne omkring forsyningskablerne til svejsetangen af C-typen viser også, at de potentielt kan forårsage eksponeringer, der overstiger det relevante aktionsniveau.

Konsulenten bemærkede videre, at de magnetiske felter oversteg referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) op til et par meter fra svejsetængerne. Referenceniveauerne kan anvendes som en bred indikator for de indirekte virkninger af eksponeringen af særligt udsatte arbejdstagere (se bilag E i vejledningens bind 1).

Med hensyn til induktionsvarmerne konkluderede konsulenten, at arbejdstagere, der bruger disse, ikke blev eksponeret for felter, der overstiger aktionsniveauerne, fordi varmeelementerne var placeret i tilstrækkelig afstand fra deres hænder og krop under opvarmning. De magnetiske felter var dog kraftige nok til at overstige referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) op til 0,5 m fra varmeren på 10 kW. Konsulenten anbefalede derfor, at man tog hensyn til risikoen for særligt udsatte personer som følge af de indirekte virkninger af eksponeringen for de magnetiske felter, der genereres af varmerne (se bilag E i vejledningens bind 1).

På grundlag af disse konklusioner udarbejdede konsulenten en EMF-specifik risikovurdering for anvendelsen af punktsvejserne og induktionsvarmerne ved hjælp af den metode, der anbefales af OiRA (EU-OSHA's platform for interaktiv onlinerisikovurdering). Dermed kunne man afgøre, hvilke foranstaltninger der skal træffes for at beskytte arbejdstagere og sikre, at de ikke udsættes for magnetiske felter, der overstiger aktionsniveauerne. Den EMF-specifikke risikovurdering vises i tabel 6.2.

6.9. Forholdsregler, der allerede er truffet

Ingen.

Tabel 6.2. EMF-specifik risikovurdering for anvendelsen af håndholdte punktsvejsere og induktionsvarmere på værksted

Farer	Eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger	Udsatte personer	Alvorlighed			Sandsynlighed			Risikovurdering	Nye forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger
			Mindre	Alvorlig	Dødelig	Usandsynlig	Mulig	Sandsynlig		
Direkte virkninger af lav frekvens	Ingen. Hænder og krop er ofte tæt på svejseklemmen for at støtte vægten af tangen under svejsning.	Arbejdstagere på værksted	✓				✓		Lav	Ændringer af den måde, hvorpå svejsearbejde udføres — brug af balancestykker til at understøtte svejsetangens vægt, så arbejdstagerne kan holde hænder og krop væk fra svejseelektroderne.
	Induktionsvarmernes varmeelementer holdes normalt i en arms længde.		✓				✓		Lav	Standardarbejdsanvisninger for svejsearbejde Advarselsskilte på svejsere og varmere Uddannelse af operatører i EMF-farer
		Gravide arbejdstagere	✓				✓		Lav	Svejsere/varmere må ikke betjenes af eller i nærheden af gravide arbejdstagere.
Indirekte virkninger ved lav frekvens (interferens med aktivt, implanteret medicinsk udstyr)	Ingen	Særligt udsatte arbejdstagere		✓			✓		Lav	Svejsere/varmere må ikke betjenes af eller i nærheden af arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr. Uddannelse af personale i EMF-farer

6.10. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen

Som følge af risikovurderingen besluttede værkstedslederen at gennemføre følgende forholdsregler:

- Iværksættelse af foranstaltninger, så arbejdstagere så vidt muligt kan holde hænder og krop i større afstand fra punktsvejserens svejsetang og om nødvendigt længere væk fra andre ledere og forsyningskabler. Værkstedslederen indførte f.eks. balancestykker til at understøtte punktsvejsetængerne. Det betyder, at arbejdstagerne ikke længere skal understøtte svejsetængerne, og at de derfor altid kan stå bag svejsetangen og blot holde fat om tangens bagende for at holde den på plads under en svejsning.
- Opsætning af skilte på svejsere og varmere med advarsel om stærke magnetiske felter og forbud mod brug af svejseren eller varmeren af eller under tilstedeværelse af personer med aktivt, implanteret medicinsk udstyr og andre særligt udsatte arbejdstagere, f.eks. gravide arbejdstagere. Eksempler på skilte, der anvendes på værkstedet, vises i figur 6.15.

Figur 6.15. Eksempler på skilte med advarsel om stærke magnetiske felter og forbud mod brug af svejseren af eller under tilstedeværelse af personer med aktivt, implanteret medicinsk udstyr



- oplysning af arbejdstagere, herunder om resultatet af risikovurderingen
- instruktion af arbejdstagere i, hvordan de holder deres eksponeringer under EMF-direktivets aktionsniveauer
- hensigtsmæssig oplæring med henblik på at sikre, at andre arbejdstagere er bevidste om den fare for magnetiske felter, svejsere og varmere udgør
- regelmæssig revision af risikovurderingen.

6.11. Punktsvejsere i bilproduktion

Internationale bilfabrikanter kan ikke betragtes som små eller mellemstore virksomheder, men punktsvejsning har så stor betydning i denne industri, at forfatterne fandt det vigtigt at medtage konsulentens vurdering af eksempler på punktsvejsere, der anvendes af en førende bilfabrikant.

6.11.1. Vurdering af punktsvejsere på fabrik

Tre punktsvejsere blev vurderet: en svejsetang af C-typen med en 400 mm arm, en svejsetang af X-typen med 130 mm lange elektroder og en svejsetang af X-typen 700 mm lange elektroder. De to mindste svejsetænger arbejder ved 8 400 A, og den største arbejder ved 10 200 A. Alle tre svejsetænger havde en driftsfrekvens på 50 Hz og blev forsynet af eksterne transformatorer via kabler, der er konstrueret til at minimere eksponeringen for magnetiske felter. Svejsetangen af C-typen på 400 mm og svejsetangen af X-typen på 700 mm vises i figur 6.16 og 6.17.

Figur 6.16. Svejsetang af C-typen på 400 mm på fabrikken. Klemmen holdes fast ved hjælp af håndtagene oven på svejsetangen, hvoraf det ene ses øverst til højre i billedet (poleret krom). Det viser operatørens position i forhold til klemmen under svejsning



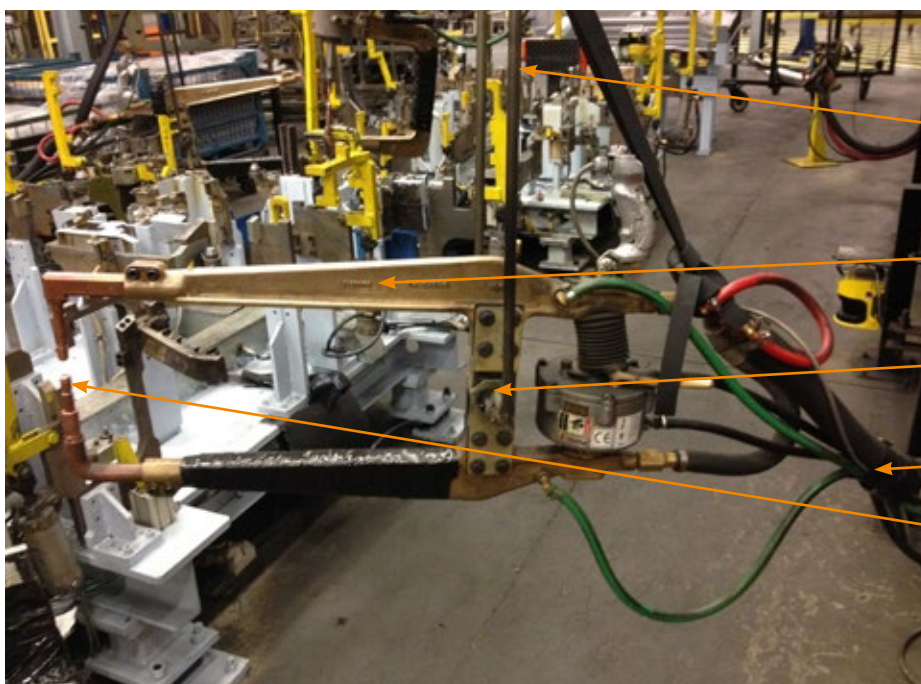
Højre håndtag og aktiveringsudløser

Venstre håndtag

»C«-arm

Elektroder

Figur 6.17. Svejsetang af X-typen på 700 mm på fabrikken. Selvom svejsetangen understøttes af et balcestykke, betyder størrelsen af svejsetangen, at arbejdstagere rutinemæssigt skal stå tæt på elektroderne for at føre dem og holde dem på plads



Balcestykke

Overarm

Hængsel

Forsyningskabel

Elektroder

Den tidsvarierende magnetiske fluxtæthed blev målt omkring svejsetængerne ved hjælp af en isotrop probe med tre akser. Instrumentet var forsynet med et indbygget elektronisk filter, der viser resultater udtrykt som procentdele udledt ved hjælp af metoden for vægtet spidsværdi i tidsdomænet, som kan bruges til direkte sammenligning med EMF-direktivets aktionsniveauer. Instrumentet havde også en indbygget spektrumanalysator, der gjorde det muligt at analysere det harmoniske indhold af bølgeformen.

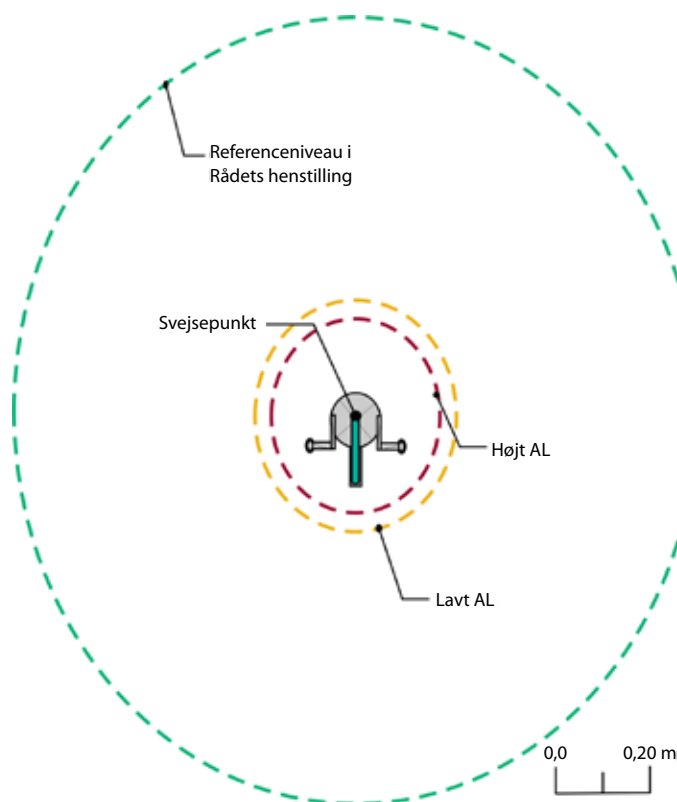
Svejsere arbejder ved 50 Hz. I dette frekvensområde er de høje og lave aktionsniveauer i EMF-direktivet væsentligt forskellige. Målinger af den magnetiske feltstyrke omkring svejsetængerne vises derfor som en procentdel af både det høje og det lave aktionsniveau.

6.11.2. Måleresultater for punktsvejser på fabrik

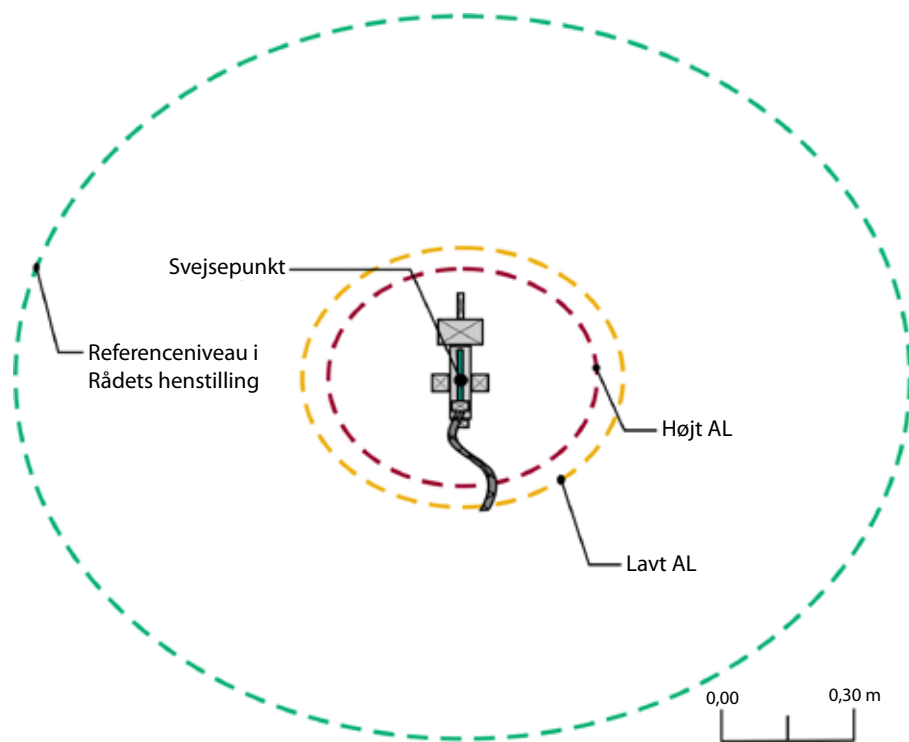
Måleresultaterne vises i figurene og tabellen nedenfor. Målinger blev i alle tilfælde foretaget, mens svejseren blev anvendt på en måde, der er typisk for det udførte arbejde.

Figurene 6.18-6.20 viser omfanget af området omkring hver svejsetang, hvor de høje og lave aktionsniveauer i EMF-direktivet og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) blev overskredet. I alle tilfælde repræsenterer området omkring svejsetængerne 100 % af det relevante niveau, hvor gul repræsenterer EMF-direktivets høje aktionsniveau, rød repræsenterer lave aktionsniveau, og grøn repræsenterer referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF). Ud over disse figurer viser tabel 6.3 resultatet af en måling omkring forsyningskablet til svejsetangen af X-typen.

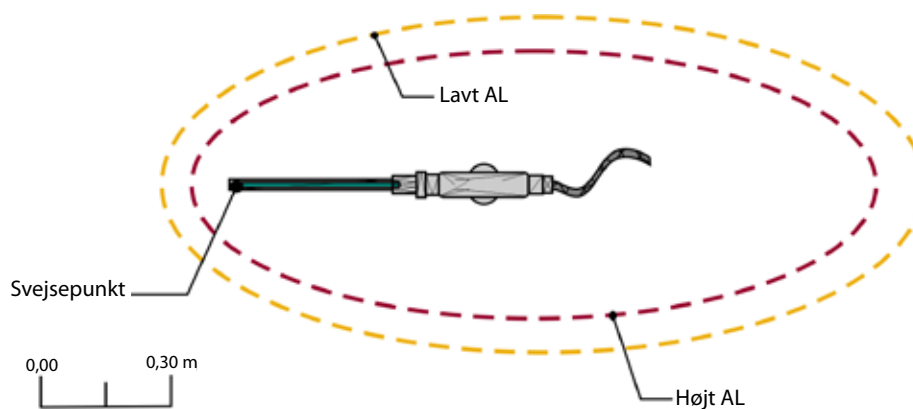
Figur 6.18. Planvisning af det område, hvor det lave aktionsniveau (gult), det høje aktionsniveau (rødt) og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) (grøn) kan blive overskredet omkring en svejsetang af C-typen på 400 mm



Figur 6.19. Planvisning af det område, hvor det lave aktionsniveau (gult), det høje aktionsniveau (rødt) og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) (grøn) kan blive overskredet omkring en svejsetang af X-typen på 130 mm



Figur 6.20. Planvisning af det område, hvor det lave aktionsniveau (gult) og det høje aktionsniveau (rødt) kan blive overskredet omkring en svejsetang af X-typen på 700 mm I dette tilfælde går området bag svejsetangen, fordi felterne skabes af ledere i svejsetangens bagende



Tabel 6.3. Resultat af måling af kabel mellem svejsetang af X-typen og transformatoren

Klemtype	Strømstyrke (A)	% af lavt aktionsniveau ⁽¹⁾ 10 cm fra kabel
130 mm 'X-type'	8400	12

⁽¹⁾ Lavt aktionsniveau for magnetisk fluxtæthed for frekvenser i området 25-300 Hz: 1000 μ T

Bemærk: Målesikkerheden blev anslået til ± 10 %, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) registreret som en direkte procentdel af aktionsniveauet.

6.11.3. Resultater af måling af punktsvejser på fabrik sammenholdt med aktionsniveauerne

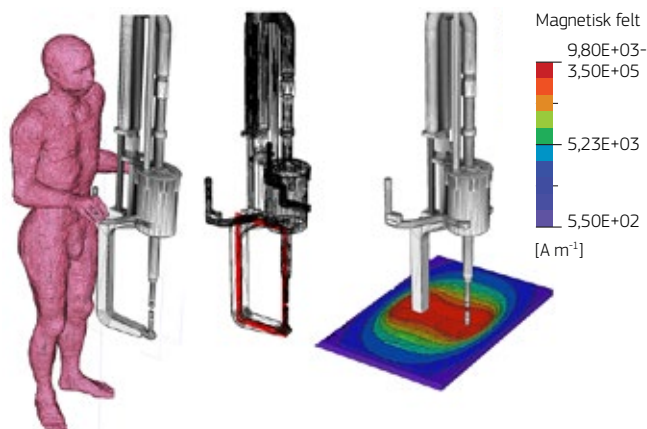
Det lave aktionsniveau blev overskredet mellem 37 og 147 cm fra svejsetængerne, og det høje aktionsniveau blev overskredet mellem 27 og 125 cm fra svejsetængerne. Det bemærkes, at størrelsen af det område, der overskrider aktionsniveauerne omkring svejsetangen af X-typen på 700 mm (figur 6.20), ikke kun skyldes elektroderne, men også lederne ved svejsetangens bagende. De magnetiske felter overskred desuden referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) op til flere meter fra svejsetængerne (se bilag E i vejledningens bind 1). Forsyningskablerne til svejsetængerne er konstrueret til at minimere eksponeringen for magnetiske felter. Eksponeringen fra kablet var, som det fremgår af tabel 6.3, følgelig langt under det lave aktionsniveau.

6.11.4. Resultater af måling af punktsvejser på fabrik sammenholdt med eksponeringsgrænseværdierne

I henhold til resultaterne udsættes arbejdstagerne sandsynligvis for eksponeringer, der langt overstiger de relevante aktionsniveauer, eftersom de står inden for 10-20 cm af svejsetængerne. Arbejdsgiveren har indført mange af de foranstaltninger, der er beskrevet i afsnit 6.10 i dette casestudie, men arbejdstagerne kan ikke i alle tilfælde trække sig tilbage, så de kom uden for de områder, hvor aktionsniveauerne overskrides. I henhold til artikel 4, stk. 3, i EMF-direktivet udførte konsulenten derfor computermodellering for at afgøre, om de relevante eksponeringsgrænseværdier faktisk blev overskredet.

Konsulenten anvendte de foretagne målinger og observationer til at frembringe en model af svejsetangen af C-typen på 400 mm. Modellen blev derefter anvendt til at beregne de magnetiske felter i områderne omkring svejsetangen, herunder de områder, hvor arbejdstageren befinder sig, som så blev føjet til modellen. Figur 6.21 viser de endelige modeller af svejsetangen og arbejdstageren sammen med svejsetangmodellen, som viser strømsløjfen (rød), som bruges til at simulere produktionen af det magnetiske felt og de beregnede magnetiske feltstyrker i et valgt x-y-plan.

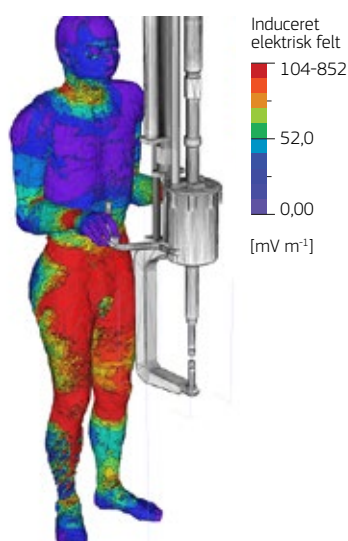
Figur 6.21. Modeller af svejsetang af C-typen på 400 mm og den arbejdstager, der betjener den (venstre), strømsløjfen (C-arm, rød), der producerer det magnetiske felt (midten), og det magnetiske felt omkring svejsetangen under brug (højre)



Da svejsetangen og arbejdstageren var blevet modelleret, blev der foretaget numeriske beregninger af de indre elektriske felter, der blev induceret i kroppen. Resultaterne af disse beregninger, som antager, at kroppen er placeret 15 cm fra svejsetangens arm, vises i figur 6.22. Rød angiver et relativt højt elektrisk felt, mens violet angiver en lav værdi. Det kan ses, at feltet absorberes primært i operatørens hofte og lår, som er tættest på strømsløjfen.

I en afstand på 15 cm blev de relevante eksponeringsgrænseværdier ikke overskredet, og der blev foretaget yderligere beregninger for at afgøre de afstande, hvor eksponeringsgrænseværdierne blev overskredet. Resultaterne af disse yderligere beregninger vises i tabel 6.4.

Figur 6.22. Lokal fordeling af de maksimale inducerede elektriske felter i menneske model, som er eksponeret for de magnetiske felter, der genereres af svejsetangen af C-typen på 400 mm



Tabel 6.4. Maksimal indre elektrisk feltstyrke som procentdel af den relevante emissionsgrænseværdi

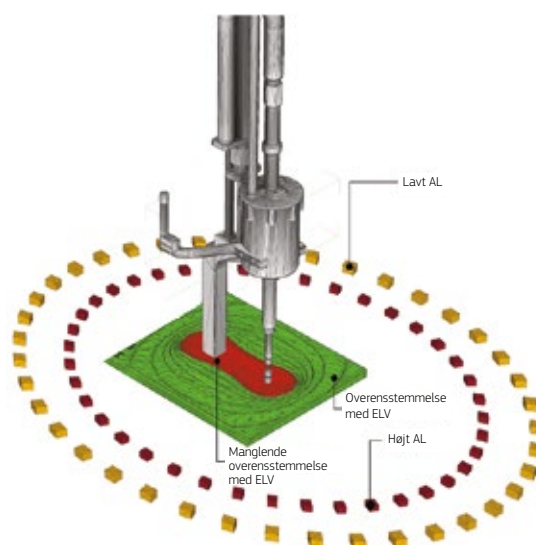
Afstand mellem krop og svejsetang (cm)	15	7	4
Maksimal induceret elektrisk feltstyrke i krop (mVm^{-1})	287	611	811
Procentdel af emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger (%) ⁽¹⁾	37	79	104
Maksimal induceret elektrisk felt i centralnervesystem (mVm^{-1})	52	84	92
Procentdel af emissionsgrænseværdi for sensoriske virkninger (%) ⁽²⁾	53	85	93

⁽¹⁾ Emissionsgrænseværdi for sundhedsmæssige virkninger for en frekvens på 50 Hz er 778 mVm^{-1} (rms).

⁽²⁾ Emissionsgrænseværdi for sensoriske virkninger for en frekvens på 50 Hz er 99 mVm^{-1} (rms).

Tabel 6.4 viser, at den maksimale inducerede elektriske feltstyrke er 287 mVm^{-1} , dvs. 37 % af emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger, når arbejdstageren bruger svejsetangen 15 cm fra kroppen. For centralnervesystemvæv i hovedet er den maksimale inducerede feltstyrke 52 mVm^{-1} , dvs. 53 % af emissionsgrænseværdien for sensoriske virkninger. I henhold til disse resultater overskrider emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger faktisk kun, når afstanden mellem kroppen og svejsetangen er reduceret til ca. 4 cm. Det betyder, at de indre inducerede elektriske felter ikke overskrider eksponeringsgrænseværdierne, selv om arbejdstagerne eksponeres for magnetiske felter, der overskrider aktionsniveauerne. Forskellen i størrelsen på de områder, der overstiger aktionsniveauerne, i forhold til størrelsen på det område, hvor arbejdstageren rent faktisk overskrider emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger, vises i figur 6.23 nedenfor.

Figur 6.23. Visuel repræsentation af området omkring svejsetangen af C-typen på 400 mm, hvor emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger kan blive overskredet (rødt område inden i grønt område), sammen med områder for højt og lavt aktionsniveau (henholdsvis rødt og gult) fra figur 6.18



I dette tilfælde giver aktionsniveauerne således en konservativ forudsigtelse af overeksponering, og eksponeringssituationen er faktisk i overensstemmelse med EMF-direktivet.

7. SVEJSNING

7.1. Arbejdssted

Dette casestudie vedrører et metalproduktionsværksted, hvor forskellige modstandssvejsmaskiner anvendes.

7.2. Arbejdets karakter

Arbejdstagere bruger punktsvejsere og sømsvejsmaskiner til at svejse tråde og plader. Der findes flere af sådanne maskiner på værkstedet.

7.3. Information om udstyr, der genererer EMF

Modstandssvejsmaskiner består af to elektroder, der klemmes sammen over de komponenter, der skal svejses. En strøm sendes gennem elektroderne og komponenterne, og den varme, der kræves til svejsningen, produceres ved elektrisk modstand mellem komponenterne. Udstyrets indstillinger vælges, så de passer til egenskaberne for de komponenter, der skal svejses.

7.3.1. Punktsvejsere

Punktsvejsere består af to små cylindriske elektroder, der klemmer komponenterne fast og påfører en stærk strøm for at producere en punktsvejsning. Virksomheden bruger to typer punktsvejsere: stationære punktsvejsere og mobile ophængte punktsvejsere.

Den stationære punktsvejser (figur 7.1) bruges normalt til at svejse 1,2 mm trochantertråde fremstillet af rustfrit stål. Dette udstyr er konstrueret til at blive anvendt på en arbejdsbænk med operatør placeret foran enheden. Den arbejder typisk ved 19 % af den maksimale tilgængelige strømstyrke (3 500 A), dvs. 665 A, og anvender en strømforsyning på 50 Hz. Den mobile ophængte punktsvejser (figur 7.2) bruges til at svejse plader sammen. Svejsere består af elektrodearme, der bruger en knibetangsbevægelse til at klemme elektrodespidserne over komponenten. Den arbejder typisk ved 7 000 A og bruger en strømforsyning på 2 kHz.

Figur 7.1. Stationær punktsvejser**Svejseelektroder****Figur 7.2. Mobil ophængt punktsvejser**

7.3.2. Sømsvejemaskine

Sømsvejemaskine bruges til at svejse metalstykker sammen. Elektroderne er skiveformede og roterer, når materialet passerer gennem dem, således at sømsvejsningen dannes progressivt. Udstyret arbejder typisk ved 7 000 A og bruger en strømforsyning på 50 Hz (figur 7.3).

Figur 7.3. Sømsvejsmaskine set forfra og fra siden



7.4. Sådan anvendes udstyret

Svejsereoperatører står eller sidder typisk ved maskinerne, når de svejser, og de har hænderne placeret nærmest maskinerne. Når operatøren bruger den stationære punktsvejer og sømsvejsmaskinen, holder han det materiale, der skal svejses, og det betyder, at hænderne kan være placeret kun 10 cm fra svejeelektroderne. Når operatøren bruger den mobile ophængte punktsvejer, er det materiale, der skal svejses, holdt fast, og operatøren står tæt på punktsvejseren for at holde den i position. Alle svejsmaskiner er placeret i et værksted sammen med andre maskiner og værktøjer, der bruges til at fremstille metalkomponenter.

7.5. Metode til vurdering af eksponering

Virksomheden undersøgte fabrikantens data for alle maskiner. Nogle driftshåndbøger indeholdt oplysninger om, at udstyret kan producere magnetiske felter, der kan være til fare for personer med pacemaker. Virksomheden kunne dog ikke finde oplysninger om omfanget af denne fare (f.eks. hvor langt fra udstyret, faren gør sig gældende) eller om niveauet af magnetiske felter i forhold til EMF-direktivets aktionsniveauer. For nogle ældre maskiner kunne virksomheden slet ikke finde oplysninger fra fabrikanter.

Svejsedstyret er placeret i værkstedet, som de fleste arbejdstagere har adgang til, og som eksempelvis eksterne leverandører og gæster også har adgang til. Virksomheden besluttede derfor at foretage yderligere vurderinger af risiciene. Da der ikke forelå yderligere oplysninger fra udstyrsfabrikanterne, hyrede virksomheden en konsulent til at udføre denne vurdering.

Der blev udvalgt tre forskellige typer modstandssvejsmaskiner til yderligere vurdering, da resultaterne heraf vil give et godt billede af eventuelle farer forbundet med lignende udstyr på værkstedet. Konsulenten målte den tidsvarierende magnetiske fluxtæthed omkring udstyret med et instrument med et indbygget elektronisk filter, der viser resultater udtrykt som procentdele udledt ved hjælp af metoden for vægtet spidsværdi i tidsdomænet, som kan bruges til direkte sammenligning med aktionsniveauer.

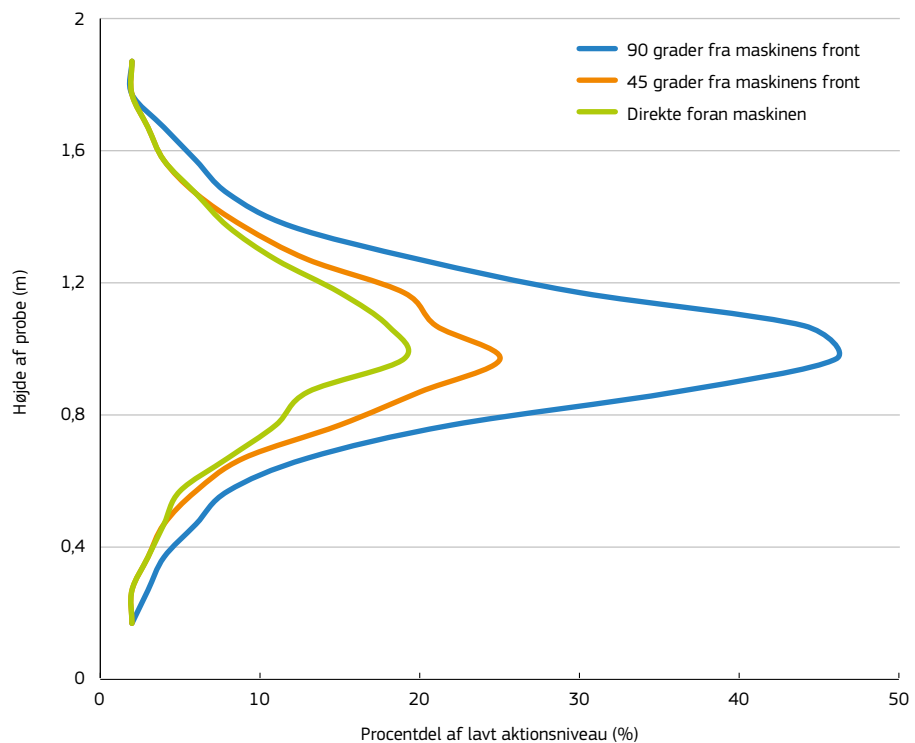
7.6. Resultater af eksponeringsvurdering

7.6.1. Stationær punktsvejsjer

Konsulenten observerede operatøren, mens han brugte den stationære punktsvejsjer. Han bemærkede, at operatørens hoved og overkrop altid er placeret mindst 30 cm fra elektroderne under svejsning, og at operatøren nogle gange står ved siden af udstyret og ikke altid direkte foran det. Målinger blev derfor taget på tre positioner 30 cm fra elektroderne: direkte foran elektroderne, 45° fra fronten (i venstre side) af elektroderne og 90° fra fronten (i venstre side) af elektroderne. I hver position blev målingerne foretaget i forskellige højder.

Det blev konstateret, at den magnetiske fluxtæthed ikke overskred 50 % af det lave aktionsniveau i nogen af disse potentielle operatørpositioner (figur 7.4).

Figur 7.4. Magnetisk fluxtæthed som en procentdel af det lave aktionsniveau i forhold til højden af operatørpositionen (30 cm fra elektroderne)



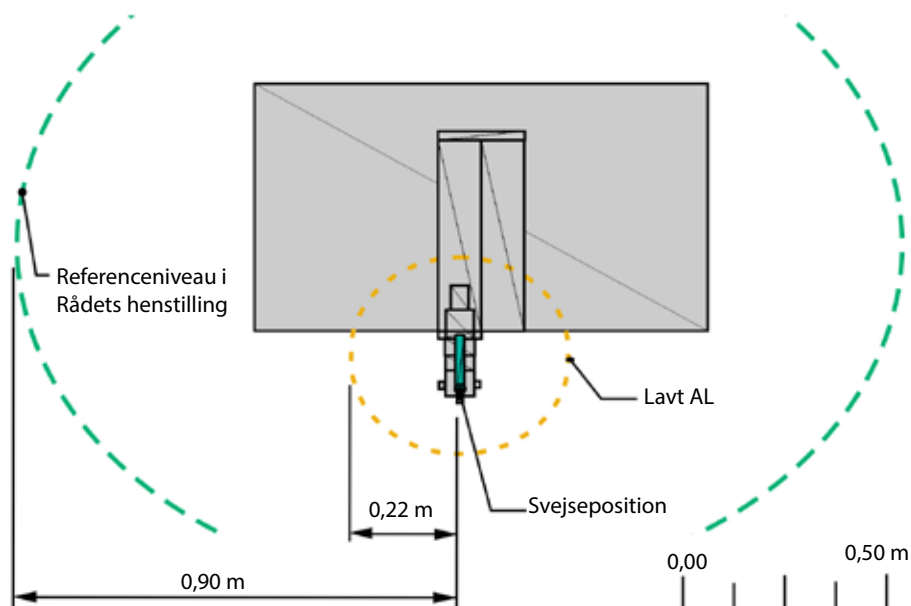
Bemærk: Måleusikkerheden blev anslået til $\pm 10\%$, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) registreret som direkte procentdele af aktionsniveauerne.

Den position, hvor den magnetiske fluxtæthed var lig med det lave aktionsniveau, var ca. 22 cm fra elektroderne, og i den højde, hvor elektroderne mødes. Det område, hvor det lave aktionsniveau kan blive overskredet, vises i figur 7.5.

Det blev observeret, at operatørens hænder var mindst 10 cm fra elektroderne under svejsning. I denne position var den magnetiske fluxtæthed under 8 % af aktionsniveauet for eksponering af lemmer.

Konsulenten tog også målinger på andre positioner omkring udstyret, og resultaterne blev sammenlignet med aktionsniveauerne og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF). Disse niveauer kan anvendes som en bred indikator for eksponeringen af særligt udsatte arbejdstagere (se bilag E i vejledningens bind 1). Det blev konstateret, at referenceniveauerne kan blive overskredet op til 1 m fra elektroderne. Dette område vises i figur 7.5 og er markeret med grønt.

Figur 7.5. Planvisning af det område, hvor det lave aktionsniveau (gult) og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) (grønt) kan blive overskredet omkring den stationære punktsvejsjer

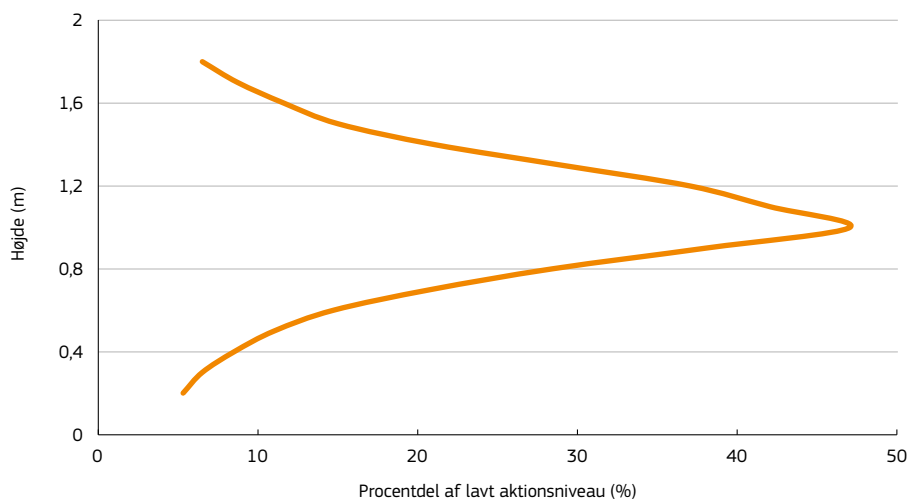


7.6.2. Mobil ophængt punktsvejsjer

Operatøren holder punktsvejseren i position under svejsning. Som følge af elektrodearmenes længde (75 cm) står operatøren ca. 1 m fra elektrodespidserne. Målinger blev foretaget i denne position i forskellige højder.

Det højeste måleresultat blev målt i den højde, hvor elektroderne mødes (dette var 1 m fra gulvet i denne vurdering). Det blev konstateret, at den magnetiske fluxtæthed ikke overskred 50 % af det lave aktionsniveau i operatørpositionen (figur 7.6).

Figur 7.6. Magnetisk fluxtæthed som en procentdel af det høje og lave aktionsniveau i forhold til højden af operatørpositionen (1 m fra elektrodespidserne)



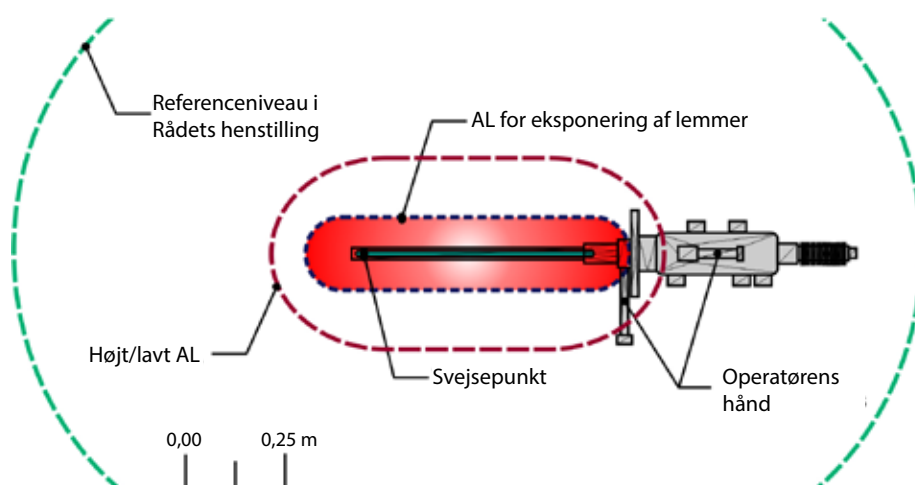
Bemærk: Måleusikkerheden blev anslået til $\pm 10\%$, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) registreret som direkte procentdele af aktionsniveauerne.

Målingerne blev foretaget ved operatørens hånd (figur 7.2). Den magnetiske fluxtæthed var 88 % af aktionsniveauet for eksponering af lemmer ved denne position.

Konsulenten tog målinger på forskellige andre positioner omkring udstyret, og resultaterne blev sammenlignet med referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF). Det blev konstateret, at referenceniveauerne kan blive overskredet op til 1,3 m fra elektroderne.

De områder, hvor aktionsniveauet for eksponering af lemmer, de høje og lave aktionsniveauer og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet, vises i figur 7.7 med henholdsvis blå, rødt og grønt.

Figur 7.7. Planvisning af det område, hvor AL for lemmer (blåt), høje/lave AL'er (rødt) og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) (grønt) kan blive overskredet omkring den mobile suspenderede punktsvejer

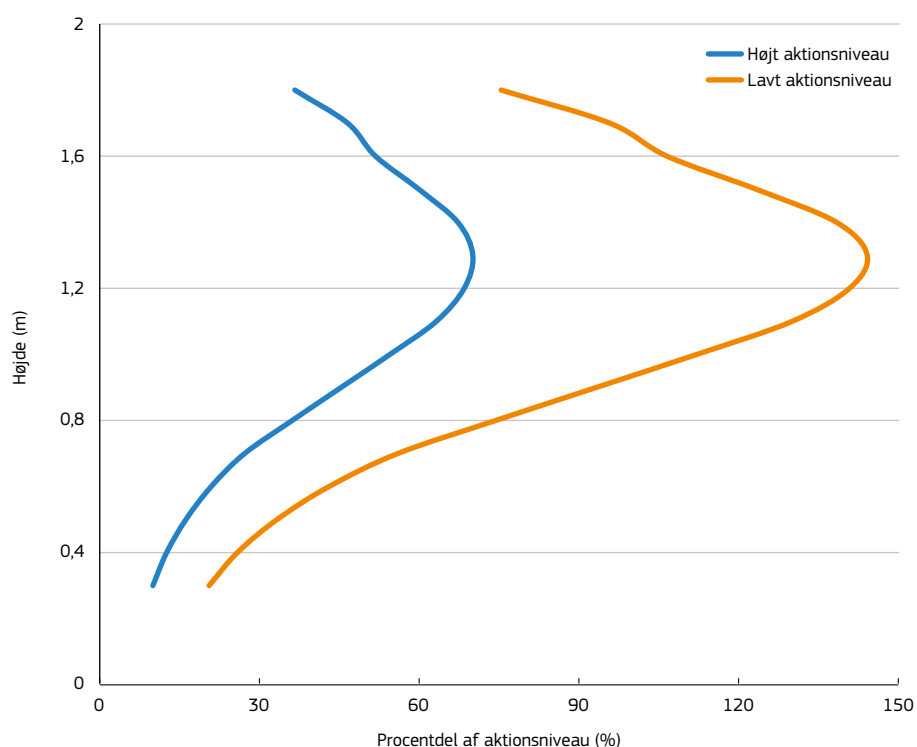


7.6.3. Sømsvejsemaskine

Operatøren står ved siden af maskinen med hovedet og overkroppen mindst 50 cm fra midten af elektroderne under svejsning. Målinger blev foretaget i denne position i forskellige højder.

Det højeste måleresultat blev målt i den højde, hvor elektroderne mødes (dette var 130 cm fra gulvet). Det høje aktionsniveau blev ikke overskredet i denne position; den magnetiske fluxtæthed blev dog målt til ca. 140 % af det lave aktionsniveau (figur 7.8).

Figur 7.8. Magnetisk fluxtæthed som en procentdel af det høje og lave aktionsniveau i forhold til højden af operatørpositionen (50 cm fra elektroderne, på siden)



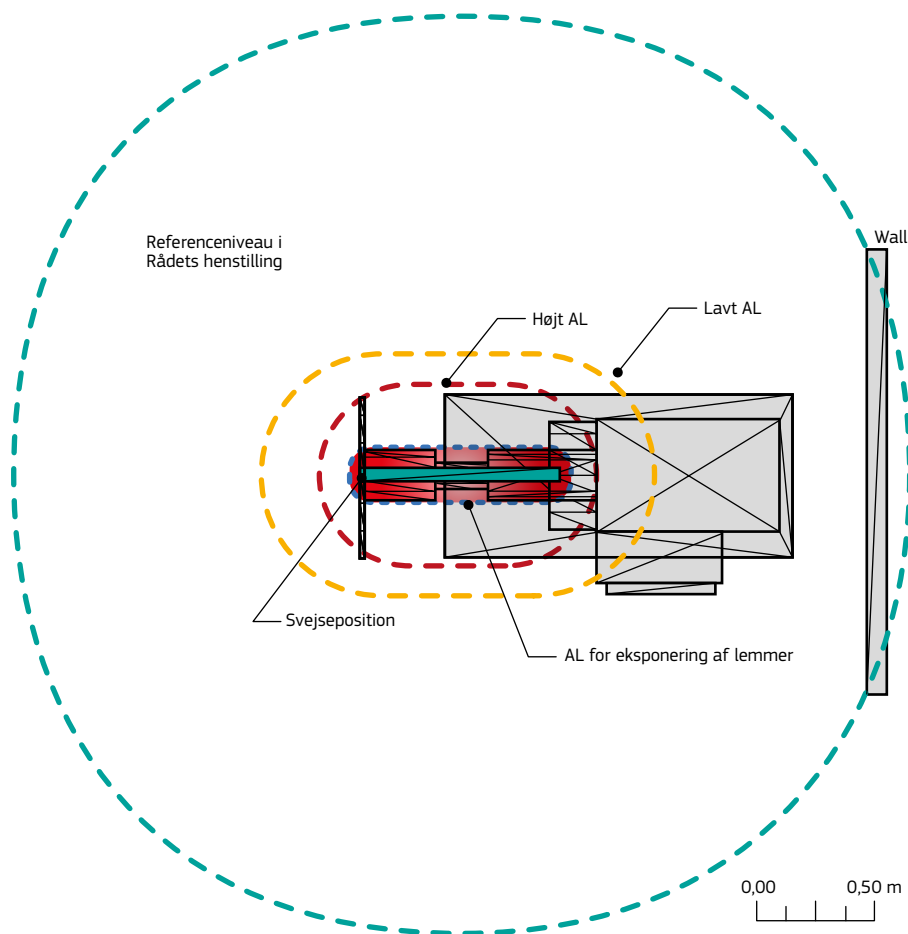
Bemærk: Måleusikkerheden blev anslået til $\pm 10\%$, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) registreret som direkte procentdele af aktionsniveauerne.

Målene blev foretaget ved operatørens hånd tættest på elektroderne (ca. 10 cm fra svejsepunktet). Den magnetiske fluxtæthed var under 67 % af aktionsniveauet for eksponering af lemmer ved denne position. Det blev dog konstateret, at dette aktionsniveau kan blive overskredet, hvis lemmer placeres bag svejseelektroderne i stedet for ved siden af dem.

Ligesom ved punktsvejseren tog konsulentten også målinger på andre positioner omkring udstyret, og resultaterne blev sammenlignet med aktionsniveauerne og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF). Det blev konstateret, at referenceniveauerne kan blive overskredet op til 2,45 m fra elektroderne.

De områder, hvor aktionsniveauet for eksponering af lemmer, de høje og lave aktionsniveauer, og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet, vises i figur 7.9.

Figur 7.9. Planvisning af det område, hvor AL for lemmer (blåt), højt AL (rødt), lavt AL (gult) og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) (grønt) kan blive overskredet omkring sømsvejsemaskinen



7.7. Risikovurdering

Virksomheden udførte EMF-specifikke risikovurderinger for dens svejsudstyr baseret på de målinger, den eksterne konsulent havde udført (tabel 7.1-7.3). De var i overensstemmelse med den metode, der anbefales af OiRA (EU-OSHA's platform for interaktiv onlinerisikovurdering). Risikovurderingen konkluderede, at:

- det høje aktionsniveau og aktionsniveauet for eksponering af lemmer ikke vil blive overskredet ved den typiske operatørposition
- det lave aktionsniveau kan blive overskredet ved operatørpositionen under arbejdet på sømsvejsemaskinen
- referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet omkring hver svejsemaskine.

Virksomheden udviklede en handlingsplan med udgangspunkt i risikovurderingen.

Tablet 7.1. EMF-specifik risikovurdering for stationær punktvejser

Farer	Eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger	Udsatte personer	Alvorlighed			Sandsynlighed			Risikovurdering	Nye forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger
			Mindre	Alvorlig	Dødelig	Usandsynlig	Mulig	Sandsynlig		
<p>Direkte EMF-virkninger</p> <p>Det lave aktionsniveau kan blive overskredet op til 22 cm fra elektroderne.</p> <p>Referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet op til 1 m fra elektroderne.</p>	<p>Operatøren står typisk mere end 30 cm fra elektroderne. Det betyder, at det lave aktionsniveau ikke overskrides på operatørpositionen.</p>	<p>Operatører</p> <p>Særligt udsatte arbejdstagere (gravide arbejdstagere)</p>	✓				✓		<p>Lav</p> <p>Oplysning og oplæring gives til operatører og andre, der arbejder på værkstedet.</p> <p>Advarsler opsættes på udstyret.</p> <p>Der males en afgrænsningslinje på gulvet for at markere det område, hvor referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet.</p> <p>Gravide arbejdstagere forbydes at bruge udstyret eller overskride afgrænsningslinjen, når udstyret anvendes.</p>	
<p>Indirekte EMF-virkninger (virkning på aktivt, implanteret medicinsk udstyr)</p> <p>Referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet op til 1 m fra elektroderne.</p>	<p>Ingen</p>	<p>Særligt udsatte arbejdstagere</p>	✓				✓		<p>Lav</p> <p>Alle arbejdstagere oplyses om denne fare.</p> <p>Advarsler indsættes i sikkerhedsoplysninger om arbejdsstedet.</p> <p>Advarsler og forbudskilte opsættes på udstyret.</p> <p>Arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr forbydes at bruge udstyret eller overskride afgrænsningslinjen, når udstyret anvendes.</p>	

Tabel 7.2. EMF-specifik risikovurdering for mobil punktsvejser

Farer	Eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger	Udsatte personer	Alvorlighed			Sandsynlighed			Risikovurdering	Nye forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger
			Mindre	Alvorlig	Dødelig	Usandsynlig	Mulig	Sandsynlig		
<p>Direkte EMF-virkninger</p> <p>De høje og lave aktionsniveauer kan blive overskredet op til 33 cm ud fra elektrodearmene.</p> <p>Referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet op til 1,3 m fra udstyret.</p>	<p>Ingen. Det område, hvor de høje og lave aktionsniveauer overskrides, er dog lokale.</p>	<p>Operatører</p> <p>Andre arbejdstagere</p> <p>Særligt udsatte arbejdstagere (gravide arbejdstagere)</p>	✓			✓			<p>Oplysning og oplæring gives til operatører og andre, der arbejder på værktødet.</p> <p>Advarsler opsættes på udstyret.</p> <p>Der males en afgrænsningslinje på gulvet for at markere det område, hvor referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet.</p> <p>Gravide arbejdstagere forbydes at bruge udstyret eller overskride afgrænsningslinjen, når udstyret anvendes.</p>	
<p>Indirekte EMF-virkninger (virkning på aktivt, implanteret medicinsk udstyr)</p> <p>Referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet op til 1,3 m fra elektroderne.</p>	<p>Ingen</p>	<p>Særligt udsatte arbejdstagere</p>		✓		✓		Lav	<p>Alle arbejdstagere oplyses om denne fare.</p> <p>Advarsler indsættes i sikkerhedsoplysninger om arbejdsstedet.</p> <p>Advarsler og forbudskilte opsættes på udstyret.</p> <p>Arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr forbydes at bruge udstyret eller overskride afgrænsningslinjen, når udstyret anvendes.</p>	

Tabel 7.3. EMF-specifik risikovurdering for sømsvejsemaskine

Farer	Eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger	Udsatte personer	Alvorlighed			Sandsynlighed			Risikovurdering	Nye forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger
			Mindre	Alvorlig	Dødelig	Usandsynlig	Mulig	Sandsynlig		
<p>Direkte EMF-virkninger</p> <p>Det lave aktionsniveau overskrides på operatørpositionen.</p> <p>Referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet op til 2,45 m fra elektroderne.</p>	Ingen	<p>Operatører</p> <p>Andre arbejdstagere</p> <p>Særligt udsatte arbejdstagere (gravide arbejdstagere)</p>	✓					✓	<p>Lav</p> <p>Information og oplæring af operatører og andre arbejdstagere, især med hensyn til potentielle sensoriske virkninger og behovet for at indberette tilfælde af sådanne virkninger</p> <p>Advarsler opsættes på udstyret.</p> <p>Der males en afgrænsningslinje på gulvet for at markere det område, hvor referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet.</p> <p>Gravide arbejdstagere forbydes at bruge udstyret eller overskride afgrænsningslinjen, når udstyret anvendes.</p>	
<p>Indirekte EMF-virkninger (virkning på aktivt, implanteret medicinsk udstyr)</p> <p>Referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet op til 2,45 m fra elektroderne.</p>	Ingen	Særligt udsatte arbejdstagere		✓			✓		<p>Lav</p> <p>Alle arbejdstagere oplyses om denne fare.</p> <p>Advarsler indsættes i sikkerhedsoplysninger om arbejdsstedet.</p> <p>Advarsler og forbudskilte opsættes på udstyret.</p> <p>Arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr forbydes at bruge udstyret eller overskride afgrænsningslinjen, når udstyret anvendes.</p>	

7.8. Forholdsregler, der allerede er truffet

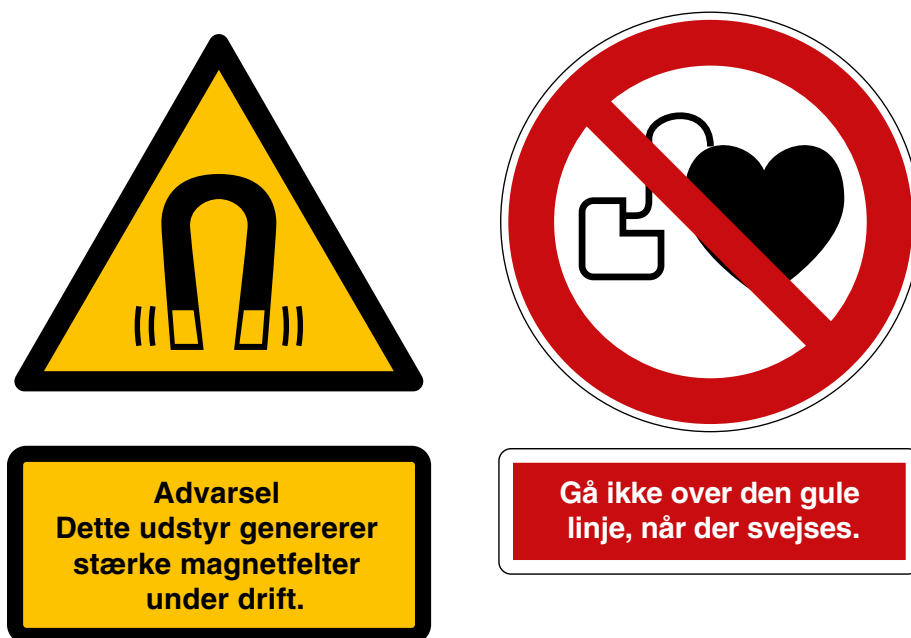
Inden konsulentens målinger og vurdering var der ikke indført særlige forholdsregler for at begrænse eksponeringen for EMF'er.

7.9. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen

Som resultat af målingerne og vurderingen og efter en evaluering af de farer, der er forbundet med udstyret, udarbejdede virksomheden en handlingsplan og besluttede at:

- informere arbejdstagerne om EMF-faren i forbindelse svejseudstyret
- male afgrænsningslinjer på gulvet omkring udstyret for at markere det område, hvor referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet
- forbyde gravide arbejdstagere og arbejdstagere med aktivt, implanteret medicinsk udstyr at bruge svejseudstyret eller overskride afgrænsningslinjerne
- opsætte advarselsskilte om stærke magnetfelter og forbudsskilte til personer med aktivt, implanteret medicinsk udstyr (figur 7.10) på svejseudstyret
- sikre, at personer, der besøger værkstedet, har kendskab til risiciene gennem hensigtsmæssige oplæringsprogrammer og samarbejde med leverandører o.lign.

Figur 7.10. Eksempler på advarsler om stærke magnetfelter og en illustration af symbolet for adgangsforbud for personer med aktivt, implanteret medicinsk udstyr



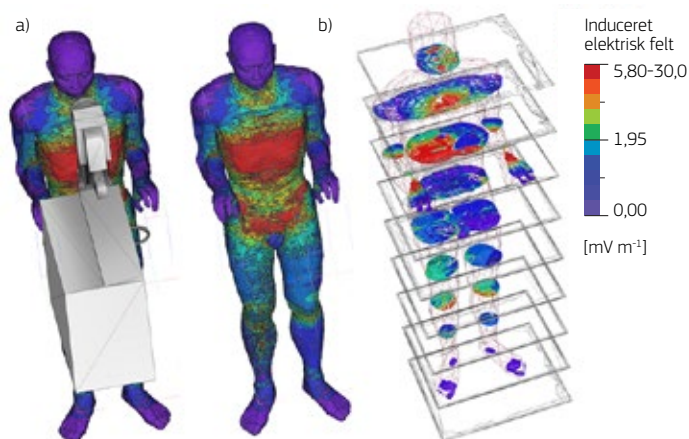
7.10. Andre informationskilder

Computermodellering baseret på måleresultaterne omkring de tre svejsemaskiner viser, at de inducerede elektriske felter var i overensstemmelse med eksponeringsgrænseværdierne.

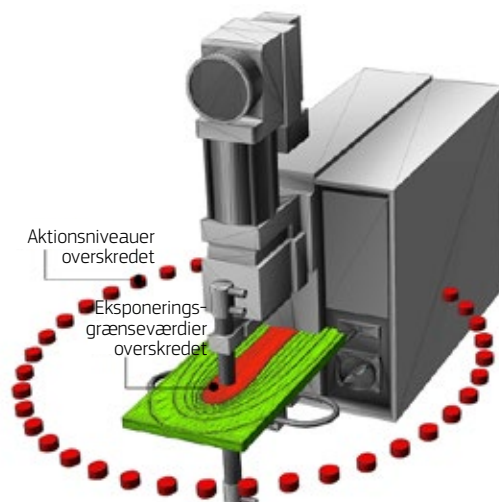
7.10.1. Stationær punktsvejsjer

Med hensyn til den stationære punktsvejsjer blev det konstateret, at operatørens eksponering vil være under 1 % af emissionsgrænseværdien (figur 7.11). Emissionsgrænseværdien overskrides kun, hvis kroppen placeres i spalten mellem elektroderne og svejsekabinettet eller mindre end 1 cm fra selve elektroderne, mens udstyret er i brug (figur 7.12).

Figur 7.11. Fordeling af induceret elektrisk felt i menneske model med overkroppen 20 cm fra elektroderne og med hænderne i en afstand på ca. 8 cm. Figuren viser også den lokale fordeling af de maksimale indre elektriske felter induceret i operatøren fra eksponering for punktsvejseren a) på overfladen af kroppen og b) i forskellige horisontale snit inden i kroppen.



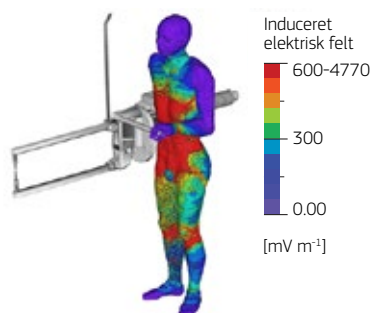
Figur 7.12. Områder omkring den stationære punktsvejsjer, hvor emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger kan blive overskredet (rødt område). De områder, hvor emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger ikke overskrides (grønt område og derudover), og det område, hvor det lave aktionsniveau kan blive overskredet (røde cirkler), vises også.



7.10.2. Mobil ophængt punktsvejer

Med hensyn til den mobile ophængte punktsvejer blev det konstateret, at aktionsniveauerne ikke blev overskredet på operatørens position. Fordelingen af det inducerede elektriske felt vises i figur 7.13.

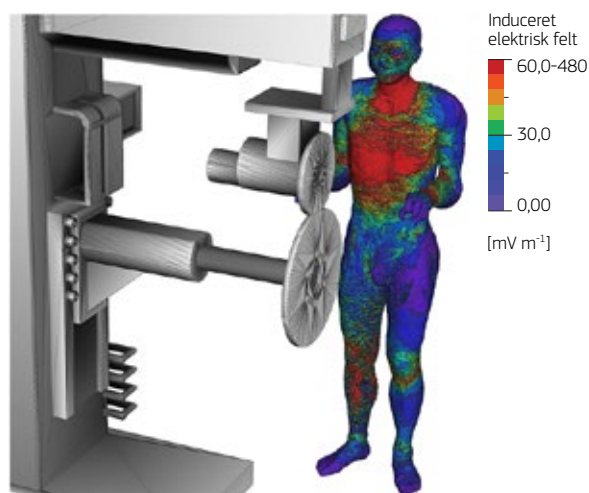
Figur 7.13. Lokal fordeling af de maksimale inducerede elektriske felter i en menneskemodel, der er eksponeret for den mobile ophængte punktsvejer



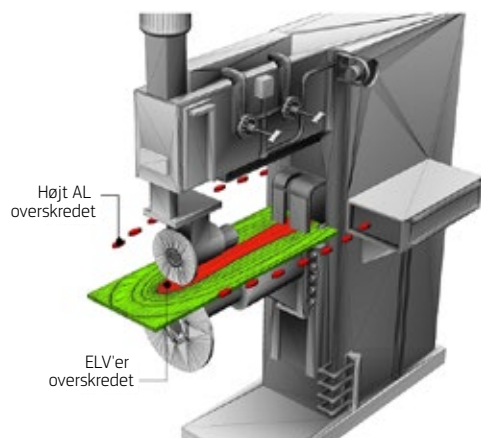
7.10.3. Sømsvejsemaskine

Det lave aktionsniveau overskrides på operatørpositionen. Computermodellering viser dog, at eksponeringen på operatørens position er under 50 % af emissionsgrænseværdien. Fordelingen af det inducerede elektriske felt vises i figur 7.14. Det blev konstateret, at emissionsgrænseværdierne kun overskrides, hvis kroppen placeres i spalten mellem elektroderne og svejsekabinettet eller mindre end 5 cm fra selve rulleelektroderne, mens udstyret er i brug. Dette område vises med rødt i figur 7.15.

Figur 7.14. Lokal fordeling af de maksimale inducerede elektriske felter i en menneskemodel, der er eksponeret for sømsvejsemaskinen



Figur 7.15. Områder omkring sømsvejsmaskinen, hvor emissionsgrænselværdien for sundhedsmæssige virkninger kan blive overskredet (rødt område). De områder, hvor emissionsgrænselværdien for sundhedsmæssige virkninger ikke overskrides (grønt område og derudover), og det område, hvor det lave aktionsniveau kan blive overskredet (røde streger), vises også.



8. METALLURGISK PRODUKTION

Kilderne til EMF i dette casestudie omfatter følgende:

- induktionsovne
- lysbueovne
- en kulstof- og svovlanalysator med en lille ovn.

8.1. Arbejdssted

Kilderne til EMF anvendes på forskellige arbejdssteder på fabrikken, som producerer specialmetaller og legeringer til en lang række industrier. Følgende arbejdssteder blev undersøgt:

- et lille anlæg til produktion af legeringer
- et anlæg til produktion af ferrotitan
- et stort elektrisk smelteanlæg
- et anlæg med en lysbueovn
- et analyselaboratorium.

8.2. Arbejdets karakter

Metaller og legeringer fremstilles af råmaterialer flere steder på fabrikken, og virksomheden udfører også analyseprøvninger på et laboratorium.

Størstedelen af det arbejde, der er genstand for dette casestudie, omfatter manuel fyldning af ovne, som — afhængigt af udstyret — ofte foretages, mens udstyret er i drift.

Vedligeholdelse og reparation af udstyret finder kun sted, når det er slukket, som følge af andre risici, f.eks. elektrisk stød, forbrænding, slag fra maskiner i bevægelse osv.

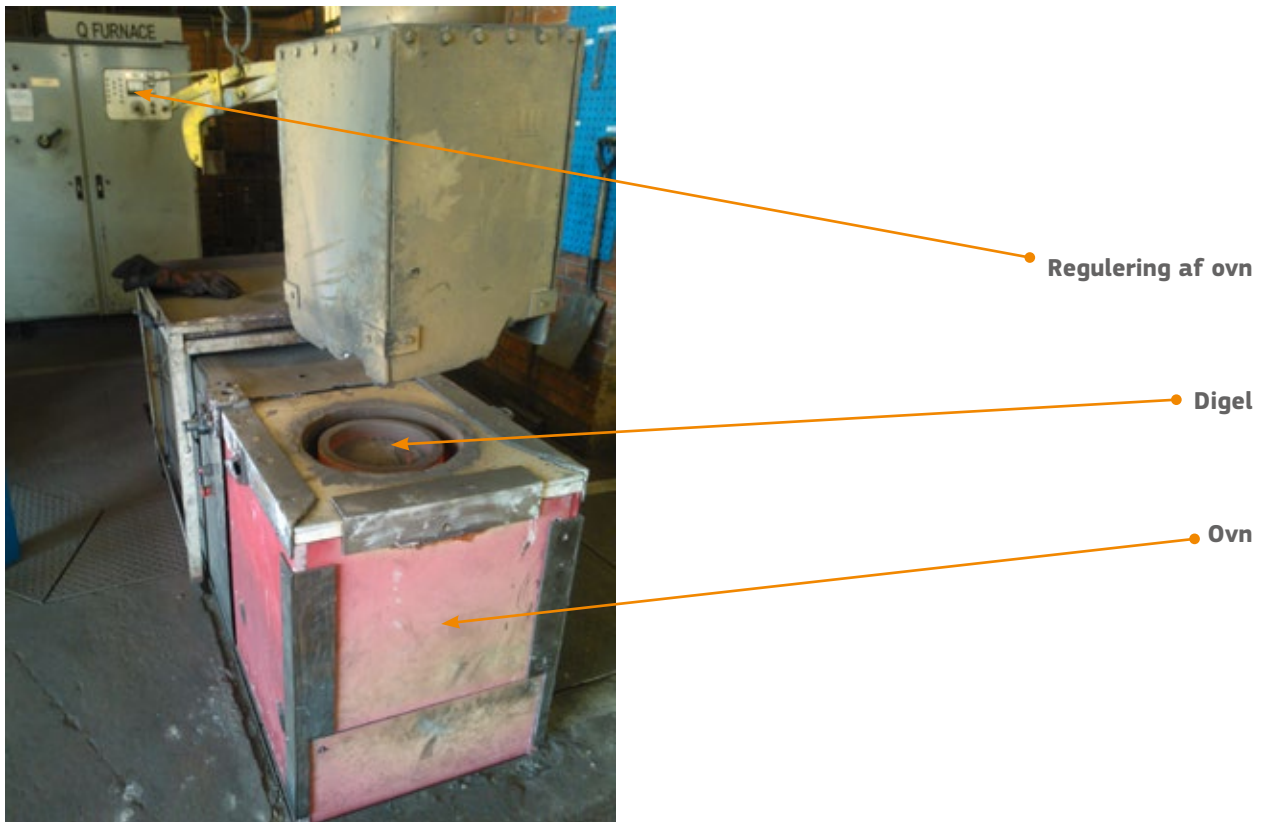
8.3. Information om udstyr, der genererer EMF, og hvordan det anvendes

8.3.1. Lille anlæg til produktion af legeringer

På dette anlæg produceres der legeringer i en lille induktionsovn (ca. 30 cm i diameter). Induktionsovnen arbejder ved frekvenser mellem 2,4 og 2,6 kHz og ved en effekt på 60-160 kW. Ovnen vises i figur 8.1, og arbejdsmetoden er beskrevet nedenfor:

- En digel med op til 45 kg af råmaterialet sættes i ovnen.
- Effekten indstilles til 60 kW af operatøren, og ovnen tændes og arbejder ved en frekvens på 2,42 kHz.
- Effekten øges automatisk til 160 kW over en periode på ca. 25 minutter.
- Frekvensen stiger også til 2,6 kHz i denne periode.
- Efter ca. 25 minutter sænker operatøren effekten til 80 kW.
- Efter yderligere 5 minutter slukker operatøren for ovnen og tager diglen ud.

Figur 8.1. Induktionsovn i lille anlæg til produktion af legeringer



8.3.2. Anlæg til produktion af ferrotitan

Dette anlæg omfatter to induktionsovne med en kapacitet på 1,5 ton, der drives af en Variable Inductive Power-kontrolenhed (VIP). Induktionsovnene arbejder ved frekvenser mellem 217 og 232 Hz og ved en effekt på 600 kW. Diglerne indsættes manuelt, mens ovnene er i drift.

8.3.3. Stort elektrisk smelteanlæg

Dette anlæg omfatter 10 induktionsovne, som hver har en kapacitet på 1,5 ton, og som hver arbejder ved en frekvens på 50 Hz. Induktionsspolerne er en integreret del af diglerne, så de kan tilføre strøm og holde metallet smeltet, når det hældes.

Diglerne sættes på en hævet platform, så deres top er på niveau med platformen, og operatørerne fylder typisk diglerne manuelt fra platformen under smelteprocessen. Ved slutningen af smelteprocessen vippes diglerne, og det smeltede metal hældes af.

Ovnene arbejder ved et effektområde mellem 70 og 1 300 kW. Strømforsyningen til ovnene varierer i hele smelteprocessen og reduceres ved slutningen, da der kræves mindre strøm til at holde metallet i smeltet form, når det først er helt smeltet.

Ovnene strømforsynes fra transformatorer placeret i kælderen under ovnene. Transformatorer og strømbusser er placeret i bure, og adgangen er begrænset ved hjælp af et Castellanoeglesystem. VIP-kontrolenhederne er placeret i kontrolrum på ovnplatformen.

8.3.4. Anlæg med lysbueovn

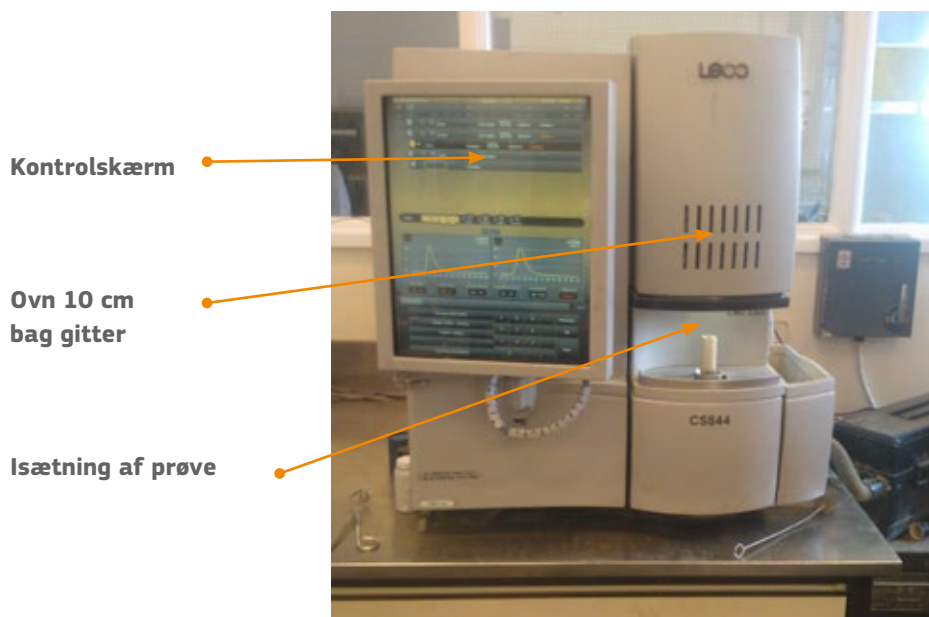
Der er to lysbueovne i dette anlæg, som producerer bornikkel og borkrom, og som hver arbejder ved en frekvens på 50 Hz. Ovnene er ovne til kontinuerlige batchens, som producerer ca. 1 ton produkt pr. batch. Ovnene fyldes manuelt og betjenes fra kontrolrummene.

Ovnene arbejder ved et effektområde mellem 500 og 1 000 kW. Transformatorer og strømbusser, der strømforsyner ovnene, er placeret i bure, og adgangen er begrænset ved hjælp af et Castellanoeglesystem.

8.3.5. Analyzelaboratorium

En stationær kulstof- og svovlanalysator anvendes på dette laboratorium. Analysatoren indeholder en lille 2,2 kW ovn, der arbejder ved en frekvens på 18 MHz. Prøver, som operatøren har sat i analysatoren, føres ind midt i ovnspolen, som er placeret i analysatoren, ca. 10 cm inde i ovnrummet. Ovnens tændes derefter i ca. et minut, mens analysen foretages. Prøven føres derefter ud af ovnen og hentes af operatøren. Hele processen — fra prøven isættes, og indtil den hentes igen — udføres automatisk, og operatøren skal ikke stå tæt på analysatoren, når den er i drift. Analysatoren vises i figur 8.2.

Figur 8.2. Kulstof- og svovlanalysator i analyselaboratorium



8.4. Resultater af eksponeringsvurdering

Eksponeringer blev målt af en ekstern konsulent ved brug af specialudstyr. På grund af fabrikens størrelse og de mange områder, hvor der kan forekomme EMF, blev der udført en indledende undersøgelse med henblik på at udpege områder, hvor aktionsniveauerne sandsynligvis overskrides. Disse områder blev derefter gennemgået igen, og der blev foretaget mere detaljerede målinger, så en handlingsplan kunne udarbejdes. Alle målinger blev foretaget på steder, der er tilgængelige for arbejdstagere, når udstyret er i drift.

Målingerne fokuserede på de magnetiske felter, der genereres af udstyret, da de sandsynligvis vil yde det største bidrag til arbejdstagernes eksponering.

Ved vurderingen af særligt udsatte arbejdstageres eksponering sammenlignede han med referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) (se bilag E i vejledningens bind 1).

8.4.1. Lille anlæg til produktion af legeringer

Målinger blev foretaget på forskellige steder omkring anlægget igennem hele smelteprocessen. Målestederne omfattede:

- tæt på ovnen
- tæt på kontrolenheden
- tæt på forsyningskabler til kontrolenheden
- tæt på kabler fra kontrolenheden til ovnen
- i operatørrummet.

8.4.2. Anlæg til produktion af ferrotitan

Målinger blev foretaget på forskellige steder omkring anlægget igennem hele smelteprocessen. Målestederne omfattede:

- tæt på ovnene
- tæt på VIP-kontrolenheden
- tæt på forsyningskabler til kontrolenheden
- tæt på kabler fra kontrolenheden til ovnen
- ved operatørbordet.

8.4.3. Stort elektrisk smelteanlæg

Målinger blev foretaget på forskellige steder omkring anlægget, mens ovnene var i drift. Målestederne omfattede:

- operatørpositioner ved påfyldning af ovnene fra platformen
- operatørpositioner ved brug af diglernes vippemekanisme
- tæt på diglen, når den vippes
- kontrolrum
- tæt på VIP-kontrolenhederne

- tæt på forsyningskabler til kontrolenheder
- tæt på kabler fra kontrolenheder til ovnene
- uden for burene i transformator-kælderen
- under strømbusser på de nærmeste adgangspunkter.

8.4.4. Anlæg med lysbueovn

Målinger blev foretaget på forskellige steder omkring anlægget, mens ovnene var i drift. Målestederne omfattede:

- operatørpositioner ved påfyldning af ovne
- kontrolrum
- tæt på kontrolenheder
- nærmeste adgangspunkter omkring ovnenes sokkel
- under strømbusser på de nærmeste adgangspunkter
- omkring transformatorbure
- gange omkring ovnene.

8.4.5. AnalySELaboratorium

Målinger blev foretaget på forskellige steder omkring analysatoren, mens ovnen var i drift. Fokus blev især rettet mod området omkring ovnen og det område, hvor operatøren stod, da analysen blev foretaget.

8.5. Resultater af eksponeringsvurdering

8.5.1. Indledende eksponeringsvurdering

Resultaterne af eksponeringsmålingerne blev sammenlignet med de høje og lave aktionsniveauer og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF). Hvis det blev konstateret, at resultaterne oversteg aktionsniveauerne i et arbejdsområde, blev der foretaget en yderligere vurdering for at fastsætte den afstand, hvor den magnetiske fluxtæthed var lig med 100 % af aktionsniveauet, så det kunne afgøres, om der skulle foretages en mere detaljeret vurdering ud fra sandsynligheden for, at personer opholder sig i det område, hvor aktionsniveauet blev overskredet. De vigtigste resultater af den indledende eksponeringsvurdering er opsummeret i tabel 8.1.

Tabel 8.1. Opsummering af væsentlige resultater af indledende eksponeringsvurdering

Arbejdsområde	Udstyr	Områder med størst eksponering og placering af grænse for aktionsniveau (hvis relevant)	Eksponeringsprocentdel		
			Lavt aktionsniveau	Højt aktionsniveau	Referenceniveau i Rådets henstilling (1999/519/EF)
Lille anlæg til produktion af legeringer	Induktionsovn (2,42 til 2,6 kHz)	50 cm fra kanten af ovnrummet	190 % ⁽¹⁾	190 % ⁽¹⁾	3 500 % ⁽²⁾
		80 cm fra kanten af ovnrummet	100 % ⁽¹⁾	100 % ⁽¹⁾	1 800 % ⁽²⁾
Anlæg til produktion af ferrotitan	To induktionsovne (217-232 Hz)	Position af torso, når person står tæt på VIP-kontrolenhed	7,8 % ⁽³⁾	6,0 % ⁽⁴⁾	360 % ⁽⁵⁾
Stort elektrisk smelteanlæg	10 induktionsovne (50 Hz)	30 cm fra kabler til digel, der vippes	40 % ⁽³⁾	6,7 % ⁽⁶⁾	400 % ⁽⁷⁾
Anlæg med lysbueovn	To lysbueovne (50 Hz)	Position af torso, når person står ved nærmeste adgangspunkt til ovnsokkel	70 % ⁽³⁾	12 % ⁽⁶⁾	700 % ⁽⁷⁾
Analyselaboratorium	Kulstof- og svovlanalysator med RF-ovn (18 MHz)	20 cm fra overfladen af analysatorens kabinet	110 % ⁽⁸⁾		230 % ⁽⁹⁾
		22 cm fra overfladen af analysatorens kabinet	100 % ⁽⁸⁾		220 % ⁽⁹⁾

⁽¹⁾ Højt/lavt aktionsniveau for magnetisk fluxtæthed for frekvens på 2,6 kHz: 115 µT.

⁽²⁾ Referenceniveau for frekvens på 2,6 kHz i Rådets henstilling (1999/519/EF): 6,25 µT.

⁽³⁾ Lavt aktionsniveau for magnetisk fluxtæthed for frekvenser i området 25-300 Hz: 1 000 µT.

⁽⁴⁾ Højt aktionsniveau for magnetisk fluxtæthed for frekvens på 230 Hz: 1 300 µT.

⁽⁵⁾ Referenceniveau for frekvens på 230 Hz i Rådets henstilling (1999/519/EF): 21,7 µT.

⁽⁶⁾ Højt aktionsniveau for magnetisk fluxtæthed for frekvens på 50 Hz: 6000 µT.

⁽⁷⁾ Referenceniveau for frekvens på 50 Hz i Rådets henstilling (1999/519/EF): 100 µT.

⁽⁸⁾ Aktionsniveau for magnetisk fluxtæthed for frekvenser i området 10-400 MHz: 0,2 µT.

⁽⁹⁾ Referenceniveau i Rådets henstilling (1999/519/EF) for frekvenser i området 10-400 MHz: 0,092 µT.

Bemærk: Måleusikkerheden blev anslået til ±10 %, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) registreret som direkte procentdele af aktionsniveauerne.

Resultaterne af den indledende eksponeringsvurdering gav virksomheden følgende oplysninger:

- De høje og lave aktionsniveauer blev overskredet op til en afstand på 80 cm fra induktionsovnen i det lille anlæg til produktion af legeringer, og dette område var lettilgængeligt for arbejdstagere under hele smelteprocessen.
- Aktionsniveauet blev overskredet op til en afstand på 22 cm fra kulstof- og svovlanalysatoren i analyselaboratoriet, og arbejdstagere placerede ikke nogen del af deres kroppe i dette område, mens ovnen var i drift.
- Referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) blev overskredet på alle tilgængelige steder i de vurderede arbejdsområder.

Med hensyn til kulstof- og svovlanalysatoren var det område, hvor aktionsniveauet blev overskredet, lille. Den måde, hvorpå analysatoren fungerer, sikrer, at arbejdstagere med sandsynlighed ikke eksponeres for elektriske og magnetiske felter, der overstiger aktionsniveauerne.

På grundlag af resultaterne af den indledende eksponeringsvurdering udførte konsulenten en mere detaljeret vurdering af induktionsovnen i det lille anlæg til produktion af legeringer.

8.5.2. Detaljeret eksponeringsvurdering af induktionsovn i lille anlæg til produktion af legeringer

Konsulenten udførte en eksponeringsvurdering, der omfattede en observation af, hvordan ovnen blev betjent, så der kunne findes en praktisk løsning på problemet.

Der blev foretaget flere målinger af magnetisk fluxtæthed på forskellige steder omkring ovnen. Resultaterne af disse målinger gjorde det muligt at definere områderne for aktionsniveauerne og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF). Det område, hvor aktionsniveauerne blev overskredet, blev også aftegnet på gulvet (figur 8.3). De vigtigste resultater af den detaljerede eksponeringsvurdering er opsummeret i tabel 8.2. En skalategning af ovnen, som viser området for aktionsniveauerne og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF), vises i figur 8.4.

Tabel 8.2. Detaljeret eksponeringsvurdering af induktionsovn i lille anlæg til produktion af legeringer

Målested	Eksponeringsprocentdel		
	Høje og lave aktionsniveauer ⁽¹⁾	Aktionsniveau for eksponering af lemmer ⁽²⁾	Referenceniveauer i Rådets henstilling (1999/519/EF) ⁽³⁾
45 cm fra kant af ovnrum (afstand til aktionsniveau for eksponering af lemmer)	300 %	100 %	5 500 %
80 cm fra kant af ovnrum (afstand til aktionsniveau for eksponering af lemmer)	100 %	33 %	1 800 %
300 cm fra kant af ovnrum (afstand til referenceniveau i Rådets henstilling (1999/519/EF))	5,4 %	1,8 %	100 %
Position af torso, når person står ved kontrolenhed	3,5 %	1,2 %	64 %
450 cm fra kant af ovnrum (position af torso, når person står i operatørrum)	2,0 %	0,67 %	37 %

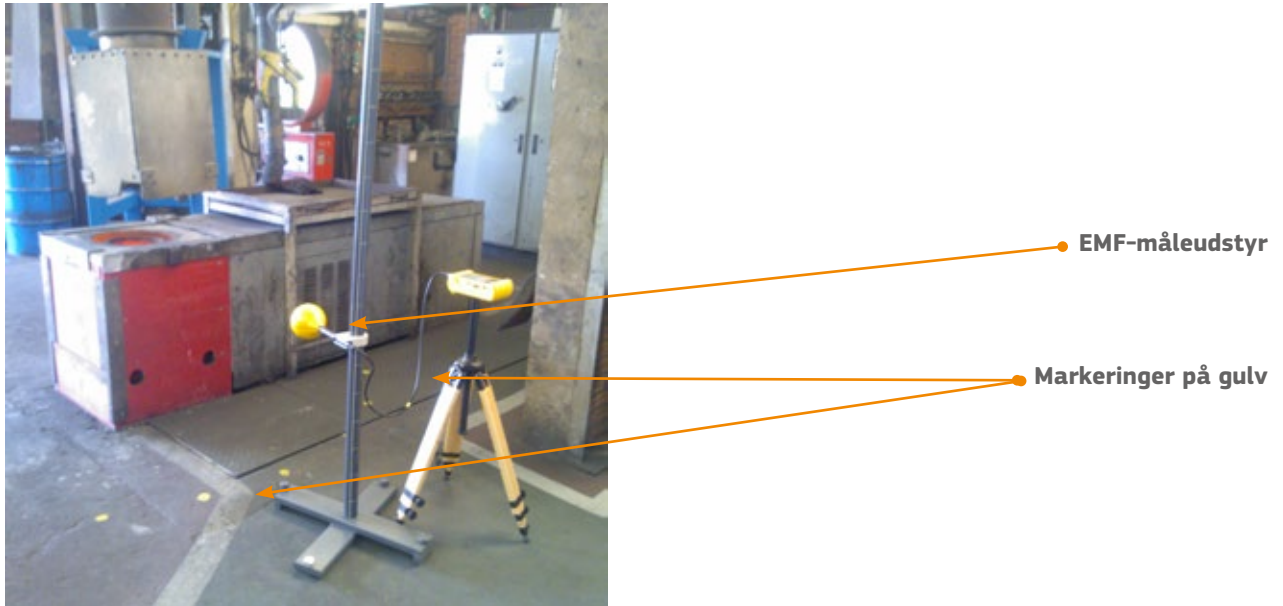
⁽¹⁾ Højt/lavt aktionsniveau for magnetisk fluxtæthed for frekvens på 2,6 kHz: 115 µT.

⁽²⁾ Aktionsniveau for eksponering af lemmer for magnetisk fluxtæthed for frekvens på 2,6 kHz: 346 µT.

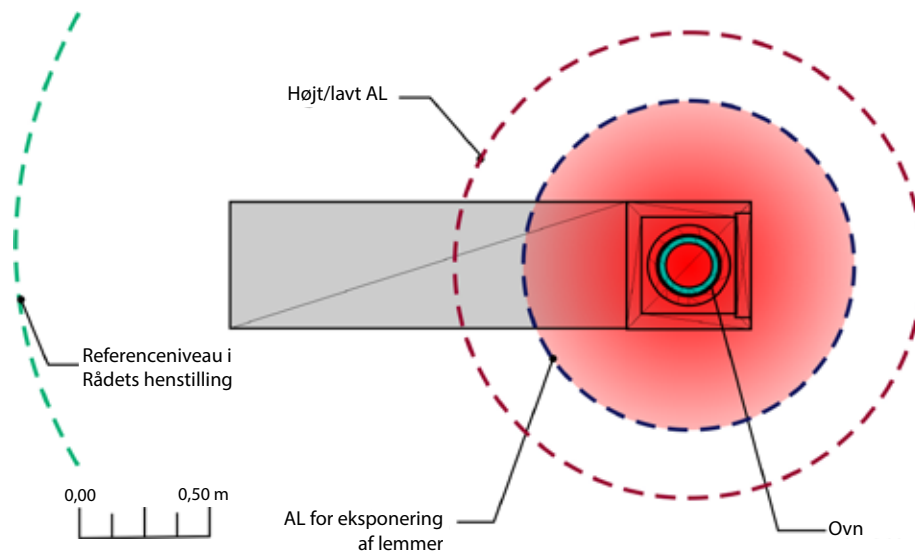
⁽³⁾ Referenceniveau for frekvens på 2,6 kHz i Rådets henstilling (1999/519/EF): 6,25 µT.

Bemærk: Måleusikkerheden blev anslået til ±10 %, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) registreret som direkte procentdele af aktionsniveauerne.

Figur 8.3. Markeringer på gulvet angiver det område, hvor de høje og lave aktionsniveauer blev overskredet



Figur 8.4. Planvisning af det område, hvor aktionsniveauerne og referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) kan blive overskredet omkring induktionsovn i det lille anlæg til produktion af legeringer



Områderne i figur 8.4 vises som cirkler centreret omkring ovnens midte. Det blev observeret, at operatøren ikke gik ind i området med det høje og lave aktionsniveau, når ovnen var i drift, da alle opgaver, der krævede adgang til dette område (isætning af diglen i ovnen inden smelteprocessen og udtagning af den efter smelteprocessen), blev udført, mens ovnen var slukket (figur 8.5). Dette viste, at forhindring af adgang til området var den bedste metode til at begrænse eksponeringen for de stærke magnetiske felter. Det blev dog bemærket, at det

ikke var muligt at opsætte afspærringer omkring ovnen, da dette vil skabe en forhindring og øge risikoen for alvorligere ulykker under håndteringen af diglerne.

Figur 8.5. Opgaver, der kræver adgang til ovnen, blev udført, mens ovnen var slukket



8.6. Risikovurdering

På grundlag af konsulentens eksponeringsvurdering udførte virksomheden en EMF-specifik risikovurdering af fabrikken. Dette var i overensstemmelse med den metode, der anbefales af OiRA (EU-OSHA's platform for interaktiv onlinerisikovurdering). Risikovurderingen konkluderede, at:

- særligt udsatte arbejdstagere kan udsættes for fare i alle arbejdsområder på fabrikken
- arbejdstagere, herunder særligt udsatte arbejdstagere, havde ubegrænset adgang til et område, hvor aktionsniveauerne blev overskredet i det lille anlæg til produktion af legeringer.

Virksomheden udviklede en handlingsplan med udgangspunkt i risikovurderingen, og den blev dokumenteret.

Et eksempel på en EMF-specifik risikovurdering for fabrikken vises i tabel 8.3.

Tabel 8.3. EMF-specifik risikovurdering for metallurgisk produktionsanlæg

Farer	Eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger	Udsatte personer	Alvorlighed			Sandsynlighed			Risikovurdering	Nye forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger
			Mindre	Alvorlig	Dødelig	Usandsynlig	Mulig	Sandsynlig		
Direkte virkninger af magnetiske felter	Ingen	Arbejdstagere i lille anlæg til produktion af legeringer	✓					✓	Medium	Afspær adgang til område, hvor aktionsniveauerne overskrides. Opsæt hensigtsmæssige advarselsskilte i arbejdsområder, hvor aktionsniveauerne overskrides.
		Arbejdstagere i andre vurderede områder	✓			✓			Lav	Indsæt specifikke advarsler i sikkerhedsmateriale til arbejdstagere.
		Besøgende	✓				✓		Lav	Vis hensigtsmæssige advarselsskilte for personer med medicinske implantater på adgangspunkter til andre arbejdsområder.
		Særligt udsatte arbejdstagere (herunder gravide arbejdstagere)		✓			✓		Medium	Indsæt advarsler i sikkerhedsmateriale til besøgende, leverandører osv.
Indirekte virkninger af magnetiske felter (interferens med medicinske implantater)	Ingen	Særligt udsatte arbejdstagere		✓			✓	Medium	Se ovenfor	

8.7. Forholdsregler, der allerede er truffet

Adgang til transformatorer og strømbusser forbundet med udstyret var begrænset på grund af risikoen for elektrisk stød, og dette vil også i nogen grad begrænse adgangen til potentielt stærke magnetiske felter, men der var ikke truffet foranstaltninger specifikt vedrørende EMF-eksponering, inden konsulenten udførte eksponeringsvurderingen.

En vigtig observation var, at aktionsniveauerne ikke blev overskredet på sædvanligvis tilgængelige steder omkring de store produktionsovne eller deres kontrolenheder, selv om der her var tale om betydeligt højere strømstyrker. Dette var sandsynligvis en følge af udstyrets fysiske størrelse, som betyder, at man ikke kan få adgang til potentielt stærke magnetiske felter. De områder, hvor aktionsniveauerne kan blive overskredet, var placeret omkring mindre udstyr, simpelthen fordi man kan komme tættere på det.

8.8. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen

På grundlag af resultaterne af eksponeringsvurderingen kunne virksomheden indføre beskyttelses- og forebyggelsesforanstaltninger med det formål at sikre, at arbejdstagere, herunder særligt udsatte, ikke vil blive eksponeret for EMF i niveauer, der kan forårsage skade. Der blev gennemført nogle yderligere foranstaltninger umiddelbart efter den indledende eksponeringsvurdering. Disse foranstaltninger omfattede bl.a.:

- Personer med medicinske anordninger fik adgangsforbud til arbejdsområderne.
- Virksomhedens film om arbejdsmiljø blev opdateret med en advarsel om forekomsten af stærke magnetiske felter og en advarsel til personer med medicinske implantater.
- Advarselsskilte med piktogrammer for »magnetisk felt« og »ingen medicinske implantater« blev sammen med passende tekst sat op på adgangspunkterne til de relevante arbejdsområder (figur 8.6).

Yderligere beskyttelses- og forebyggelsesforanstaltninger blev indført efter den mere detaljerede eksponeringsvurdering:

- Markeringer blev tegnet på gulvet omkring induktionsovnene i det lille anlæg til produktion af legeringer for at angive det område, hvor aktionsniveauerne blev overskredet (figur 8.7), og arbejdstagere blev instrueret i ikke at gå ind i området, når ovnen er i drift.
- Advarselsskilte med piktogrammer for »stærkt magnetisk felt« og forbudspiktogrammer med passende tekst (figur 8.7) blev sat op tæt på induktionsovnen.

Figur 8.6. Eksempel på advarselsskilt på adgangspunkter til arbejdsområder



Figur 8.7. Markeringer på gulv og tilhørende advarselsskilt for at angive det område, hvor aktionsniveauerne kan blive overskredet



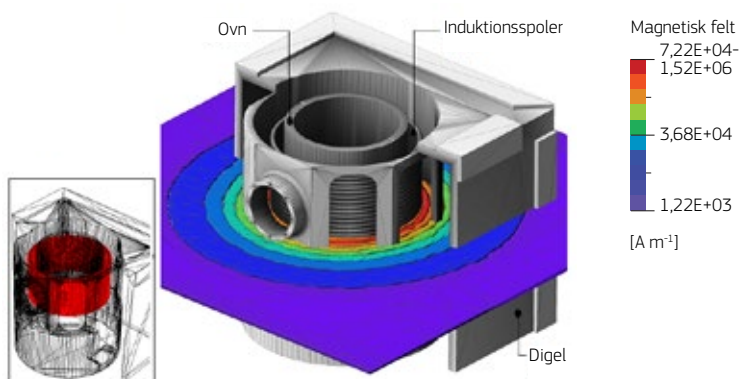
8.9. Andre informationskilder

Af hensyn til udførligheden hyrede virksomheden en ekspert til at udføre en computermodellering af den potentielle eksponering udtrykt i eksponeringsgrænseværdier for en arbejdstager, der står inden for det afmærkede område, mens ovnen i det lille anlæg til produktion af legeringer var i drift.

Computermodelleringen blev udført for at vurdere de indre elektriske felter, der induceres i kroppen på en operatør, der står tæt på den tændte ovn. Modelleringsparametrene blev indstillet med bestemte værdier, således at modellen producerede magnetiske felter med samme styrke som dem, der blev målt i forbindelse med eksponeringsvurderingen.

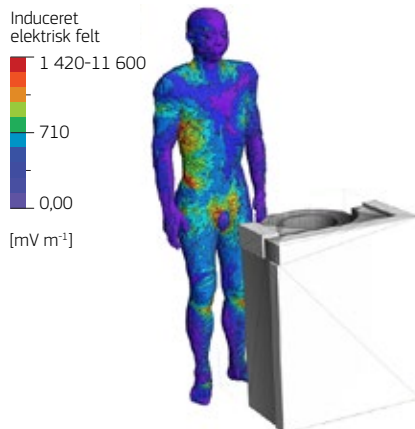
Den lokale fordeling af det magnetiske felt i x-y-planet omkring induktionsovnen, der blev genereret af modellen, vises i figur 8.8. Disse beregnede feltværdier var i overensstemmelse med værdier, der blev målt under eksponeringsvurderingen, og viste videre, at værdierne hurtigt falder med afstand, selv om den magnetiske feltstyrke var forholdsvis høj tæt på ovenns induktionsspole.

Figur 8.8. Lokal fordeling af det magnetiske felt i x-y-planet omkring et snitbillede af induktionsovn genereret af modellen. Induktionsspolen vises i rød (indsat).



Beregninger af de indre elektriske felter, der induceres i kroppen, blev udført for en arbejdstager, der står 65 cm fra midten af induktionsovn. Fordelingen af det inducerede elektriske felt i en menneskemodel vises i figur 8.9. Den højeste værdi for elektrisk felt, der blev beregnet i kroppen for denne eksponeringssituation, var 916 mV m^{-1} (i knoglevæv). Det repræsenterede 83 % af emissionsgrænselværdien for sundhedsmæssige virkninger ved 2,43 kHz.

Figur 8.9. Lokal fordeling af de maksimale indre inducerede elektriske felter i en menneskemodel, der er eksponeret for induktionsovn

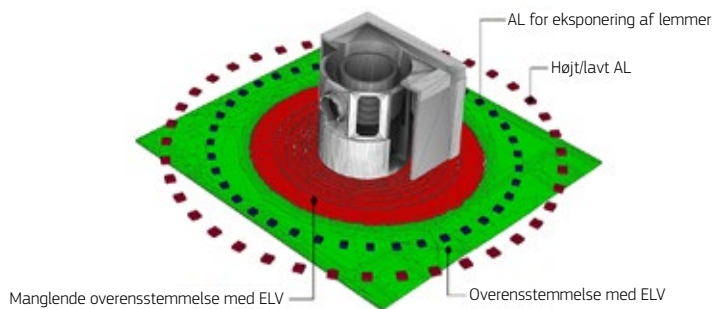


Et område, hvor emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger kan blive overskredet fra eksponering for induktionsovn, kan defineres ved at udføre eksponeringssimuleringer med menneskemodellen i forskellige afstande fra ovnen.

Det blev konstateret, at emissionsgrænseværdien kun vil blive overskredet, hvis kroppen placeres inden for en radius af ca. 60 cm fra midten af ovnen, mens den var i drift. Dette område vises med rødt i figur 8.10. De områder, hvor aktionsniveauerne kan blive overskredet, vises også (figur 8.4).

Eftersom ovnen var monteret med et kabinet, der måler ca. 63 cm x 63 cm (dvs. den dækker et område 31,5 cm fra midten af ovnen), skal en arbejdstager stå med sin krop så tæt på ovnkabinettet, for at eksponeringsgrænseværdierne vil blive overskredet, at det blev betragtet som et usandsynligt eksponeringsscenarie. Det forvisede virksomheden om, at afmærkningen af gulvet var en tilstrækkelig forebyggelsesforanstaltning.

Figur 8.10. Områder omkring induktionsovnen, hvor emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger kan blive overskredet (rødt område). De områder, hvor emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger ikke overskrides (grønt område og derudover), og det område, hvor aktionsniveauerne kan blive overskredet (blå og røde firkanter), vises også.



9. RF-PLASMAAPPARATER

RF-plasmaapparater anvendes typisk til fremstilling af integrerede kredsløb i halvlederindustrien. De anvendes også i andre industrier til rengøring af optiske komponenter, spektroskopiske formål og forskning. Dette casestudie vedrører RF-plasmaapparater anvendt til fremstilling af wafere i et renrumsmiljø. Arbejdsgiveren var usikker om den potentielle fare for en arbejdstager med en pacemaker, som snart vendte tilbage til arbejdsstedet. Pacemakerfabrikanten oplyste arbejdsgiveren om sikre grænser for eksponering af pacemakeren for elektromagnetiske felter.

9.1. Arbejdets karakter

Pacemakerbærerens rolle involverer typisk isætning af wafere i RF-plasmaapparaterne og betjening af apparaterne (figur 9.1).

Figur 9.1. Område til isætning af wafere



Figur 9.2. Reaktionskamre i serviceområde



9.2. Information om udstyr, der genererer EMF

RF-plasmaapparaterne på dette arbejdssted består typisk af en RF-kilde og et tomt reaktionskammer (figur 9.2). Nogle apparater på arbejdsstedet omfatter flere RF-kilder og/eller flere reaktionskamre. Det genererede RF-felt bruges til at skabe og opretholde en plasmaudladning, der bruges til at udføre processer, som f.eks. ætsning, udfældning og stripping af wafere, i kammeret. De genererede RF-frekvenser kan variere fra et par hundrede kHz til et par GHz. Almindelige frekvenser er 400 kHz, 13,56 MHz og 2,45 GHz.

På apparater af denne type er RF-feltet normalt afskærmet af udstyrets kabinet og et metalreaktionskammer. RF-lækage kan opstå, når der er spalter i udstyrets kabinet, f.eks. paneler, der er skæve eller ikke monteret korrekt, manglende skruer, fejlbehæftede kabelforbindelser og beskadigede fleksible bølgeledere. Spalter i reaktionskammer eller bølgeledere kan sandsynligvis ses som tab af vakuum. Nogle af vinduerne har inspektionsruder med beskyttelsesskærme (Faraday), og eventuelle manglende eller beskadigede skærme kan føre til RF-lækage.

Nogle af apparaterne omfatter også stærke magneter, og det resulterer i produktionen af statiske magnetiske felter.

9.3. Sådan anvendes udstyret

Pacemakerbæreren skal typisk opholde sig i produktionsområdet i renrumsmiljøet, hvor udstyret betjenes, og waferne isættes. Reaktionskamrene og RF-generatorerne til hvert apparat er placeret i serviceområdet. Denne arbejdstager går lejlighedsvis ind i serviceområdet, men deltager ikke i servicering eller vedligeholdelse af udstyret.

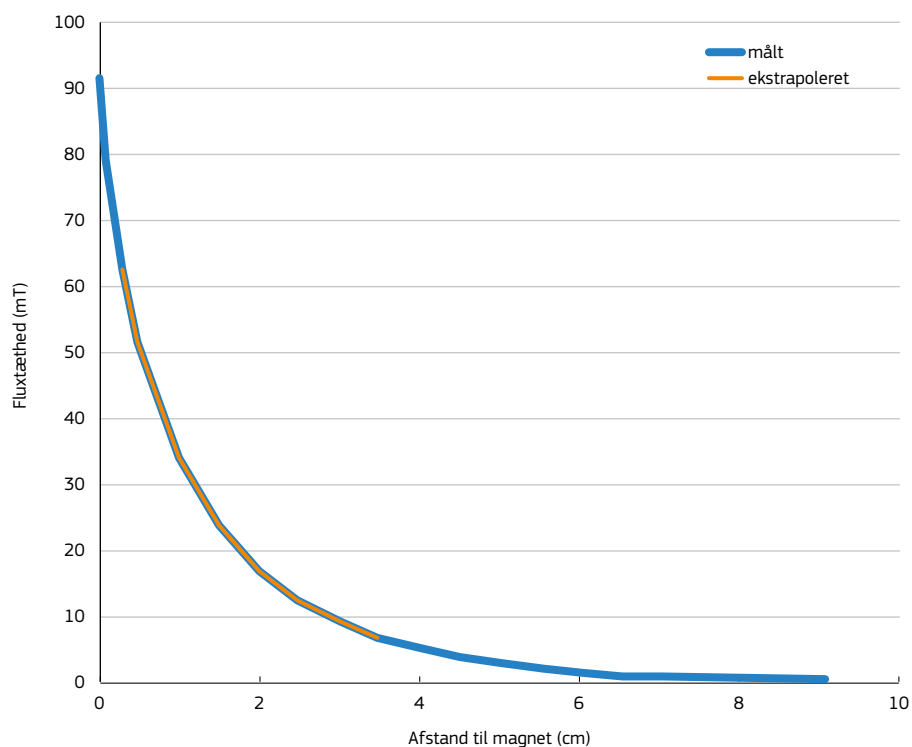
9.4. Metode til vurdering af eksponering

Der kan foretages målinger af elektromagnetiske felter omkring dette udstyr. De skal dog udføres af en sagkyndig konsulent ved brug af specialinstrumenter. Der skal bruges flere måleapparater på grund af del forskellige frekvenser, der anvendes. For mellemfrekvensfelterne (f.eks. 400 kHz og 13,56 MHz) skal målingerne desuden foretages i nærfeltet. De elektriske og magnetiske felter skal måles separat. Ved højere frekvenser (2,45 GHz) foretages målingerne generelt i fjernfeltet. I denne situation spredes de elektriske og magnetiske felter som en elektromagnetisk bølge, og det er mere almindeligt kun at måle det elektriske felt. Det magnetiske felt kan udledes, da de to er forbundet.

Som et første trin i vurderingen af eksponeringen kontaktede arbejdsgiveren fabrikanterne af RF-plasmaapparaterne for at få oplysninger om potentialet for lækage af RF-felter fra udstyret, og den afstand, hvori dette kan udgøre en fare.

En af fabrikanterne udleverede en graf (figur 9.3), der illustrerer, hvordan det statiske magnetiske felt fortaber sig med afstanden fra de stærke magneter i apparaterne, og oplyste arbejdsgiveren, at fluxtætheden falder til under 0,5 mT i en afstand på 10 cm fra magneterne.

Figur 9.3. Graf, der viser, hvordan den magnetiske fluxtæthed falder med afstanden



Pacemakerfabrikanten oplyste sikre grænser for forskellige kilder til elektromagnetisk interferens (tabel 9.1). Arbejdsgiveren bemærkede, at værdien for statiske magnetiske felter var anført i gauss og skulle konverteres til millitesla i henhold til EMF-direktivet.

Tabel 9.1. Sikre grænser oplyst af pacemakerfabrikanten (specifikke grænser for den pacemakertype, arbejdstageren bærer)

EMI-kilde	Intensitetsgrænse for elektromagnetisk felt (RMS)
Frekvens (50/60 Hz)	10 000 V/m (6 000 V/m; uden for nominel)
Høj frekvens (150 kHz og derover)	141 V/m
Statiske magnetiske felter (jævnstrøm)	10 gauss
Modulerede magnetiske felter	80 A/m op til 10 kHz og 1 A/m for over 10 kHz

Arbejdsgiveren kunne ikke fremskaffe oplysninger fra fabrikkerne om RF-felter og besluttede derfor at hyre en konsulent til at udføre målinger omkring nogle af RF-plasmaapparaterne.

9.5. Resultater af eksponeringsvurdering

Arbejdsgiveren omregnede de relevante grænser oplyst af pacemakerfabrikanten (tabel 9.1) til de enheder, der anvendes i EMF-direktivet (tabel 9.2). En sammenligning af måleresultaterne med disse grænser viser, at pacemakerens grænser ikke blev overskredet omkring RF-plasmaætteseapparatet.

Tabel 9.2. Pacemakergrenser (oplyst af pacemakerfabrikant)

Frekvens	Grænse
Elektriske felter, 150 kHz og derover	141 Vm^{-1}
Statistiske magnetiske felter (jævnstrøm)	1 mT
Magnetiske felter over 10 kHz	1,25 μT

Måleresultaterne vises i tabellerne nedenfor. Tabel 9.3 viser resultaterne af målinger foretaget omkring et RF-plasmaætteseapparat, der arbejder ved 400 kHz. Der blev foretaget målinger omkring hele apparatet, men de maksimale niveauer af elektriske og magnetiske felter blev fundet omkring samlingerne i RF-generatorskabet. Ifølge måleresultaterne blev aktionsniveauerne i EMF-direktivet ikke overskredet.

Tabel 9.3. Resultater af målinger omkring RF-plasmaætteseapparat

Position	Frekvens	Magnetisk fluxtæthed (μT)	Aktionsniveau (μT)	Elektrisk feltstyrke (Vm^{-1})	Aktionsniveau (Vm^{-1})
RF-generatorskab	400 kHz	0,05	5	0,06	610

Bemærk: Måleusikkerheden blev anslået til $\pm 2,7$ dB, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) sammenlignet direkte med aktionsniveauerne.

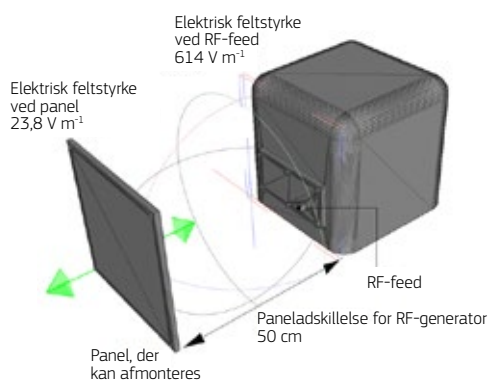
Tabel 9.4 viser resultaterne af målinger foretaget omkring et apparat til fysisk dampudfældning (PVD), der arbejder ved 13,56 MHz. Ifølge måleresultaterne overskrides EMF-direktivets aktionsniveauer og pacemakergrenserne i tabel 9.3 tæt på RF-feedet i kammeret. De to sidstnævnte målepositioner vises i figur 9.4.

Tabel 9.4. Resultater af målinger omkring PVD-apparatet

Position	Generatorfrekvens	Magnetisk fluxtæthed (μT)	Aktionsniveau (μT)	Elektrisk feltstyrke (V m^{-1})	Aktionsniveau (V m^{-1})
Kammerets øverste overflade	13,56 MHz	0,04	0,2	10	61
Under kammeret, tæt på RF-feedet i kammeret	13,56 MHz	2	0,2	614	61
Position af paneler, der kan afmonteres, placeret 0,5 m fra RF-feedet.	13,56 MHz	0,08	0,2	24	61

Bemærk: Målesikkerheden blev anslået til $\pm 2,7$ dB, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) sammenlignet direkte med aktionsniveauerne.

Figur 9.4. Position for målinger foretaget tæt på RF-feed til PVD-apparatet



9.6. Risikovurdering

Med hensyn til de statiske magnetiske felter omkring magneter blev det konstateret, at aktionsniveauet på 0,5 mT for eksponering af aktivt, implanteret medicinsk udstyr kan blive overskredet inden for 10 cm af magneterne. Arbejdsgiveren havde dog fået oplyst en mindre restriktiv grænse på 1 mT (tabel 9.3) af pacemakerfabrikanten, som gælder for den omhandlede pacemaker. Arbejdsgiveren brugte derfor denne grænse i risikovurderingen. Ifølge fabrikantens figur (figur 9.3) kan pacemakergænsen på 1 mT blive overskredet i en afstand på under 10 cm fra magneterne (anslået til ca. 6 cm).

Med hensyn til de radiofrekvente elektromagnetiske felter blev det konstateret, at pacemakerfabrikantens grænser og aktionsniveauerne kan blive overskredet tæt på RF-feedet i kammeret på PVD-apparatet. 0,5 m fra RF-feedet faldt niveauerne til under pacemakergænserne og aktionsniveauerne.

For både statiske magnetiske og radiofrekvente felter faldt feltet til under pacemakergænserne og aktionsniveauerne over en kort afstand.

Ud fra disse oplysninger udførte arbejdsgiveren en EMF-specifik risikovurdering (tabel 9.5) for at fastsætte risiciene for både pacemakerbæreren og andre arbejdstagere i overensstemmelse med den metode, der anbefales af OiRA (EU-OSHA's platform for interaktiv onlinerisikovurdering).

Som resultat af denne risikovurdering besluttede arbejdsgiveren, at pacemakerbærerens arbejdsopgaver ikke skulle ændres. Den pågældende deltager ikke i vedligeholdelsen af udstyret og vil ikke have nogen grund til at opholde sig i områder (meget tæt på udstyret), hvor pacemakergrænserne kan blive overskredet. Det blev besluttet, at det ikke var nødvendigt at begrænse adgangen til serviceområdet, da de høje felter er meget lokale. Ifølge risikovurderingen skal der dog tages hensyn til andre arbejdstagere (f.eks. serviceteknikere) og leverandører o.lign., der har aktivt, implanteret medicinsk udstyr.

9.7. Forholdsregler, der allerede er truffet

Arbejdsgiveren kontrollerede udstyret og gennemgik virksomhedens procedurer. Han konstaterede, at man allerede havde truffet følgende forholdsregler:

- Der var opsat afskærmning omkring RF-feeds i kamre for at forhindre adgang til disse områder (ved målingen af PVD-apparatet blev afskærmningen fjernet).
- Virksomheden sikrer, at nyt udstyr, der indkøbes, er velkonstrueret, f.eks. at inspektionsruder er afskærmet, så eksponeringen for RF-felter begrænses.

Tabel 9.5. EMF-specifik risikovurdering for RF-plasmaapparater

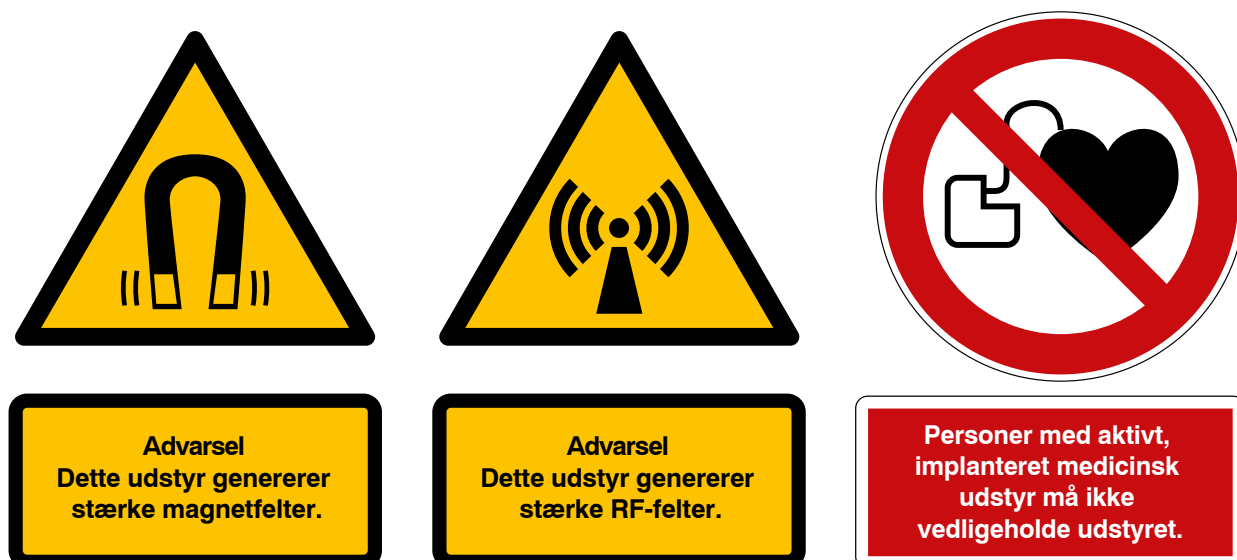
Farer	Eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger	Udsatte personer	Alvorlighed			Sandsynlighed			Risikovurdering	Nye forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger
			Mindre	Alvorlig	Dødelig	Usandsynlig	Mulig	Sandsynlig		
Direkte EMF-virkninger	Panel monteret på PVD-apparatet, som forhindrer adgang til det område, hvor aktionsniveauet overskrides	Operatører Serviceteknikere	✓			✓			Lav	Oplysning og oplæring gives til serviceteknikere og operatører. Advarsler opsættes på udstyret.
Indirekte EMF-virkninger (virkning på aktivt, implanteret medicinsk udstyr)	Panel monteret på PVD-apparatet, som forhindrer adgang til det område, hvor pacemakergrænserne overskrides	Særligt udsatte arbejdstagere		✓		✓			Lav	Alle arbejdstagere oplyses om denne fare. Advarsler indsættes i sikkerhedsoplysninger om arbejdsstedet.
Pacemakergrænserne kan blive overskredet tæt på de statiske magneter og tæt på the RF-feedet i serviceområdet.	Felt, der overstiger pacemakergrænserne omkring de statiske magneter, er meget lokalt.									Advarsler og forbudskilte opsættes på udstyret.

9.8. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen

Som følge af risikovurderingen besluttede arbejdsgiveren at gennemføre yderligere forholdsregler, herunder:

- opsætte skilte med advarsel mod stærke magnetiske felter/stærke RF-felter og skilte om adgang forbudt for personer med aktivt, implanteret medicinsk udstyr på udstyr med stærke magneter og på paneler, der kan afmonteres, så der fås adgang til potentielt høje niveauer af RF-felter (figur 9.5).

Figur 9.5. Eksempler på advarsler om stærke magnetfelter og stærke RF-felter og en illustration af symbolet for adgangsforbud for personer med aktivt, implanteret medicinsk udstyr



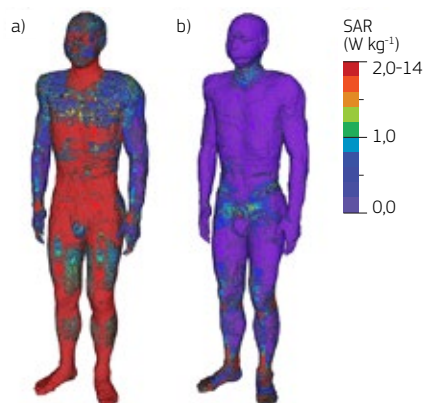
- oplysning af pacemakerbæreren og virksomhedens bedriftssundhedstjeneste om resultatet af risikovurderingen
- sikre, at personer, der besøger værkstedet, har kendskab til risiciene gennem hensigtsmæssige oplæringsprogrammer og samarbejde med leverandører o.lign.
- sikre, at arbejdstagere er bekendte med, at udstyret ikke må betjenes, hvis paneler er afmonteret, og at enhver skade på udstyrets kabinet, bølgeformere eller afskærmede ruder skal rapporteres til arbejdslederen.

9.9. Yderligere oplysninger

De målte resultater blev anvendt som udgangspunkt for en computermodellering af en arbejdstagers eksponering i forhold til eksponeringsgrænseværdierne i EMF-direktivet (figur 9.5). Modelleringen viser, at eksponeringsgrænseværdier kan blive overskredet tæt på RF-feedet. Helkrops-SAR beregnet som middelværdi var 211 % af emissionsgrænseværdien for helkropsvarmestress, og spidsværdien for lokal-SAR beregnet som middelværdi for en masse af 10 g sammenhængende væv i lemmerne var 147 % af emissionsgrænseværdien for varmestress i lemmerne. Emissionsgrænseværdien for lokal varmestress i hoved og krop blev ikke overskredet. Spidsværdien for lokal-SAR beregnet som middelværdi for en masse af 10 g sammenhængende væv i hoved og krop var 89 % af emissionsgrænseværdien for lokal varmestress i hoved og krop.

Det blev konstateret, at den målte elektriske feltstyrke var lavere end aktionsniveauet 0,5 m fra RF-feedet. Som forventet viste modelleringen, at helkrops-SAR og lokal SAR var meget mindre end eksponeringsgrænseværdierne (under 0,5 %).

Figur 9.6. SAR-fordeling i arbejdstager for område a) omkring RF-feedet og b) omkring paneler, der kan afmonteres, 50 cm fra RF-generatoren



10. TAGANTENNER

10.1. Arbejdssted

Bygningstage bruges ofte som monteringssted for forskellige kommunikationsantennener, som sikres bedre driftsforhold som følge af den forhøjede position og forbedrede sigtelinje. Dette casestudie vedrører en sådan bygning (figur 10.1), som netop havde skiftet ejer. Den nye ejer ønskede at opfylde sine retlige forpligtelser og at vurdere alle risici for arbejdstagere på taget.

Figur 10.1. Sektoropdelte mobiltelefonantennener og parabolantenne på taget af elevatorhus



10.2. Arbejdets karakter

Arbejdstagere skal gå op på taget for at udføre forskellige opgaver i forbindelse med vedligeholdelse og inspektion af bygningen. De kan omfatte: vinduespuddere, tagmontører, air condition-teknikere, forsikringsinspektører og antennemontører. Sidstnævnte grupper har ofte fået omfattende undervisning i RF-strålesikkerhed og kan være udstyret med personlige eksponeringsalaramer, mens de førstnævnte grupper næppe har modtaget nogen undervisning og derfor har begrænset kendskab til problemerne.

Det er god praksis, hvis operatørerne benytter princippet om »sikker i medfør af position«, når de monterer antenner. Det betyder, at antennerne er placeret, således at arbejdstagere, der befinder sig i normal taghøjde, ikke uvidende kan komme til at gå ind i eksklusionszonen for en antenne. Eksklusionszonen for en antenne er området nær antennen, hvor eksponeringen kan overstige referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF).

Eksklusionszonen for en antenne må kun være tilgængelige for arbejdstagere via stiger, stilladser o.lign. Hvis arbejdstagere skal have adgang til en eksklusionszone, kan det være nødvendigt at afbryde antennen. Hvis eksklusionszonen for en antenne berører opholdsområdet på taget, skal tagområdet afmærkes.

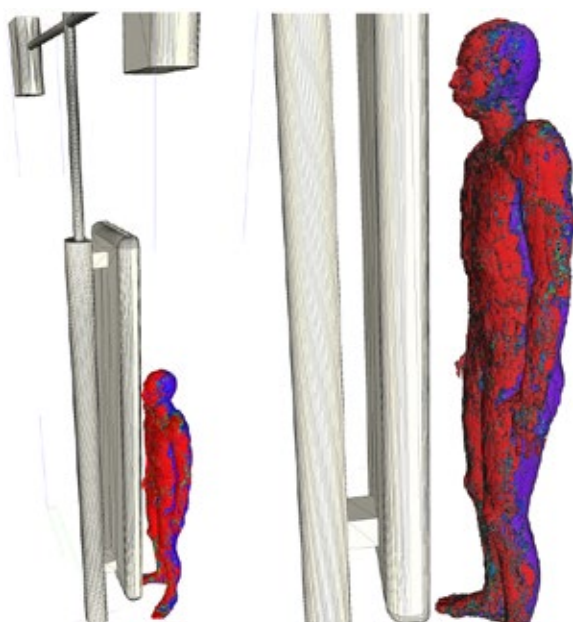
10.3. Information om udstyr, der genererer EMF

De tagmonterede antenner var antenner til mobiltelefonssystemer og omfattede mobiltelefonbasestationer og pagingsystemer. Ud over sektorantener omfattede mobiltelefonbasestationen også et punkt-til-punkt datalink. Ejeren var bekendt med, at forskellige typer antenner udgør forskellige niveauer af farer, og generelt at:

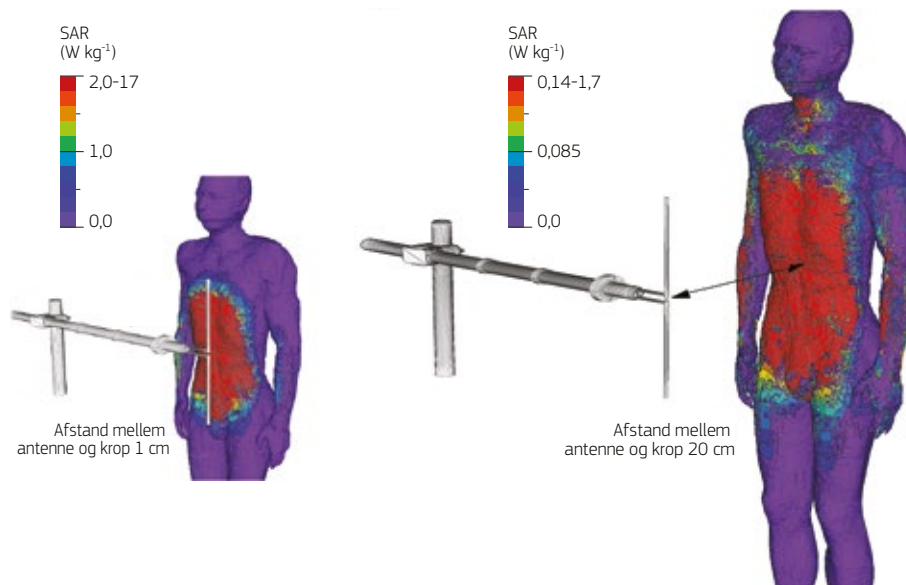
- sektoropdelte mobiltelefonantener (800-2 600 MHz) kan udgøre en fare op til et par meter fremad og i mindre grad til siderne og bagud (figur 10.2)
- parabolantener (10-30 GHz) forbundet med mobiltelefonbasestationer udgør sjældent en væsentlig fare
- dipolantener og stavantener (80-400 MHz) kan udgøre en fare 1-2 m omkring.

Sidstnævnte punkt illustreres af computermodellering for en halvbølgedipolantenne, der arbejder ved 400 MHz (figur 10.3). Tabel 10.1 viser, at den udstrålede effekt er forhøjet fra 25 W, til 100 W og derefter til 400 W, og at eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger overskrides ved længere afstande fra antennen.

Figur 10.2. Fordeling af specifik energiabsorptions-hastighed (SAR) i en arbejdstager, der står ved siden af en transmitterende sektoropdelt mobiltelefonantenne



Figur 10.3. Fordeling af specifik energiabsorptions-hastighed (SAR) i menneske-model fra eksponering for en 25 W halv-bølge-dipol-antenne, 20 cm fra overkroppen. Indsat: 1 cm fra overkroppen. I begge tilfælde er de beregnede SAR-værdier mindre end de tilsvarende eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger.



Tabel 10.1. Computermodellerede værdier for specifik energiabsorptions-hastighed for hele kroppen (WBSAR) og spidsværdi for lokal-SAR beregnet som middelværdi for en masse af 10 g sammenhængende væv (SAR_{10g cont}) for en 5 W, 25 W, 100 W og 400 W halv-bølgedipol-antenne. SAR-værdier, der overstiger de tilsvarende emissionsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger er anført med rødt.

Afstand (cm)	Modelleret SAR (Wkg ⁻¹)							
	5 W antenne		25 W antenne		100 W antenne		400 W antenne	
	WBSAR	SAR _{10g cont}	WBSAR	SAR _{10g cont}	WBSAR	SAR _{10g cont}	WBSAR	SAR _{10g cont}
0,1	0,0225	1,61	0,113	8,05	0,450	32,2	1,80	129
1	0,0194	1,28	0,0968	6,38	0,387	25,5	1,55	102
2	0,0168	1,04	0,0840	5,18	0,336	20,7	1,34	82,8
4	0,0133	0,715	0,0663	3,58	0,265	14,3	1,06	57,2
6	0,0110	0,525	0,0548	2,63	0,219	10,5	0,876	42,0
8	0,00945	0,406	0,0473	2,03	0,189	8,12	0,756	32,5
10	0,00845	0,332	0,0423	1,66	0,169	6,63	0,676	26,5
12	0,00770	0,272	0,0385	1,36	0,154	5,44	0,616	21,8
14	0,00725	0,234	0,0363	1,17	0,145	4,68	0,580	18,7
16	0,00690	0,208	0,0345	1,04	0,138	4,16	0,552	16,6
18	0,00670	0,163	0,0335	0,815	0,134	3,26	0,536	13,0
20	0,00660	0,177	0,0330	0,883	0,132	3,53	0,528	14,1

Eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger for frekvenser i området 100 kHz-6 GHz for helkrops-SAR: 0,4 Wkg⁻¹ og for lokal-SAR i hoved og krop beregnet som middelværdi for en masse af 10 g sammenhængende væv: 10 Wkg⁻¹.

10.4. Sådan anvendes udstyret

Udstyret er automatiseret og fjernbetjenes af operatørerne. Mobiltelefonbasestationen tilpasser sin effekt efter den aktuelle opkaldstrafik i overensstemmelse med et maksimum, der er fastsat i licensbetingelserne for spektret. Det gør det vanskeligt for ejeren at forudsige den faktiske effekt på et givent tidspunkt. Outputfrekvenser er også fastsat i licensbetingelserne for spektret.

Ændringer af installationen og lejlighedsvis vedligeholdelse foretages af underleverandører, der er udpeget af operatørerne.

10.5. Metode til vurdering af eksponering

En detaljeret teoretisk eksponeringsvurdering kræver oplysninger om en lang række faktorer, herunder antenntype, karakteristika for emissionen (f.eks. frekvens, udstrålet effekt, signalparametre, belastningscyklus og antal transmitterede kanaler), arbejdstagerens position i strålingsfeltet, eksponeringens varighed og bidrag fra andre kilder.

Der kan også foretages eksponeringsmålinger på taget. De skal dog udføres af en sagkyndig konsulent ved brug af specialinstrumenter. Ejeren vidste, at han kunne leje eller købe billige instrumenter på internettet, men at det muligvis ikke ville give pålidelige resultater og kunne være følsomme for andre signaler end de undersøgte. Ejeren vidste også, at det ville være dyrt at hyre en ekstern konsulent, og at han kun ville få et øjebliksbillede af eksponeringssituation på tidspunktet for målingerne.

I stedet udførte han en grundlæggende visuel undersøgelse af taget for at identificere antenner og deres operatører og indsatte dem på en plan over taget. Operatørerne blev derefter kontaktet og anmodet om at komme til ejendommen for at identificere deres antenner og give de tilhørende sikkerhedsoplysninger. Ejeren gennemgik også gæstebogen for at se, hvem der havde haft adgang til taget, og forsøgte at afgøre, hvor de havde arbejdet, ud fra karakteren af deres arbejde. Ved hjælp af disse oplysninger udpegede han de steder, hvor arbejdstagere potentielt kan få adgang til områder med farlige felter eller eksklusionszoner (figur 10.4). Det er god praksis, at arbejdstagere ikke går tæt på udstrålende antenner, hvor de potentielt kan blive eksponeret over aktionsniveauerne, og at de ikke berører udstrålende antenner.

10.7. Risikovurdering

Ejeren kendte sin forpligtelse til at vurdere alle risici for arbejdstagere, der har adgang til taget (herunder den generelle risiko for at snuble, falde og glide, risiko fra røg fra skorstene og ventilationsrør samt risikoen fra elektromagnetiske felter). Den metode, der anbefales af OiRA (EU-OSHA's platform for interaktiv onlinerisikovurdering), blev anvendt til at strukturere processen og forberede vurderingen af oplysninger, der var tilgængelige fra operatøren eller fabrikanten af hver identificeret antenne. Størrelsesoplysninger om den elektriske feltstyrke fra antennen eller skematiske diagrammer, der viser omfanget af eventuelle eksklusionszoner, gav ejeren mulighed for at vurdere risikoniveauet. Når det tilgængelige felt oversteg aktionsniveauerne, var det nødvendigt at udarbejde og gennemføre en handlingsplan for at håndtere risiciene.

Et eksempel på en EMF-specifik risikovurdering vises i tabel 10.3.

Tabel 10.3. EMF-specifik risikovurdering for tagantenner

Farer	Eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger	Udsatte personer	Alvorlighed			Sandsynlighed			Risikovurdering	Nye forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger
			Mindre	Alvorlig	Dødelig	Usandsynlig	Mulig	Sandsynlig		
Direkte virkninger af RF-felter	Dør til tag aflåst, og nøgle kontrolleret	Vinduespudserne	✓				✓		Lav	Flyt antenne til pagingsystem (foldet dipolantenne) væk fra installationsgangen. Monter mekanisk stop for at sikre, at vinduespudserens lift ikke kan hæves op foran sektorantenner. Udvikl skriftlig sikkerhedsprocedure, som alle arbejdstagere skal læse (og acceptere), inden de kan få adgang til taget.
	Advarsels- og forbudsskilte	Tagarbejdere	✓				✓		Lav	
	Sektorantenner monteret øverst på elevatorhus og tilhørende eksklusionszoner er ikke tilgængelige.	Air conditionteknikere	✓				✓		Lav	
	Stige, der giver adgang til elevatorhusets tag, aflåst	Forsikringsinspektører	✓				✓		Lav	
	Parabolantenner monteret højt på master og utilgængelige stråler	Antennemontører	✓				✓		Lav	
		Særligt udsatte arbejdstagere (gravide arbejdstagere)	✓				✓		Lav	
Indirekte virkninger af RF-felter (interferens med elektromedicinsk udstyr)	Se ovenfor	Særligt udsatte arbejdstagere		✓			✓		Lav	Som ovenfor Advarsel til personer med elektromedicinsk udstyr i skriftlig sikkerhedsprocedure

10.8. Forholdsregler, der allerede er truffet

Ejerens visuelle undersøgelse af taget viste følgende:

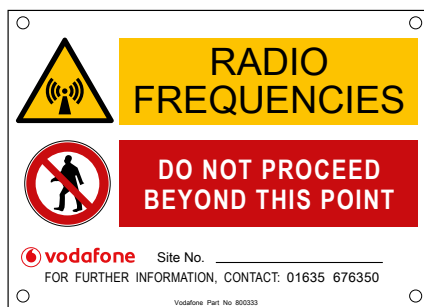
- Døren til taget var låst, og nøglen var kontrolleret af bygningens sikkerhedschef. Et skilt med advarsel om tilstedeværelsen af RF-antenner var fastgjort på indersiden af døren (figur 10.5a).
- De sektoropdelte mobiltelefonantenner var monteret på den øverste del af elevatorhuset, og de tilknyttede eksklusionszoner var ikke tilgængelige. Advarselsskiltet var fastgjort på monteringsmasterne (figur 10.5b) og på antennebeslag (figur 10.5c).
- Adgangsstigen til elevatorhusets tag var aflåst, og et advarselsskilt var sat op (figur 10.5d).
- Parabolantenner var monteret højt oppe på master, og deres stråler var ikke tilgængelige. (Ejeren har under alle omstændigheder skriftlig dokumentation fra operatøren for, at der ikke er eksklusionszoner).

Figur 10.5. Advarselsskilte

a) på døren til taget



b) på antennemasten



c) på antennebeslagene



d) på stigen til elevatorhusets tag



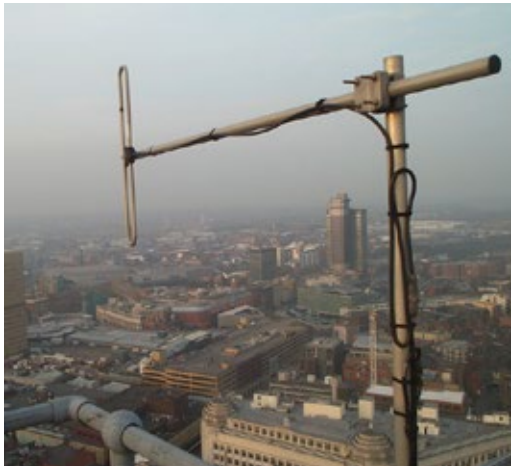
10.9. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen

Ejeren var ikke tilfreds med visse aspekter af den måde, hvorpå taginstallationerne håndteres, og besluttede at gennemføre yderligere forholdsregler, herunder:

- krav til operatøren af et pagingsystem om at flytte den tilknyttede foldede dipolantenne væk fra installationsgangen (figur 10.6a) og opsætte et advarselsskilt (figur 10.6b)
- montering af mekanisk stop for at sikre, at vinduespudserens lift ikke kan hæves op foran sektorantennen (figur 10.6c)
- udvikling af skriftlig sikkerhedsprocedure, som alle arbejdstagere skal læse (og acceptere), inden de kan få adgang til taget; dette omfatter beredskabsplaner for rimeligt forudsigelige uheld og ulykker.

Figur 10.6.

a) pagingantenne for tæt på installationsgangen



b) det nye advarselsskilt



c) Vinduespudserlift kan ikke længere hæves op foran fronten af antenner.



11. WALKIE-TALKIER

11.1. Arbejdssted

Dette casestudie vedrører en lille byggevirksomhed, hvis arbejdstagere befinder sig på byggepladser. Byggepladsformanden havde hørt om det nye EMF-direktiv og var usikker på, om arbejdstagerne skulle træffe sikkerhedsforanstaltninger, når de anvender walkie-talkies.

11.2. Arbejdets karakter

Arbejdstagere kontakter hinanden på byggepladsen ved hjælp af walkie-talkies, der fungerer ved hjælp af PMR (Private Mobile Radio) 446-tjenesten uden licens (figur 11.1). Alle arbejdstagere på byggepladsen har adgang til disse apparater.

Figur 11.1. Arbejdstager på byggeplads, der anvender en walkie-talkie



Efter at have undersøgt fabrikantens anvisninger fastslog formanden, at de håndholdte apparater fungerer ved 446 MHz. Der var dog ingen oplysninger i anvisningerne eller EF-overensstemmelseserklæringen (figur 11.2) om den effektive udstrålede effekt (ERP) eller om den mest hensigtsmæssige anvendelsesmåde.

Efter en søgning på internettet fandt formanden oplysninger fra den ansvarlige myndighed for tjeneste om, at »PMR 446-radioudstyr skal være håndholdt, have en integreret antenne, have en maksimal effektiv udstrålet effekt på 500 mW og være i overensstemmelse med ETS 300 296«.

Figur 11.2. EF-overensstemmelseserklæring leveret med udstyret

EC Declaration of Conformity

We the manufacturer / Importer

Declare under our sole responsibility that the following product

Type of equipment: Private Mobile Radio

Model Name: _____

Country of Origin: _____

Brand: _____

complies with the essential protection requirements of R&TTE Directive 1999/5/EC on the approximation of the laws of the Council Directive 2004/108/EC on the approximation of the laws of the Member States relating to *electromagnetic compatibility (EMC)* and the European Community Directive 2006/95/EC relating to *Electrical Safety*.

Assessment of compliance of the product with the requirements relating to the essential requirements according to Article 3 R&TTE was based on Annex III of the Directive 1999/105/EC and the following standards:


EMC&RF:

EN 301-489-5 V1.3.1:(2002-08)
EN 301-489-1 V1.8.1:(2008-04)

EN 300-296-1 V1.1.1:(2001-03)
EN 300-296-2 V1.1.1:(2001-03)
EN 300-341-1 V1.3.1(200012)
EN 300-341-2 V1.1.1(200012)

Electrical Safety:

EN 60950-1:2006

 Waste electrical products must not be disposed of with household waste. This equipment should be taken to your local recycling centre for safe treatment.

The product is labelled with the European Approval Marking CE as show. Any Unauthorized modification of the product voids this Declaration.

Manufacturer / Importer
(signature of authorized person)

CE

Signature: (_____) London,

Signature: _____ Place & Date: 8th Aug, 2010

11.3. Sådan anvendes udstyret

Arbejdstagerne havde ikke fået undervisning i anvendelsen af udstyret. Formanden gennemførte en uformel undersøgelse af, hvordan arbejdstagerne holder apparatet, når de bruger det, og konstaterede, at de holder walkie-talkien foran eller på siden af ansigtet. Kommunikationen mellem arbejdstagerne var desuden generelt kortfattet og varede højst få tiendedele af et sekund pr. transmission.

11.4. Metode til vurdering af eksponering

Når eksponeringen fra sendere, der er placeret tæt på kroppen vurderes, skal overensstemmelsen med eksponeringsgrænseværdier bestemmes ved hjælp af computermodellering. Ideelt bør det gøres af fabrikanten. Hvis disse data ikke er tilgængelige, kan en vurdering udføres ved henvisning til offentliggjorte oplysninger om lignende apparater. (Undersøg også tabel 3.2 i kapitel 3 i vejledningens bind 1 for at afgøre, om udstyret på forhånd forudsættes at være i overensstemmelse med EMF-direktivet.)

11.5. Resultater af eksponeringsvurdering

Efter at have kontaktet offentlige myndigheder fik formanden oplysninger om offentliggjorte data fra computermodellering udført for et lignende apparat, der fungerer ved samme frekvenser (Dimbylow et al). Denne modellering viste, at den maksimale specifikke energiabsorptions hastighed (SAR) for en masse af 10 g sammenhængende væv er $3,9 \text{ Wkg}^{-1}$ pr. watt outputeffekt for alle positioner tæt på ansigtet.

For at vurdere eksponeringen i forhold til emissionsgrænseværdien for sundhedsmæssige virkninger for lokal eksponering i hovedet ved denne frekvens (10 Wkg^{-1}) skal eksponeringen beregnes som en middelværdi over 6 minutter. Da der er tale om tovejssamtaler, antog formanden, at den maksimale belastningscyklus ved transmission er 50 %. Ud fra modelleringsdataene konkluderede formanden, at apparatet skulle have en effektiv udstrålet effekt på mere end 5 W for at overskride emissionsgrænseværdien.

Fabrikanten havde ikke stillet oplysninger om walkie-talkiernes effektive udstrålede effekt til rådighed, men den ansvarlige myndighed havde allerede anført, at apparaterne ikke må overskride en effekt på 0,5 W. Formanden konkluderede derfor, at eksponeringen fra apparaterne ikke oversteg eksponeringsgrænseværdierne for sundhedsmæssige virkninger i EMF-direktivet.

11.6. Risikovurdering

Resultaterne af eksponeringsvurderingen viser, at brugen af walkie-talkies ikke overskrider de relevante eksponeringsgrænseværdier for sundhedsmæssige virkninger i EMF-direktivet. Der kan dog opstå interferens med medicinske anordninger, som arbejdstagere har fået implanteret eller bærer. Arbejdstagere med medicinske anordninger bør underkastes en individuel risikovurdering, hvor sikkerhedsforanstaltninger, som anbefales af deres læge, kan udpeges og gennemføres.

11.7. Forholdsregler, der allerede er truffet

Der er ikke truffet nogen forholdsregler.

11.8. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen

Formanden besluttede at gennemføre få enkelte foranstaltninger:

- Han gennemførte en »toolbox talk« med arbejdstagerne om, hvornår og hvordan de skulle bruge walkie-talkien, og hvordan de bør holde apparatet.
- De nuværende arbejdstagere blev bedt om at oplyse, om de var særligt udsatte, f.eks. om de havde en pacemaker.
- Alle nye arbejdstagere screenes nu for at undersøge, om de er særligt udsatte.

12. LUFTHAVNE

Kilderne til EMF i dette casestudie omfatter følgende:

- lufthavnsradar
- rundstrålende radiofyr
- afstandsmålingsradar.

12.1. Arbejdssted

Radaren, det rundstrålende radiofyr og afstandsmålingsradaren blev anvendt i en international lufthavn, der betjente passager- og fragtfly. Følgende arbejdssteder i lufthavnen blev undersøgt:

- radarudstyrshuset, hvor også RF-generatoren var placeret
- stålgermasten, som radarantennen var monteret på
- flyvekontrolltårnet
- udstyrshuset til radiofyret, hvor også RF-generatoren var placeret
- det indhegnede område, hvor radiofyrantennen var placeret
- lufthavnens brandstation, der var placeret tæt på radiofyret
- huset med afstandsmålingsradaren, hvor også RF-generatoren var placeret
- området omkring huset med afstandsmålingsradaren, som antennen var monteret på.

12.2. Arbejdets karakter

12.2.1. Radar

Det meste arbejde på radaren blev udført af lufthavnsteknikere i udstyrshuset. Disse arbejdstagere skulle også lejlighedsvis udføre arbejde på antennen. Andre lufthavnsarbejdere i kontrolltårnet, som var placeret ca. 80 m fra radaren og i samme højde, kan også være eksponeret for RF-stråling fra antennen og har udtrykt bekymring over dette.

12.2.2. Rundstrålende radiofyr

Det meste arbejde på radiofyret blev udført af lufthavnsteknikere i udstyrshuset. Disse arbejdstagere skal også lejlighedsvis opholde sig i det indhegnede område omkring radiofyret for at justere fyret, så det altid opfylder de korrekte outputspecifikationer. Denne justering udføres i et hus placeret et par meter fra antennen. Radiofyrets placering i forhold til lufthavnens brandstation gav også anledning til bekymring blandt lufthavnens brandmænd.

12.2.3. Afstandsmålingsradar

Det meste arbejde på afstandsmålingsradaren blev udført af lufthavnsteknikere i udstyrshuset. Disse arbejdstagere skal sjældent arbejde på selve antennen, men andre arbejdstagere i lufthavnen havde udtrykt bekymring over, at antennen kun var placeret 2,5 m over jordniveau uden adgangsbeskrænkning.

12.3. Information om udstyr, der genererer EMF

12.3.1. Radar

Radaren bestod af en RF-generator, der producerer pulser af RF-stråling, og en roterende antenne. RF-generatoren er installeret i et udstyrshus, og antennen er monteret oven på en stålgermest. Signalet fra RF-generatoren overføres til antennen af en rektangulær bølgeleder. Et eksempel på en lufthavnsradar vises i figur 12.1, og de tekniske specifikationer for radaren vises i tabel 12.1.

Figur 12.1. Eksempel på lufthavnsradar



Tabel 12.1. Tekniske specifikationer for lufthavnsradar

Driftsparameter	Værdi
Nominal transmissionsfrekvens	3 GHz
Nominal spidsværdi for outputeffekt	480-580 kW
Nominal middelværdi for outputeffekt	430 W
Pulslængde	0,75 til 0,9 μ s.
Frekvens for pulsgentagelse	995 Hz
Rotationshastighed for antenne	15 rpm

12.3.2. Rundstrålende radiofyrr

Det rundstrålende radiofyrr består af en RF-generator, der producerer et amplitudemoduleret RF-signal på 343 kHz med en maksimal effekt på 100 W, og en selvstående sender i form af en 15 m høj gittermast. Antennen er installeret i et indhegnet område, der også indeholder et hus med justeringsudstyret. RF-generator er installeret i et udstyrshus uden for det indhegnede antenneområde.

12.3.3. Afstandsmålingsradar

Afstandsmålingsradaren består af en RF-generator og en antenne, der er monteret på udstyrshuset. Afstandsmålingsradaren transmitterer pulser af RF-stråling som svar på signaler, der modtages fra fly, der nærmer sig lufthavnen. RF-signalerne sendes over et frekvensområde på 978-1213 MHz med en pulslængde på 3,5 μ s. Intervallet mellem pulser er mellem 12 og 36 μ s.

12.4. Sådan anvendes udstyret

Radaren, det rundstrålende radiofyrr og afstandsmålingsradaren er automatiserede og fjernstyres. Ændringer og lejlighedsvis vedligeholdelse af udstyret udføres af teknikere, der lejlighedsvis også opholder sig i nærheden af antenner. I alle tilfælde slukkes der for RF-generatoren, når en arbejdstager skal have adgang til antennen.

12.5. Metode til vurdering af eksponering

Eksponeringer blev målt af en ekstern konsulent ved brug af specialudstyr (f.eks. en ridgeguidemodtageantenne, der er forbundet med en spektrumanalysator, som giver en detaljeret vurdering af eksponeringen fra det pulserende radarsignal på forskellige steder, og en RF-probe med tre akser). Målingerne blev foretaget på steder, der er tilgængelige for arbejdstagere, når udstyret sender.

12.5.1. Radar

Som følge af karakteren af radarsignaltransmission (RF-signalet består af korte pulser, og antennen drejer) er eksponeringen ikke kontinuerlig på noget sted, og der skulle derfor udføres en detaljeret eksponeringsvurdering med hensyn til størrelser:

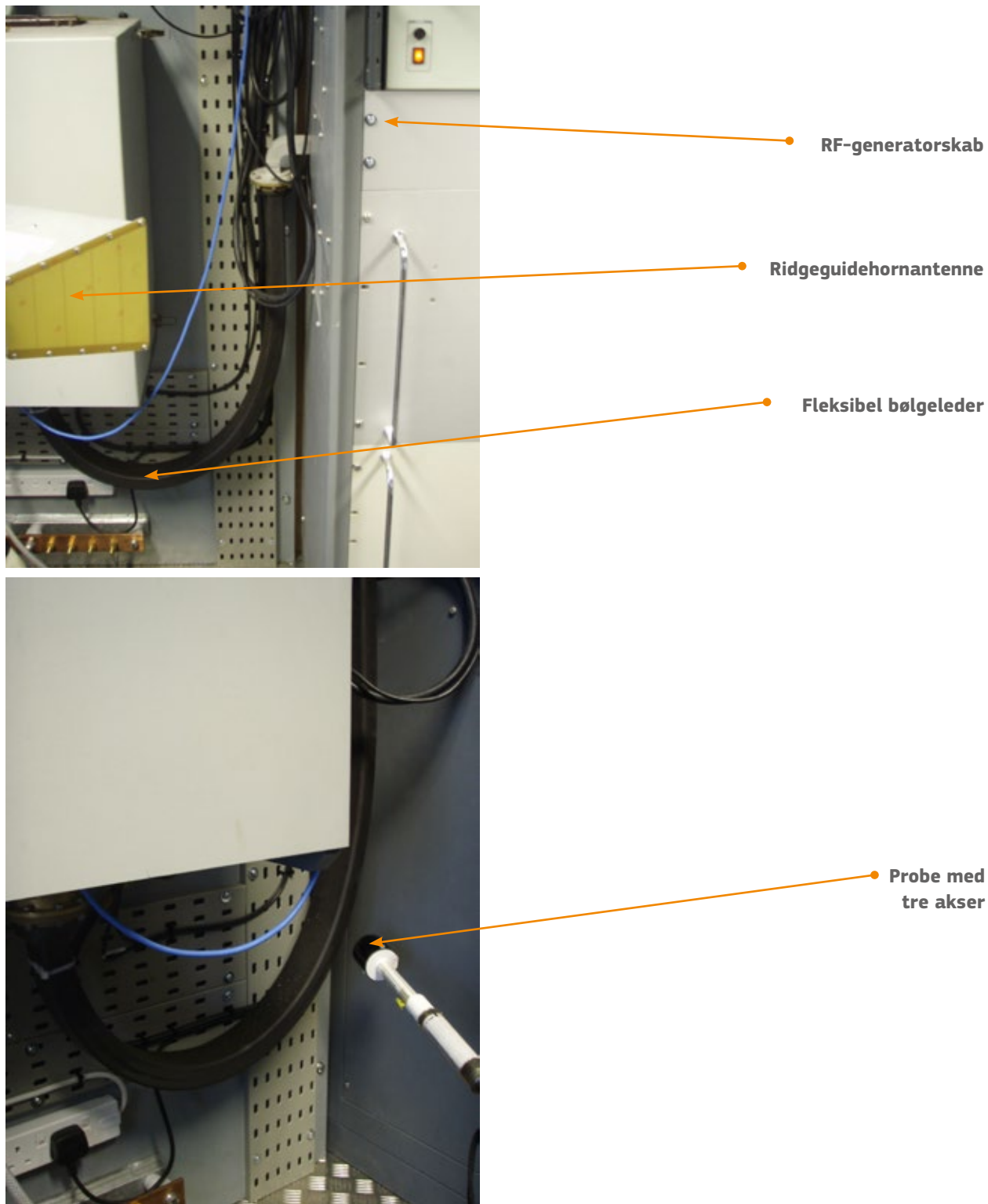
- spidseffekttheden, som er et mål for den eksponering, som en arbejdstager udsættes for fra hver enkelt puls i RF-signalet
- middeffekttheden, som beregnes ud fra spidseffekttheden og er et mål for eksponeringen beregnet som middelværdi for flere minutter under hensyntagen til radarsignalet pulserende karakter og antennens rotationsperiode.

Effekttheden blev målt på fire steder i kontrollårnet ved brug af ridgeguideantennen og spektrumanalysatoren.

Den elektriske feltstyrke blev også målt flere steder ved hjælp af RF-proben.

Der blev foretaget målinger i udstyrshuset, på antennemasten, tæt på bølgelederen (med særligt fokus på tilslutningsflanger og fleksible bølgeledersektioner (figur 12.2)), kontrollårnet og andre områder omkring radaren, der var tilgængelige for arbejdstagere, herunder særligt udsatte.

Figur 12.2. Målinger foretages omkring en fleksibel bølgeleder i et radarudstyrshus



12.5.2. Rundstrålende radiofyre

Den elektriske feltstyrke blev målt ved hjælp af RF-proben på steder, der er tilgængelige for arbejdstagere omkring radiofyret, med særligt fokus på de områder, som lufthavnsteknikere og lufthavnsbrandfolk har adgang til.

12.5.3. Afstandsmålingsradar

Den elektriske feltstyrke blev målt ved hjælp af RF-proben i udstyrshuset og adgangspunktet nærmest antennen uden for huset, som var repræsentativt for en arbejdstager, der rækker hen imod antennen med hånden, mens vedkommende står på jorden.

12.6. Resultater af eksponeringsvurdering

Måleresultaterne blev sammenlignet med de relevante aktionsniveauer, og de væsentlige resultater af eksponeringsvurderingen vises i tabel 12.2, 12.3 og 12.4. Ved vurderingen af særligt udsatte arbejdstageres eksponering sammenlignede han med referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) (se bilag E i vejledningens bind 1).

Tabel 12.2. Opsummering af væsentlige resultater af eksponeringsvurdering for radar

Beliggenhed	Målt størrelse	Resultat	Eksponeringsprocentdel	
			Relevant aktionsniveau ^(1,2)	Reference-niveau i Rådets henstilling (1999/519/EF) ⁽³⁾
Tag af ATC-tårn	Spidseffektæthed	33 000 Wm ⁻²	66 %	330 %
	Middelværdi for effektæthed	0,012 Wm ⁻²	0,024 %	0,12 %
Udstyrshus	Maksimal elektrisk feltstyrke	< 0,1 Vm ⁻¹	< 0,1 %	< 0,2 %
10 cm fra fleksibel bølgeleder uden for udstyrshus		29 Vm ⁻¹	21 %	48 %
Position af torso, når person står ved nærmeste adgangspunkt til antenne på antennemast		31 Vm ⁻¹	22 %	51 %

⁽¹⁾ Det blev bemærket, at der ikke er anført aktionsniveauer i EMF-direktivet for effektætheden af RF-stråling ved frekvenser under 6 GHz, som er særligt relevant for pulserende RF-signaler. Konsulenten henviste derfor i overensstemmelse med betragtning 15 til EMF-direktivet til følgende retningslinjer fra International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), for så vidt angår vurderingen af eksponering for pulserende RF-stråling fra radar:

— erhvervs-mæssigt referenceniveau for spidseffektæthed for pulserende RF-stråling for frekvenser i området 2-300 GHz: 50 000 Wm⁻²
 — erhvervs-mæssigt referenceniveau for midleffektæthed for frekvenser i området 2-300 GHz: 50 Wm⁻².

⁽²⁾ Aktionsniveau for elektrisk feltstyrke for frekvenser i området 2-6 GHz: 140 Vm⁻¹.

⁽³⁾ Referenceniveauer i Rådets henstilling (1999/519/EF):

— spidseffektæthed for pulserende RF-stråling for frekvenser i området 2-300 GHz: 10 000 Wm⁻²
 — midleffektæthed for frekvenser i området 2-300 GHz: 10 Wm⁻²
 — elektrisk feltstyrke for frekvenser i området 2-300 GHz: 61 Vm⁻¹.

Bemærk: Måleusikkerheden blev anslået til ±2,7 dB, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) sammenlignet direkte med aktionsniveauet/referenceniveauet.

Tabel 12.3. Opsummering af væsentlige resultater af eksponeringsvurdering for radiofyre

Sted	Eksponeringsprocentdel			Referenceniveau i Rådets henstilling (1999/519/EF) ⁽³⁾
	Maksimal elektrisk feltstyrke (Vm ⁻¹)	Lavt aktionsniveau ⁽¹⁾	Højt aktionsniveau ⁽²⁾	
Udstyrshus	100	59 %	17 %	120 %
Brandstationens mandskabsrum	< 0,1	< 0,1 %	< 0,1 %	< 0,2 %
Hegn omkring område for radiofyre	270	160 %	45 %	310 %

⁽¹⁾ Lavt aktionsniveau for elektrisk feltstyrke for frekvenser i området 3 kHz-10 MHz: 170 Vm⁻¹.

⁽²⁾ Højt aktionsniveau for elektrisk feltstyrke for frekvenser i området 3 kHz-10 MHz: 610 Vm⁻¹

⁽³⁾ Referenceniveau i Rådets henstilling (1999/519/EF) for elektrisk feltstyrke for frekvenser i området 150 kHz-1 MHz: 87 Vm⁻¹

Bemærk: Måleusikkerheden blev anslået til ±2,7 dB, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) sammenlignet direkte med aktionsniveauerne/referenceniveauet.

Tabel 12.4. Opsummering af væsentlige resultater af eksponeringsvurdering for afstandsmålingsradar

Sted	Eksponeringsprocentdel		
	Maksimal elektrisk feltstyrke (Vm ⁻¹)	Aktionsniveau ⁽¹⁾	Referenceniveau i Rådets henstilling (1999/519/EF) ⁽²⁾
Udstyrshus		< 0,1	< 0,2 %
2,5 m over jordniveau, 0,6 m fra antenne		14	15 %

⁽¹⁾ Det mest restriktive aktionsniveau for elektrisk feltstyrke for frekvenser i området for afstandsmålingsradartransmission fra 978 til 1 213 MHz: 94 Vm⁻¹

⁽²⁾ Det mest restriktive referenceniveau i Rådets henstilling (1999/519/EF) for elektrisk feltstyrke for frekvenser i området for afstandsmålingsradartransmission fra 978 til 1 213 MHz: 43 Vm⁻¹

Bemærk: Måleusikkerheden blev anslået til ±2,7 dB, og resultaterne blev i overensstemmelse med metoden baseret på »fælles risiko« (se bilag D5 i vejledningens bind 1) sammenlignet direkte med aktionsniveauet/referenceniveauet.

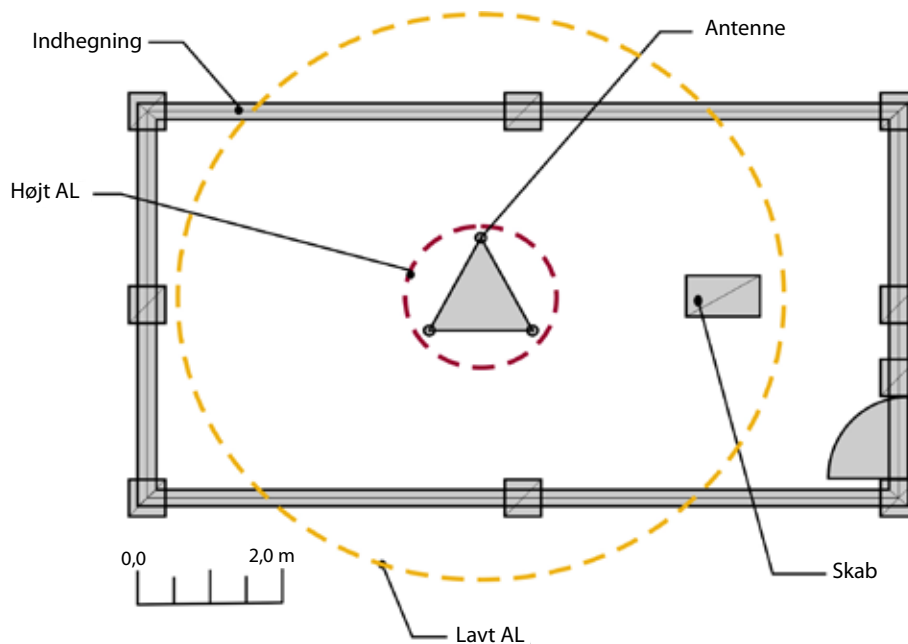
12.6.1. Radar

Ifølge resultaterne af eksponeringsvurderingen er eksponeringen for RF-stråling fra radaren under EMF-direktivets aktionsniveauer. Vurderingen fremhævede dog nogle områder, hvor referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) blev overskredet, men særligt udsatte arbejdstagere vil næppe opholde sig i disse områder.

12.6.2. Rundstrålende radiofyre

Ifølge resultaterne af eksponeringsvurderingen er eksponeringen for RF-stråling fra radiofyret over det lave aktionsniveau for elektriske felter (figur 12.3) og over referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) i områder uden for hegn omkring radiofyret. Arbejdstagere, herunder særligt udsatte, kan opholde sig i disse områder.

Figur 12.3. Planvisning af det område, hvor aktionsniveauerne kan blive overskredet omkring det rundstrålende radiofyret



12.6.3. Afstandsmålingsradar

Ifølge resultaterne af eksponeringsvurderingen er eksponeringen for RF-stråling fra afstandsmålingsradaren under det lave aktionsniveau og under referenceniveauerne i Rådets henstilling (1999/519/EF) i alle tilgængelige områder omkring afstandsmålingsradaren.

12.7. Risikovurdering

Lufthavnsoperatøren udførte risikovurderinger af radaren, det rundstrålende radiofyret og afstandsmålingsradaren baseret på konsulentens eksponeringsvurdering. Dette var i overensstemmelse med den metode, der anbefales af OiRA (EU-OSHA's platform for interaktiv onlinerisikovurdering). Risikovurderingen konkluderede, at:

- særligt udsatte arbejdstagere kan blive udsat for fare fra radaren på taget af kontrollårnet
- arbejdstagere, herunder særligt udsatte, havde uhindret adgang til områder omkring radiofyret, hvor det lave aktionsniveau for sensoriske virkninger blev overskredet, fordi hegnet var placeret for tæt på senderen
- arbejdstagere vil næppe blive udsat for fare i forbindelse med afstandsmålingsradaren.

Lufthavnsoperatøren udviklede en handlingsplan med udgangspunkt i risikovurderingen, og den blev dokumenteret.

Eksempler på EMF-specifikke risikovurderinger for radaren, radiofyret og afstandsmålingsradaren vises i tabel 12.5, 12.6 og 12.7

Tabel 12.6. EMF-specifik risikovurdering for rundstrålende radiofyre

Farer	Eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger	Udsatte personer	Alvorlighed			Sandsynlighed			Risikovurdering	Nye forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger
			Mindre	Alvorlig	Dødelig	Usandsynlig	Mulig	Sandsynlig		
Direkte virkninger af RF-felter	Fysisk begrænsning af adgang til indhegnet område omkring senderen for uautoriserede personer	Teknikere	✓				✓		Lav	Flyt indhegning, så den indhegner hele det område, hvor den elektriske feltstyrke overskrider det lave aktionsniveau.
	En simpel procedure til at sikre, at der slukkes for senderen, når en arbejdstager skal have adgang til området tæt på antennen	Lufthavnsarbejdere	✓				✓		Lav	Indsæt specifikke advarsler i sikkerhedsmateriale til arbejdstagere. Opsæt advarselsskilte om RF-faren på adgangspunkter til det indhegnede område omkring radiofyret.
	Kun advarselsskilte om risiko for elektrisk stød	Særligt udsatte arbejdstagere (herunder gravide arbejdstagere)	✓				✓		Lav	Udarbejd en procedure for justering af radiofyret. Undervis teknikere, der foretager justering af radiofyrets signaler, i bevidsthed om RF-sikkerhed.
Indirekte virkninger af RF-felter (interferens med medicinske implantater)	Kun advarselsskilte om risiko for elektrisk stød Alle arbejdstagere instrueres i at oplyse det til lufthavnsoperatøren, hvis de får implanteret en medicinsk anordning.	Særligt udsatte arbejdstagere		✓			✓		Medium	Se ovenfor

Table 12.7. EMF-specific risk assessment for range-finding radar

Farer	Eksisterende forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger	Udsatte personer	Alvorlighed			Sandsynlighed			Risikovurdering	Nye forebyggelses- og beskyttelsesforanstaltninger
			Mindre	Alvorlig	Dødelig	Usandsynlig	Mulig	Sandsynlig		
Direkte virkninger af RF-felter	En simpel procedure til at sikre, at der slukkes for senderen, når en arbejdstager skal have adgang til området tæt på antennen	Teknikere	✓			✓			Lav	Ingen
		Lufthavnsarbejdere	✓			✓			Lav	
		Særligt udsatte arbejdstagere (herunder gravide arbejdstagere)	✓			✓			Lav	
Indirekte virkninger af RF-felter (interferens med medicinske implantater)	Alle arbejdstagere instrueres i at oplyse det til lufthavnsoperatøren, hvis de får implanteret en medicinsk anordning.	Særligt udsatte arbejdstagere		✓		✓			Lav	Ingen

12.8. Forholdsregler, der allerede er truffet

12.8.1. Radar

Der er truffet en række beskyttelses- og forebyggelsesforanstaltninger i forbindelse med radaren, herunder:

- Udstyrshuset og antennemasten er placeret i et område omgivet af et sikkert hegn.
- Døren til udstyrshuset og lågen til det indhegnede område er låst, når det er ubemandet, og kun autoriseret personale har adgang til nøglerne.
- Trappen til antennemasten er låst bag en separat låge inden for det indhegnede område.
- Advarselsskilte (figur 12.4) var opsat på lågen til radarområdet og lågen til trappen til antennemasten.
- Sikkerhedsafbrydere på RF-generatorskabet i udstyrshuset.
- En simpel procedure til at sikre, at der slukkes for RF-generatoren, når en arbejdstager skal have adgang til antennen.
- Sikkerhedsforanstaltning, som sikrer, at der slukkes for RF-generatoren, når radaren ikke roterer.
- Alle lufthavnsarbejdere instrueres i at oplyse det til lufthavnsoperatøren, hvis de får implanteret en medicinsk anordning.

Figur 12.4. Advarselsskilte på låge til indhegnet radarområde (venstre) og låge til antennemast (højre)



12.8.2. Rundstrålende radiofyre

Inden konsulentens eksponeringsvurdering var der kun indført ganske få beskyttelses- og forebyggelsesforanstaltninger. De var begrænset til:

- en indhegning omkring senderen
- advarselsskilte om risikoen for elektrisk stød var på hegnet omkring radiofyret
- en simpel procedure til at sikre, at der slukkes for RF-generatoren, når en arbejdstager skal have adgang til antennemasten
- alle lufthavsarbejdere instrueres i at oplyse det til lufthavsoperatøren, hvis de får implanteret en medicinsk anordning.

12.8.3. Afstandsmålingsradar

En simpel procedure til at sikre, at der slukkes for senderen, når en arbejdstager skal have adgang til området tæt på antennen, var indført inden eksponeringsvurderingen.

12.9. Yderligere forholdsregler som følge af vurderingen

12.9.1. Radar

De eksisterende beskyttelses- og forebyggelsesforanstaltninger sikrer, at lufthavsarbejders eksponeringer generelt er under de relevante aktionsniveauer og referenceniveauer i Rådets henstilling (1999/519/EF) for de områder, hvor der er foretaget målinger. Den eneste undtagelse er taget på kontrollårnet, hvor særligt udsatte arbejdstagere kan udsættes for fare fra eksponering for RF-strålingen fra radaren. Det blev dog anset for usandsynligt, at sådanne arbejdstagere fik pålagt at gå derop.

Som resultat af eksponeringsvurderingen gennemførte lufthavsoperatøren en række mindre tiltag efter råd fra konsulenten:

- Advarselsskilte med piktogrammet for udstrålende antenner og teksten »Forsigtig Ikkeioniserende stråling« blev sat på døren til kontrollårnets tag.
- Lufthavsarbejdere fik genopfrisket betydningen af at underrette lufthavsoperatøren, hvis de får implanteret en medicinsk anordning.

- Advarsler specifikt vedrørende farer for ikkeioniserende stråling i forbindelse med radaren blev indsat i sikkerhedsmaterialet til arbejdstagere.

Selv om denne foranstaltning ikke blev gennemført i dette tilfælde, skal det bemærkes, at en yderligere beskyttelsesforanstaltning, såkaldt »sector blanking«, hvor radartransmissionen fungerer ved reduceret effekt i et fastsat rotationsområde, kan overvejes, hvis en eksponeringsvurdering påviser en betydelig risiko for RF-stråling fra en radar. Dette kræver, at radaren programmeres til at reducere eller slukke for RF-strålingen i den rotationsperiode, hvor antennen vender mod det område, der skal beskyttes. Brugen af denne foranstaltning skal dog overvejes meget nøje, og dens fordele skal opvejes mod risiciene i forbindelse med de huller i overvågningsdataene, der opstår, når radaren sender med reduceret effekt.

12.9.2. Rundstrålende radiofyr

De eksisterende beskyttelses- og forebyggelsesforanstaltninger blev betegnet som utilstrækkelige, og adskillige nye foranstaltninger blev gennemført.

Som resultat af eksponeringsvurderingen gennemførte lufthavnsoperatøren flere tiltag efter råd fra konsulenten:

- Indhegningen omkring radiofyret blev flyttet længere væk fra senderen, så det dækkede det område, hvor den elektriske feltstyrke oversteg det lave aktionsniveau. Det blev bemærket, at man som alternativ til at flytte indhegningen kunne have givet de arbejdstagere, der skal have adgang til området, yderligere oplæring, men flytningen af hegnet var en enklere og mere effektiv løsning.
- Advarselsskilte med piktogrammet for udstrålende antenner og teksten »Forsigtig Ikkeioniserende stråling« blev sat på lågen til det indhegnede område omkring radiofyret.
- En procedure for justering af radiofyret blev udarbejdet.
- Teknikere, der skal foretage justering af radiofyret inden for det indhegnede område, fik undervisning i bevidsthed om RF-stråling.
- Lufthavnsarbejdere fik genopfrisket betydningen af at underrette lufthavnsoperatøren, hvis de får implanteret en medicinsk anordning.
- Advarsler specifikt vedrørende farer for ikkeioniserende stråling i forbindelse med radiofyret blev indsat i sikkerhedsmaterialet til arbejdstagere.

12.9.3. Afstandsmålingsradar

- Der blev ikke gennemført yderligere beskyttelses- og forebyggelsesforanstaltninger, da de eksisterende foranstaltninger blev betegnet som tilstrækkelige.

»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

