



Europeiska
kommissionen

Praktisk vägledning
för god praxis
vid tillämpningen av
direktiv 2013/35/EU

Elektromagnetiska fält

Volym 2: Fallstudier

Denna publikation har mottagit ekonomiskt stöd från Europeiska unionens program för sysselsättning och social innovation (EaSI) (2014–2020).

Mer information finns på <http://ec.europa.eu/social/easi>

Praktisk vägledning
för god praxis
vid tillämpningen av
direktiv 2013/35/EU

Elektromagnetiska fält

Volym 2
Fallstudier

Europeiska kommissionen
Generaldirektoratet
för sysselsättning, socialpolitik och inkludering
Enhet B3

Manuskriptet färdigställdes i november 2014

Varken Europeiska kommissionen eller någon annan part som verkar i kommissionens namn kan ta ansvar för hur informationen i denna publikation används.

Länkarna i publikationen var korrekta vid den tidpunkt då manuskriptet färdigställdes.

Omslagsfoto: © corbis

För all användning eller återgivning av foton som inte omfattas av Europeiska unionens upphovsrätt måste tillstånd sökas direkt från innehavaren av upphovsrätten.

Europa Direkt är en tjänst som hjälper dig att få svar
på dina frågor om Europeiska unionen.

Ring gratis på telefonnummer (*)

00 800 6 7 8 9 10 11

(*) Den information som tillhandahålls är kostnadsfri, liksom de flesta telefonsamtal (vissa operatörer, telefonkiosker eller hotell kan ta ut en samtalsavgift).

En stor mängd övrig information om Europeiska unionen är tillgänglig på internet via Europa-servern (<http://europa.eu>).

Luxemburg: Europeiska unionens publikationsbyrå, 2015

ISBN 978-92-79-45950-4

doi:10.2767/684009

© Europeiska unionen, 2015

Kopiering tillåten med angivande av källan.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Fallstudier.....	7
1. Kontor.....	9
1.1 Arbetsplats.....	9
1.2 Arbetets art.....	9
1.3 Bedömningssätt.....	10
1.4 Resultat av bedömningen.....	10
1.5 Riskbedömning.....	10
1.6 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder.....	11
1.7 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen.....	11
2. NMR-spektrometer.....	12
2.1 Arbetsplats.....	12
2.2 Arbetets art.....	12
2.3 Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält.....	12
2.4 Sätt att bedöma exponering.....	13
2.5 Resultat av exponeringsbedömningen.....	14
2.6 Riskbedömning.....	14
2.7 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder.....	15
2.8 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen.....	16
3. Elektrolys.....	16
3.1 Arbetsplats.....	17
3.2 Arbetets art.....	17
3.3 Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält.....	17
3.3.1 Elektrolysörrummet.....	17
3.3.2 Likriktarutrymmen.....	18
3.4 Användning.....	20
3.5 Sätt att bedöma exponering.....	20
3.5.1 Elektrolysörrummet.....	21
3.5.2 Likriktarutrymmen.....	21
3.6 Resultat av exponeringsbedömningen.....	22
3.6.1 Elektrolysörrummet.....	23
3.6.2 Likriktarutrymmen.....	27
3.7 Riskbedömning.....	29
3.8 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder.....	31
3.9 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen.....	31
3.10 Ytterligare informationskällor.....	31
4. Hälso- och sjukvård.....	32
4.1 Arbetsplats.....	32
4.2 Arbetets art.....	32
4.3 Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält.....	32
4.3.1 Elektrokirurgiska enheter.....	32
4.3.2 Transkraniell magnetstimulering.....	33
4.3.3 Kortvågsdiatermi.....	34
4.4 Användning.....	34
4.4.1 Elektrokirurgiska enheter.....	34

4.4.2	Transkraniell magnetstimulering.....	34
4.4.3	Kortvågsdiatermi.....	35
4.5	Sätt att bedöma exponering.....	35
4.6	Resultat av exponeringsbedömningen.....	36
4.6.1	Elektrokirurgisk enhet.....	36
4.6.2	TMS-apparat.....	39
4.6.3	Kortvågsdiatermi.....	43
4.7	Riskbedömning.....	43
4.7.1	Elektrokirurgisk enhet.....	43
4.7.2	TMS-enhet.....	43
4.8	Redan vidtagna säkerhetsåtgärder.....	46
4.9	Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen.....	46
4.9.1	Elektrokirurgisk enhet.....	46
4.9.2	TMS-enhet.....	46
4.9.3	Kortvågsdiatermi.....	47
5.	Verkstad.....	48
5.1	Arbetsplats.....	48
5.2	Arbetets art.....	48
5.3	Användning.....	48
5.3.1	Magnetpulverprovning.....	48
5.3.2	Avmagnetiserare.....	49
5.3.3	Planslipmaskin.....	50
5.3.4	Andra verktyg som används i verkstaden.....	50
5.4	Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält.....	51
5.5	Sätt att bedöma exponering.....	51
5.6	Resultat av exponeringsbedömningen.....	51
5.6.1	Magnetpulverprovning.....	51
5.6.2	Avmagnetiserare.....	52
5.6.3	Planslipmaskin.....	54
5.6.4	Andra verktyg som används i verkstaden.....	54
5.7	Riskbedömning.....	55
5.8	Redan vidtagna säkerhetsåtgärder.....	59
5.9	Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen.....	59
5.10	Ytterligare informationskällor.....	61
6.	Bilindustri.....	63
6.1	Arbetsplats.....	63
6.2	Arbetets art.....	63
6.3	Användning.....	63
6.4	Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält.....	65
6.5	Sätt att bedöma exponering.....	67
6.6	Resultat av exponeringsbedömningarna.....	68
6.6.1	Resultat från exponeringsbedömning av punktsvetsmaskinerna.....	69
6.6.2	Resultat från exponeringsbedömningen av induktionsvärmarna i bilplåtslageriet.....	71
6.7	Slutsatser av exponeringsbedömningarna.....	72
6.8	Riskbedömning.....	74
6.9	Redan vidtagna säkerhetsåtgärder.....	74
6.10	Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningarna.....	75
6.11	Punktsvetsmaskiner inom fordonstillverkning.....	76
6.11.1	Bedömning av punktsvetsmaskiner i en fabrik.....	76
6.11.2	Mätresultat för punktsvetsmaskiner i en fabrik.....	78
6.11.3	Mätresultat för punktsvetsmaskiner i fabrik när det gäller insatsnivåer.....	80
6.11.4	Mätresultat för punktsvetsmaskiner i fabrik när det gäller gränsvärden för exponering.....	80

7. Svetsning	83
7.1 Arbetsplats.....	83
7.2 Arbetets art.....	83
7.3 Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält.....	83
7.3.1 Punktsvetsmaskiner.....	83
7.3.2 Sömsvetsmaskin.....	84
7.4 Användning.....	85
7.5 Sätt att bedöma exponering.....	85
7.6 Resultat av exponeringsbedömningen.....	86
7.6.1 Bänkpunktsvetsmaskin.....	86
7.6.2 Bärbar upphängd punktsvetsmaskin.....	87
7.6.3 Sömsvetsmaskin.....	89
7.7 Riskbedömning.....	90
7.8 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder.....	94
7.9 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen.....	94
7.10 Ytterligare informationskällor.....	95
7.10.1 Bänkpunktsvetsmaskin.....	95
7.10.2 Bärbar upphängd punktsvetsmaskin.....	96
7.10.3 Sömsvetsmaskin.....	96
8. Metallurgisk tillverkning	98
8.1 Arbetsplats.....	98
8.2 Arbetets art.....	98
8.3 Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält och hur den används.....	98
8.3.1 Produktionsanläggning för små volymer av legeringar.....	98
8.3.2 Produktionsanläggning för ferrotitan.....	99
8.3.3 Stor elektrisk smältanläggning.....	99
8.3.4 Ljusbågsugnsanläggning.....	100
8.3.5 Laboratorium för analystjänster.....	100
8.4 Sätt att bedöma exponering.....	101
8.4.1 Produktionsanläggning för små volymer av legeringar.....	101
8.4.2 Produktionsanläggning för ferrotitan.....	101
8.4.3 Stor elektrisk smältanläggning.....	101
8.4.4 Ljusbågsugnsanläggning.....	102
8.4.5 Laboratorium för analystjänster.....	102
8.5 Resultat av exponeringsbedömningen.....	102
8.5.1 Inledande exponeringsbedömning.....	102
8.5.2 Ingående exponeringsbedömning av induktionsugn i en produktionsanläggning för små volymer av legeringar.....	104
8.6 Riskbedömning.....	106
8.7 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder.....	108
8.8 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen.....	108
8.9 Ytterligare informationskällor.....	109
9. RF-plasmautrustning	112
9.1 Arbetets art.....	112
9.2 Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält.....	112
9.3 Användning.....	113
9.4 Sätt att bedöma exponering.....	113
9.5 Resultat av exponeringsbedömningen.....	115
9.6 Riskbedömning.....	116
9.7 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder.....	117
9.8 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen.....	118

9.9	Ytterligare upplysningar	119
10.	Takantenner	120
10.1	Arbetsplats.....	120
10.2	Arbetets art	120
10.3	Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält.....	121
10.4	Användning.....	123
10.5	Sätt att bedöma exponering.....	123
10.6	Resultat av exponeringsbedömningen.....	124
10.7	Riskbedömning	125
10.8	Redan vidtagna säkerhetsåtgärder.....	126
10.9	Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen.....	127
11.	Walkie-talkie	128
11.1	Arbetsplats.....	128
11.2	Arbetets art	128
11.3	Användning.....	130
11.4	Sätt att bedöma exponering.....	130
11.5	Resultat av exponeringsbedömningen.....	130
11.6	Riskbedömning	130
11.7	Redan vidtagna säkerhetsåtgärder.....	131
11.8	Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen.....	131
12.	Flygplats.....	132
12.1	Arbetsplats.....	132
12.2	Arbetets art	132
12.2.1	Radar.....	132
12.2.2	Rundstrålande radiofyr.....	132
12.2.3	Avståndsmätning utrustning.....	133
12.3	Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält.....	133
12.3.1	Radar.....	133
12.3.2	Rundstrålande radiofyr.....	134
12.3.3	Avståndsmätning utrustning.....	134
12.4	Användning.....	134
12.5	Sätt att bedöma exponering.....	134
12.5.1	Radar.....	134
12.5.2	Rundstrålande radiofyr.....	136
12.5.3	Avståndsmätning utrustning.....	136
12.6	Resultat av exponeringsbedömningen.....	136
12.6.1	Radar.....	137
12.6.2	Rundstrålande radiofyr.....	137
12.6.3	Avståndsmätning utrustning.....	138
12.7	Riskbedömning	138
12.8	Redan vidtagna säkerhetsåtgärder.....	141
12.8.1	Radar.....	141
12.8.2	Rundstrålande radiofyr.....	142
12.8.3	Avståndsmätning utrustning.....	142
12.9	Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen.....	142
12.9.1	Radar.....	142
12.9.2	Rundstrålande radiofyr.....	143
12.9.3	Avståndsmätning utrustning.....	143

FALLSTUDIER

Dessa fallstudier ingår i volym 2 i den icke-bindande vägledningen för god praxis vid tillämpningen av direktivet om elektromagnetiska fält (2013/35/EU). Den ska läsas tillsammans med vägledningens huvuddel i volym 1.

Fallstudierna har tagits fram för en rad olika yrkessektorer, huvudsakligen för dem som arbetar på små och medelstora företag. De bygger på faktiska bedömningar av verkliga situationer. Eftersom vissa av bedömningarna är invecklade har de dock förenklats eller sammanfattats så att de blir mer användbara för läsaren och så att volymens sammanlagda omfång begränsas. Syftet är att visa hur arbetsgivarna praktiskt kan hantera risker som har samband med exponeringen för elektromagnetiska fält. De omfattar exempel på god praxis.

Vissa av fallstudierna innehåller konturplottar som ska ge en schematisk bild (planritning) av de uppmätta (eller beräknade) exponeringsnivåerna kring utrustningen.

I vissa av fallstudierna återges resultaten av datormodellering genom färgplottar för maximalt inducerat elektriskt fält eller specifik energiabsorption per tids- och massenhet i 2 mm³ voxlar som används i uppbyggnaden av den mänskliga modellen. Syftet med dessa plottar är att ge en schematisk bild av var fältet absorberas i människokroppen, snarare än exakta uppgifter om fältens storlek. I lågfrekvensplottarna visas maximala inducerade elektriska fält, inte 99 procents inducerade elektriska fält (som används vid jämförelser med ELV).

Följande fallstudier ingår i volymen:

- 1 **Kontor**
- 2 **NMR-spektrometer**
- 3 **Elektrolys**
- 4 **Hälso- och sjukvård**
- 5 **Verkstad**
- 6 **Bilindustri**
- 7 **Svetsning**
- 8 **Metallurgisk tillverkning**
- 9 **RF-plasmautrustning**
- 10 **Takantenner**
- 11 **Walkie-talkie**
- 12 **Flygplats**

1. KONTOR

1.1 Arbetsplats

Denna fallstudie avser en grupp kontor på ett medelstort teknikföretag. På kontoren finns vanlig elektrisk kontorsutrustning för nätdrift. Datorerna är en kombination av bordsdatorer, anslutna till ett lokalt nät (LAN), bärbara datorer för trådlöst nät och en nätserver. Det finns även ett litet kök för arbetstagarna. Den elektriska köksutrustningen omfattar en vattenkokare, ett kylskåp och en mikrovågsugn. I ett separat rum finns även en större central nätserver. Tillträdet till kontorslokalerna kontrolleras genom ett system för radiofrekvensidentifiering (RFID), och varje arbetstagare har ett tillträdeskort. Kontorschefen beslutade att se över kontorets riskbedömning efter att kolleger hade berättat om den nya lagstiftningen för tillämpning av direktivet om elektromagnetiska fält.

1.2 Arbetets art

Kontorsanställda sitter mycket framför datorn och ringer med trådlösa telefoner (DECT) och mobiltelefoner. Man kommer in på kontoren genom att hålla upp tillträdeskort på snoddar nära dörrarnas RFID-lås. Vissa av dessa källor till elektromagnetiska fält visas i figur 1.1. Alla arbetstagare kan använda köket för att tillreda varma drycker och värma upp mat i mikrovågsugnen.

Figur 1.1 – Källor till elektromagnetiska fält på kontoret



1.3 Bedömningsätt

Kontorschefen gick runt på kontoret och noterade den elektriska utrustningen, bland annat utrustning som alstrar elektromagnetiska fält, och talade med personalen för att förvissa sig om att inget hade förbisetts. Chefen läste igenom första avsnittet av den icke-bindande vägledningen för god praxis vid tillämpningen av direktiv 2013/35/EU om elektromagnetiska fält, och insåg att bästa sättet att bedöma risken var att kontrollera om den identifierade utrustningen finns i tabell 3.2 i kapitel 3 av volym 1 i vägledningen. Om någon utrustning inte fanns med i tabellen kunde det bli aktuellt med ytterligare bedömning.

1.4 Resultat av bedömningen

Kontorschefen gjorde en lista över den elektriska utrustningen (tabell 1.1) och noterade om den förekom i tabell 3.2 i kapitel 3 av volym 1 i vägledningen.

Tabell 1.1 – Förteckning över elektrisk utrustning på kontoret

Post	Låg risk för alla arbetstagare (tabell 3.2, kapitel 3)	Bedömning krävs för arbetstagare med aktiva inopererade medicinska enheter (AIMD) eller medicintekniska produkter som bärs på kroppen (tabell 3.2, kapitel 3)	Anmärkingar
Datorer	✓		
Nätserver med avbrottsfri kraftförsörjning och nätkablar	✓		Den avbrottsfria kraftförsörjningens uteffekt är på samma nivå som den normala strömförsörjningens
Bärbara datorer (för trådlösa nät)		✓	
Trådlösa telefoner (DECT)		✓	
Elledningar	✓		
Mobiltelefoner		✓	
Kopiator	✓		
Hubbar för trådlösa nät		✓	
Vattenkokare	✓		
Kylskåp	✓		
Mikrovågsugn	✓		Ugnen måste vara välskött
RFID-läs		✓	

1.5 Riskbedömning

Resultaten av bedömningen visade att kontorsutrustningen i tabell 3.2 i kapitel 3 av volym 1 i vägledningen inte överskrider tillämpliga gränsvärden (ELV) för hälsoeffekter i direktivet om elektromagnetiska fält. Det finns dock en risk för att annan utrustning i tabell 3.2 kan störa aktiva inopererade medicinska enheter (AIMD) eller medicintekniska produkter som bärs på kroppen. Riskbedömningen för elektromagnetiska fält i tabell 1.2 lades till i den allmänna riskbedömningen för kontoret.

1.6 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder

Mikrovågsugnens allmänna skick kontrolleras regelbundet i samband med rutinkontrollen av säkerheten på kontoret.

1.7 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen

Kontorschefen vidtog några enkla åtgärder:

- All ny utrustning av annan typ ska bedömas med hänsyn till direktivet om elektromagnetiska fält, för att se om riskbedömningens resultat förändras.
- Om en kontorsanställd har en aktiv inopererad medicinsk enhet som innebär särskilda risker går kontorschefen och arbetstagaren igenom informationen från arbetstagarens läkare.

Tabell 1.2 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält som kompletterar den allmänna riskbedömningen för kontoret

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighets-grad			Sannolikhet	Risk-bedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig			
Elektromagnetisk strålning från mikrovågsugn	Regelbundna kontroller av ugnens allmänna skick, däribland skador på dörrtätningar, fönstergaller och spärrmekanismernas funktion	Alla arbetstagare	✓			✓	Låg	Inga
Interferens med aktiva inopererade medicinska enheter (AIMD) eller medicintekniska produkter som bärs på kroppen på grund av elektromagnetisk strålning	Inga	Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker	✓			✓	Låg	Se till att arbetstagare med medicinsk elektronisk utrustning genomgår en individuell riskbedömning när de kommer tillbaka till arbetet, så att säkerhetsåtgärder som rekommenderas av deras läkare kan fastställas och genomföras All ny utrustning måste bedömas

2. NMR-SPEKTROMETER

2.1 Arbetsplats

NMR-spektrometrar kan utgöra en risk på grund av starka statiska magnetfält. De används för att undersöka materialegenskaper, exempelvis för analys av kemiska föreningar inom tillverkningsindustrin. Denna fallstudie äger rum i ett läkemedelsföretag där NMR-enheterna är placerade i ett särskilt spektroskopilaboratorium. Det fanns planer på att köpa en ny enhet, och den skyddsansvarige ville se över riskbedömningen innan en åtgärdsplan utarbetades.

2.2 Arbetets art

Små prover av analysmaterialet matas in i NMR-enhetens vertikala rör (figur 2.1), antingen ett och ett för hand eller automatiskt i satser via ett karusellmagasin.

Figur 2.1 – NMR-enhet med provkarusell och laddningsplattform



2.3 Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält

Inför översynen samlade den skyddsansvarige in allmän information om NMR-enheter och noterade följande:

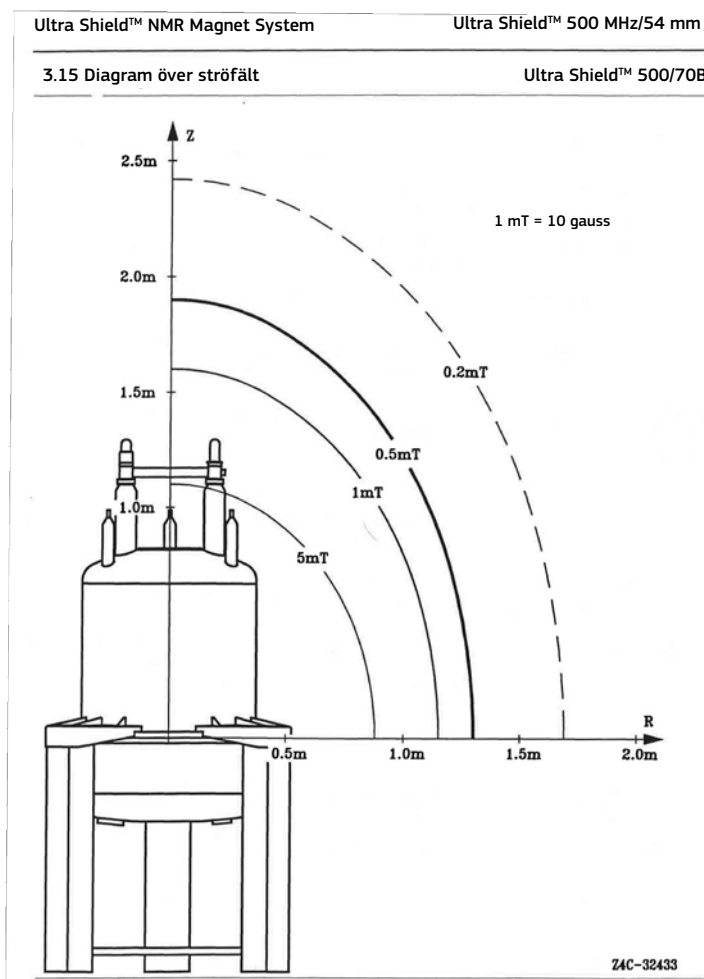
- Elektromagneten skapar ett starkt statiskt magnetfält (0 Hz). Flödestätheten varierar mellan ungefär 0,5 och 20 T, beroende på enhet. Små bordsenheter brukar ha permanenta magneter av sällsynt jordartsmagnetiskt material, medan större fristående enheter har supraledande magneter. Magneten är spänningssatt under lång tid för att öka fältets stabilitet, och det är inte möjligt att minska fältstyrkan när arbetstagare kommer nära.

- Tillverkarna har fortlöpande förbättrat konstruktionen och byggt in passiva och aktiva avskärmningar för att minska styrkan på det statiska magnetfält som kan nås av arbetstagarna. Det farliga magnetfältet kan därmed nästan helt begränsas till kryostaten. I äldre eller mindre väl avskärmade enheter kan det farliga magnetfältet sträcka sig några meter in i arbetsområdet.
- Dessa yttre magnetfält brukar vara förvrängda och leds av stålkonstruktioner (t.ex. balkar) i byggnaden.

2.4 Sätt att bedöma exponering

Den skyddsansvarige var medveten om att tillverkaren av den nya enheten kunde lämna uppgifter om styrkan på det statiska magnetfält som kan nås av arbetstagarna. Tillverkaren kunde framför allt beskriva risken för indirekta effekter, såsom projektilrisken som är förknippad med ferromagnetiska föremål eller interferens med medicinsk elektronisk utrustning. I enlighet med god praxis kunde tillverkaren tillhandahålla ett diagram över det magnetiska strömfältet kring enheten (figur 2.2).

Figur 2.2 – Diagram över det magnetiska strömfältet kring NMR-enheten



Den skyddsansvarige visste att det statiska magnetfältet kring enheten även kunde bedömas med hjälp av en lämplig magnetometer, och att det skulle vara mycket enklare att få ett tillförlitligt resultat med en isotrop sond (tre axlar) än med en sond med en axel. Denna metod skulle dock kräva tid och pengar och även en bedömning

av riskerna med att utföra mätningarna, särskilt om instrumentet var metallkaplat. Eftersom tillverkaren kunde lämna tillräcklig information bedömde den skyddsansvarige att det inte krävdes några mätningar.

Den skyddsansvarige bedömde även vilka grupper av arbetstagare som skulle ha tillträde till NMR-laboratoriet och vilka uppgifter de sannolikt skulle utföra. Han fastställde att tillverkarnas servicetekniker emellanåt skulle ges tillträde. De skulle arbeta i områden med hög fältstyrka, exempelvis vid kryostatens sockel för att ställa in spektrometern. Han framhöll dock att företaget skulle ställa krav på att dessa tekniker lämnar in en skriftlig riskbedömning och har säkerhetsrutiner för arbetet. Före besöket skulle de även styrka sin kompetens (t.ex. genom intyg på lämplig utbildning och praktisk erfarenhet). Under dessa förutsättningar bedömde han att riskerna med arbetet var låga. Han påpekade även att städentreprenörer inte skulle få tillträde till laboratoriet.

2.5 Resultat av exponeringsbedömningen

Genom översynen av de befintliga enheterna i NMR-laboratoriet var den skyddsansvarige medveten om att riskavståndet i hög grad kan variera beroende på konstruktionen, särskilt avskärmningen: för äldre oavskärmade enheter med hög fältstyrka kan det röra sig om flera meter, medan det för moderna enheter med god avskärmning kan vara praktiskt taget noll. Fältstyrkan förväntades dock inte överskrida gränsvärdena för exponering (ELV) för direkta effekter på platser som kunde nås av arbetstagarna. Radiofrekvensförstärkaren hade visserligen en betydande uteffekt, men man räknade med att radiofrekvensfältet skulle vara helt inneslutet i enheten och inte kunna nås av arbetstagarna.

På grundval av tillverkarens uppgifter (figur 2.2) fastställde den skyddsansvarige att insatsnivåerna (AL) för indirekta effekter sannolikt överskreds upp till 1,3 m från kryostatens utsida.

2.6 Riskbedömning

Den skyddsansvarige var medveten om att det redan hade gjorts en riskbedömning av NMR-laboratoriet enligt den metod som rekommenderas av OIRA (Europeiska arbetsmiljöbyråns interaktiva onlineplattform för riskbedömning). I denna metod utvärderas alla risker för arbetstagarna i laboratoriet, däribland

- arbete på hög höjd vid inmatning av proverna,
- kryovätskor och "släckning" av de supraledande magneterna,
- kvävningrisk i kväveatmosfären i slutna utrymmen under kryostaten, såsom gropar för byte av prover,
- projektilrisken som är förknippad med ferromagnetiska föremål (t.ex. verktyg och instrument),
- interferens med medicinsk elektronisk utrustning.

Det skulle således vara enkelt att infoga den nya åtgärdsplanen från den aktuella översynen i den befintliga riskbedömningen. I tabell 2.1 finns ett exempel på en riskbedömning för elektromagnetiska fält i NMR-laboratoriet.

2.7 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder

Den skyddsansvarige konstaterade att en rad organisatoriska åtgärder hade vidtagits i NMR-laboratoriet för att förhindra eller begränsa exponeringen. För det första hade man valt NMR-enheter med toppmodern passiv eller aktiv avskärmning. Andra åtgärder i linje med god praxis var att

- placera NMR-enheterna i ett särskilt laboratorium med åtkomstkontroll i form av knappsatser,
- sätta upp varnings- och förbudsskyltar som överensstämmer med direktiv 92/58/EEG på dörren till laboratoriet (figur 2.3), bland annat en varning riktad till personer med medicinteknisk elektronisk utrustning,
- förhindra att ferromagnetiska verktyg och föremål kommer in i laboratoriet,
- avskilja NMR-enheterna från annan laboratorieutrustning och andra arbetsställen,
- hänga upp en kedja och märka golvet vid gränslinjen för 0,5 mT för att kontrollera tillträdet (figur 2.4),
- ge information, instruktion och utbildning åt dem som arbetar i laboratoriet och se till att tillsynen är tillräcklig,
- kräva att servicetekniker lämnar in skriftlig säkerhetsdokumentation och styrker sin kompetens före besöket.

Figur 2.3 – Varnings- och förbudsskyltar på dörren till NMR-laboratoriet



Figur 2.4 – Avgränsning av skyddsområdet genom en kedja och märkning på golvet



Tabell 2.1 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält i NMR-laboratoriet

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad		Sannolikhet		Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig	Osannolikt		
Direkta effekter av statiska magnetfält	Särskilt laboratorium med åtkomstkontroll	Laboratoriepersonal	✓			✓	Låg	
	Varnings- och förbudsskyltar							
	Information, instruktion och utbildning							Repetitionsutbildning Ta med artikel i säkerhetsbulletinen
	Krav på skriftlig säkerhetsdokumentation och styrkande av kompetens	Service-tekniker	✓			✓	Låg	
	Städare får inte komma in	Städare	✓			✓	Låg	Se till att städarna är informerade
Indirekta effekter av statiska magnetfält (interferens med medicinska implantat, projektilrisk)	Förbud mot ferromagnetiska föremål	Samtliga ovan		✓		✓	Låg	Se till att underhållspersonalen är informerad
	Se ovan	Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker		✓		✓	Låg	Se ovan
Radiofrekvensfält	Helt inneslutet i enheten och inte tillgänglig	Samtliga ovan	✓			✓	Låg	Inga

2.8 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen

Den skyddsansvarige var överlag nöjd med översynen av riskbedömningen och utvärderingen av riskerna med den nya enheten. De organisatoriska åtgärderna betraktades som tillräckliga, även om det var fem år sedan arbetstagarna senast hade utbildats om risker och säkerhetsåtgärder i NMR-laboratoriet. Den skyddsansvarige utarbetade följaktligen en åtgärdsplan med följande punkter:

- Ge laboratoriepersonalen repetitionsutbildning genom en serie korta informationstillfällen, särskilt inriktade på nya arbetstagare.
- Se till att underhållspersonalen är medveten om riskerna, särskilt med flygande ferromagnetiska verktyg.
- Kontrollera att städpersonalen känner till att de inte får gå in i laboratoriet.
- Ta med en artikel om riskerna i laboratoriet i företagets nästa säkerhetsbulletin.

3. ELEKTROLYS

Källorna till elektromagnetiska fält i denna fallstudie är följande:

- Elektrolysörer.
- Tyristorlikriktare.
- Samlingskenor.
- Transformatorer.

3.1 Arbetsplats

Utrustningen fanns i en stor klorproduktionsanläggning. De berörda arbetsplatserna var följande:

- Elektrolysrörummet.
- Likriktarutrymmen.

3.2 Arbetets art

Större delen av arbetet på utrustningen utfördes av kvalificerade och erfarna tekniker, som kan få arbeta på vilken del av utrustningen som helst i klorproduktionsanläggningen. Detta kan innebära att de med jämna mellanrum får demontera en elektrolysör och ge den service medan angränsande elektrolysörer är i drift.

Anläggningen var relativt ny, och säkerheten när det gäller elektromagnetiska fält hade beaktats vid konstruktionen. Denna fallstudie är därmed ett exempel på god praxis och framhäver betydelsen av att exponeringen för elektromagnetiska fält beaktas i planeringen av större projekt.

3.3 Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält

3.3.1 Elektrolysrörummet

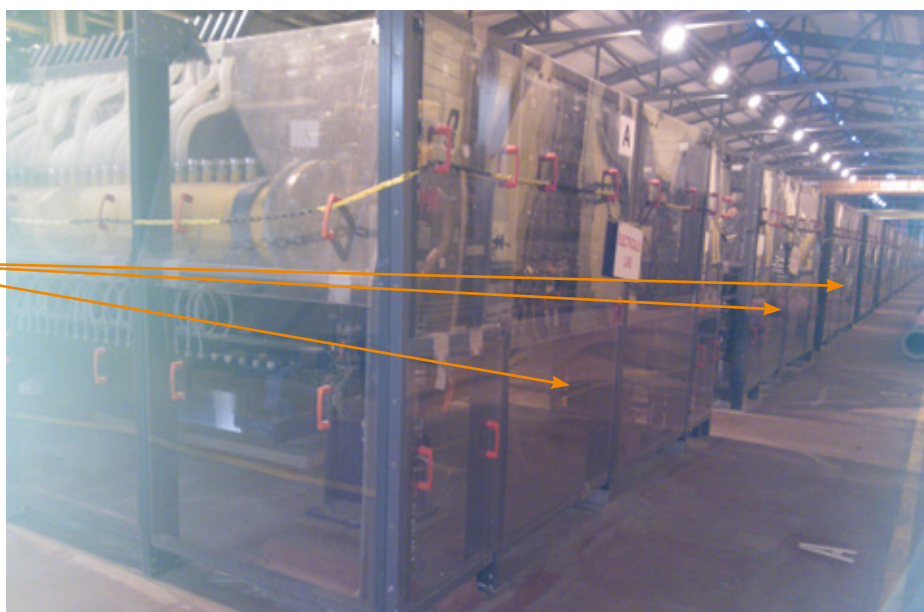
I elektrolysrörummet fanns 20 elektrolysörer som framställer klor genom applicering av elektrisk ström på saltlösning genom membranmetoden. Varje elektrolysör använde 450 V, 16,5 kA likström. Plexiglasskydd hade monterats kring elektrolysörerna så att spänningsförande elektriska ledare inte skulle kunna nås.

Medräknat skydden var varje elektrolysör 17,2 m lång och 4,4 m bred, och bestod av 138 celler uppdelade i två "paket" med 69 seriekopplade celler vardera. Mellanrummet mellan elektrolysörerna var ungefär 1,1 m. I figur 3.1 visas hur elektrolysörerna var uppställda.

En teoretisk modellbedömning baserad på beräknade magnetfält kring de strömförande delarna i anläggningen hade utförts vid konstruktionen för att se till att exponeringen för elektromagnetiska fält minimeras.

Figur 3.1 – Elektrolysörer i cellrummet

En enskild elektrolysör
i längdriktningen



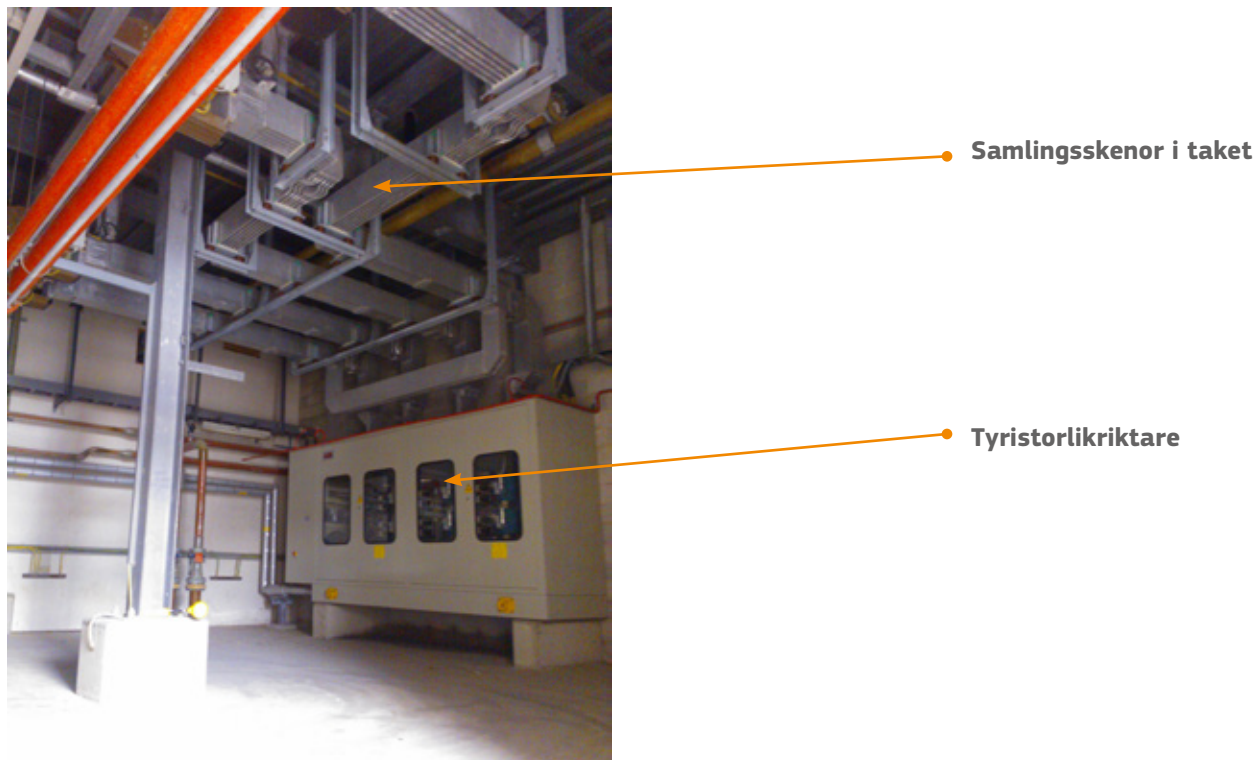
Flera
elektrolysörer

3.3.2 Likriktarutrymmen

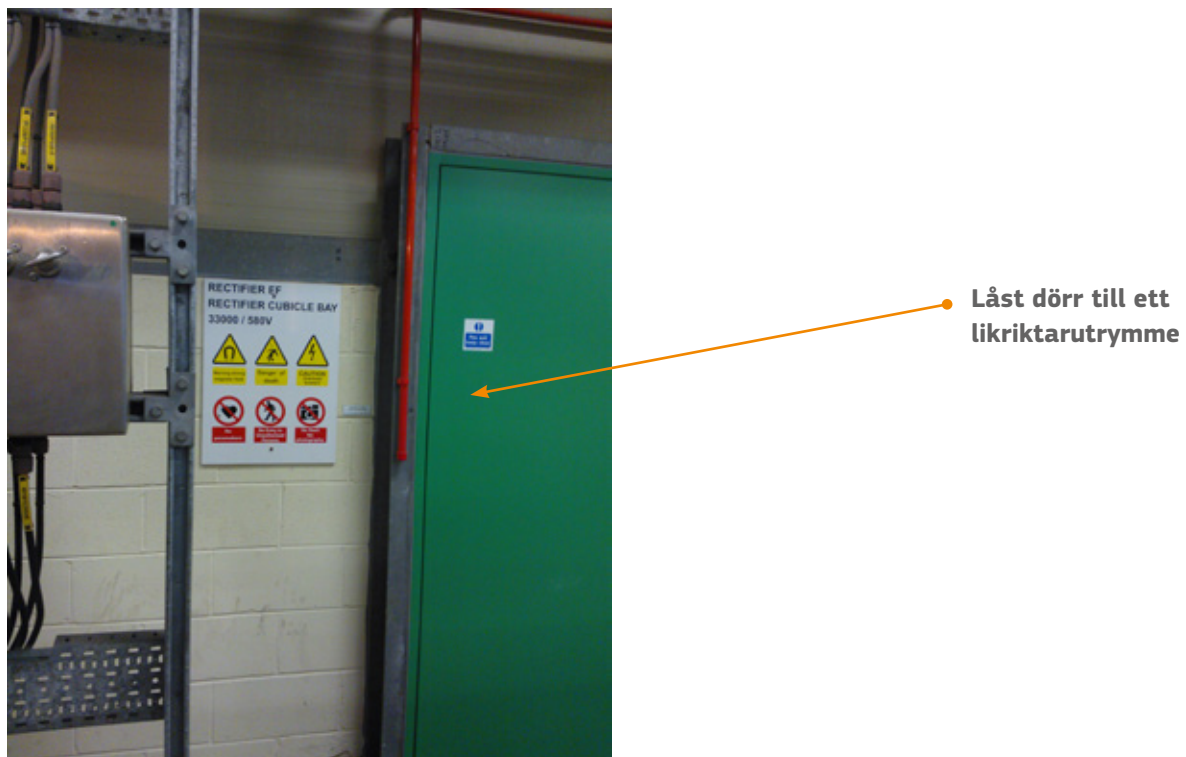
I varje likriktarutrymme (figur 3.2) fanns en tyristorlikriktare som försörjde två elektrolysörer med likström. Samlingskenor till elektrolysörerna var placerade i taket ungefär 4,2 m ovanför golvet. Utrymmena var avskilda för att förhindra tillträde utifrån och dörren till varje utrymme var låst med en varningsskylt bredvid (figur 3.3). När elektrolysörerna är i drift är tillträdet till utrymmena normalt förbjudet.

Transformatorerna för elektrolysrummet var placerade utanför likriktarutrymmena, på andra sidan väggen. Även transformatorerna var avskilda för att förhindra tillträde (figur 3.4).

Figur 3.2 – Ett likriktarutrymme



Figur 3.3 – Begränsat tillträde till ett likriktarutrymme



Figur 3.4 – Transformatorer

3.4 Användning

Klorproduktionen är automatiserad och fjärrstyrs från ett kontrollrum i en närliggande byggnad.

3.5 Sätt att bedöma exponering

Exponeringsmätningar utfördes av en expertkonsult med hjälp av specialinstrument. Eftersom anläggningen hade konstruerats med hänsyn till säkerheten när det gäller elektromagnetiska fält, och konstruktionen omfattade en teoretisk modellbedömning baserad på beräknade magnetfält kring de strömförande delarna i anläggningen, var syftet med mätningarna att bekräfta att de befintliga skyddsåtgärderna och förebyggande åtgärderna på ett ändamålsenligt sätt begränsade exponeringen för elektromagnetiska fält.

Man mätte både statisk magnetisk flödestäthet i samband med likströmmen till elektrolysörerna och tidsvarierande magnetisk flödestäthet, som berodde på att likströmmen alstrades genom likriktning av växelström. Därför räknade man med visst rippel på likströmmen till elektrolysörerna. Rippelfrekvensen kunde också mycket riktigt bekräftas vid exponeringsbedömningen.

Konsulten gjorde en arbetsanalys före mätningarna för att se till att mätningarna utfördes på platser som är representativa för normala arbetsställen. Mätningarna utfördes när elektrolysörerna var i drift med statisk belastning.

Mätresultaten jämfördes med lämpliga gränsvärden för exponering (ELV) och insatsnivåer (AL) för direkta effekter samt med insatsnivåer för indirekta effekter av statiska magnetfält (interferens med aktiva inopererade medicinska enheter samt attraktionskraft och projektilrisk nära källor med hög fältstyrka).

Bedömningen av exponeringen för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker gjordes med hjälp av referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) (se bilaga E till volym 1 av vägledningen).

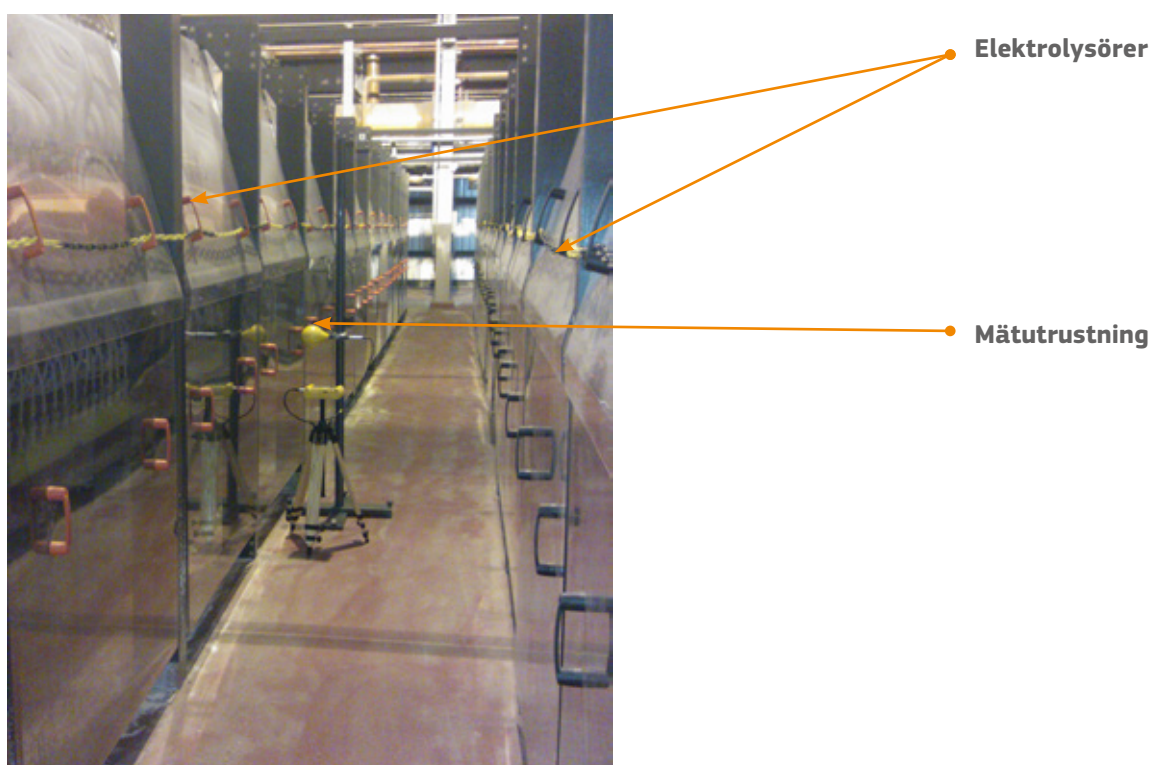
3.5.1 Elektrolyösrummet

Mätningarna av tidsvarierande magnetisk flödestäthet och statisk magnetisk flödestäthet utfördes mellan två elektrolysörer (figur 3.5). Tre typer av mätningar utfördes:

- På avståndsintervall över mellanrummet mellan de två elektrolysörerna.
- På avståndsintervall mitt emellan de båda elektrolysörerna från elektrolysörernas ena ände till den andra.
- I vertikalplanet längs en av elektrolysörerna.

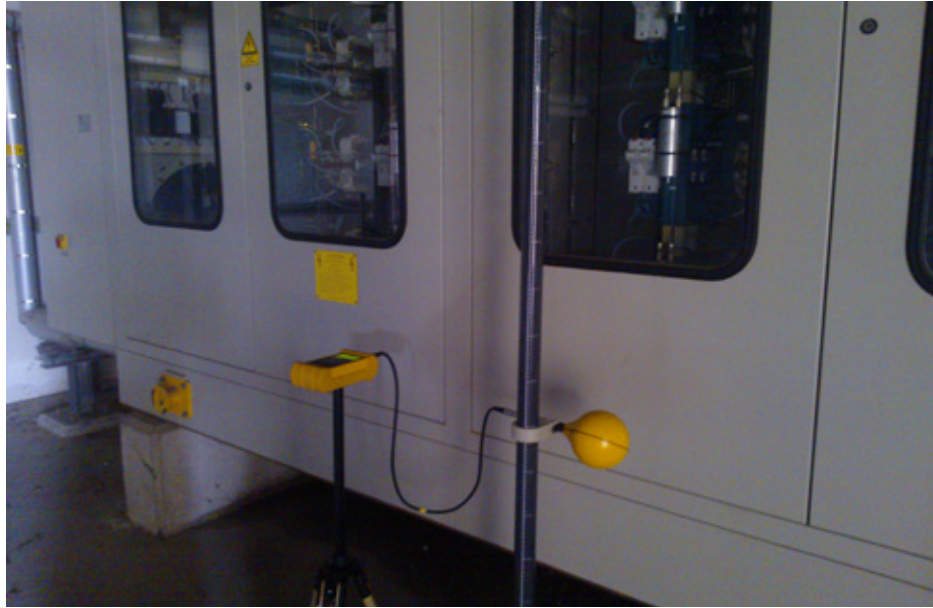
Dessa mätningar gav en bild av exponeringen för en arbetstagare som går mellan elektrolysörerna i elektrolyösrummet, vilket anses vara scenariot med värsta tänkbara exponering.

Figur 3.5 – Mätningar mellan de båda elektrolysörerna



3.5.2 Likriktarutrymmen

Mätningar av tidsvarierande magnetisk flödestäthet och statisk magnetisk flödestäthet utfördes kring en tyristorlikriktare (figur 3.6), nedanför samlingskenorna och nära väggen mellan likriktaren och transformatorn.

Figur 3.6 – Mätningar nära en tyristorlikriktare

3.6 Resultat av exponeringsbedömningen

Resultaten av exponeringsmätningarna jämfördes med tillämpliga gränsvärden för exponering (ELV) och insatsnivåer (AL). Vid elektrolys är de viktiga jämförelsevärdena följande:

- För statiska magnetfält:
 - ELV för magnetisk flödestäthet i statiska magnetfält (normala arbetsförhållanden).
 - Insatsnivå för magnetisk flödestäthet i statiska magnetfält (interferens med aktiva inopererade medicinska enheter såsom pacemakrar).
 - Insatsnivå för magnetisk flödestäthet i statiska magnetfält (attraktionskraft och projektilrisk nära källor med hög fältstyrka).
- För tidsvarierande magnetfält:
 - Insatsnivåer för magnetisk flödestäthet i tidsvarierande magnetfält.
 - Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) för tidsvarierande magnetfält (för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker).

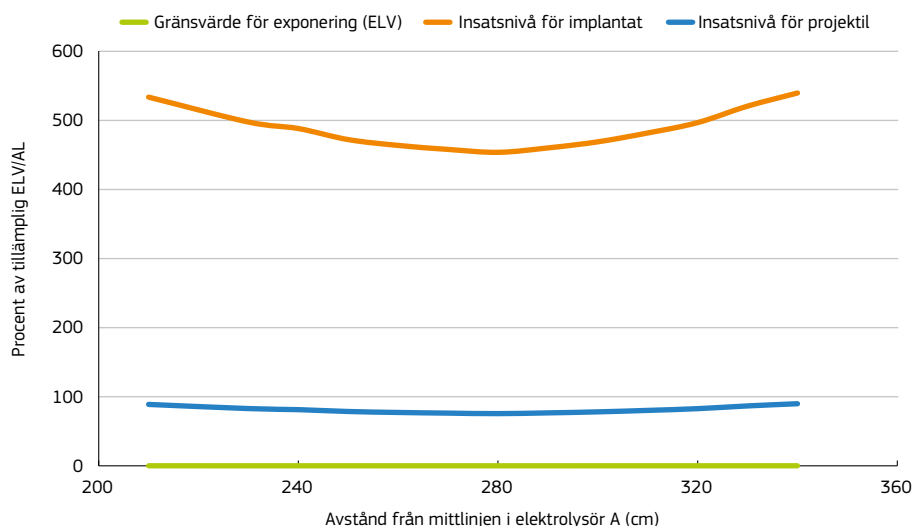
I figurerna 3.7 och 3.17 visas de viktigaste resultaten av exponeringsbedömningen och vissa exempel på diagram från den teoretiska modellbedömningen.

Observera att resultaten av exponeringsbedömningen inte kan jämföras direkt med modellbedömningen, eftersom modellbedömningen utfördes innan direktivet om elektromagnetiska fält offentliggjordes och bygger på yrkesreferensnivåerna från Internationella kommissionen för skydd mot icke-joniserande strålning (ICNIRP), vilka var mer restriktiva än insatsnivåerna i direktivet.

3.6.1 Elektrolysörrummet

I följande diagram visas variationen i magnetisk flödestäthet i förhållande till tillämpliga gränsvärden för exponering (ELV) och insatsnivåer (AL). Det kunde bekräftas att rippelfrekvensen på likströmsförsörjningen var 300 Hz. Mätutrustningen registrerade även övertoner på 600 Hz och 900 Hz, även om övertonernas bidrag till den totala exponeringen var obetydlig i detta fall.

Figur 3.7 – Variation i statisk magnetisk flödestäthet i mellanrummet mellan de båda elektrolysörerna



Obs: Mätningarna utfördes 120 cm över golvet.

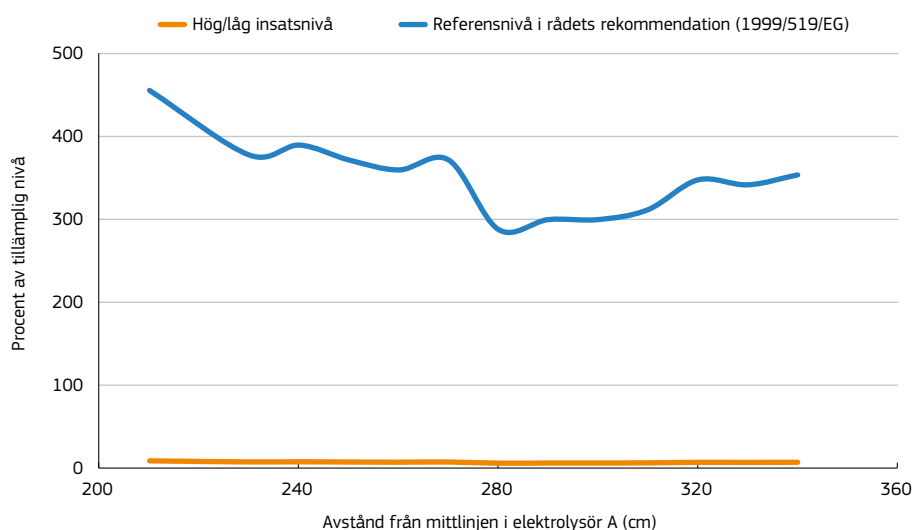
Gränsvärde för exponering (normala arbetsförhållanden): 2 T.

Insatsnivå för implantat: 0,5 mT.

Insatsnivå för projektil: 3 mT.

Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 5\%$ och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till ELV/AL i procent.

Figur 3.8 – Variation i 300 Hz tidsvarierande magnetisk flödestäthet i mellanrummet mellan de båda elektrolysörerna



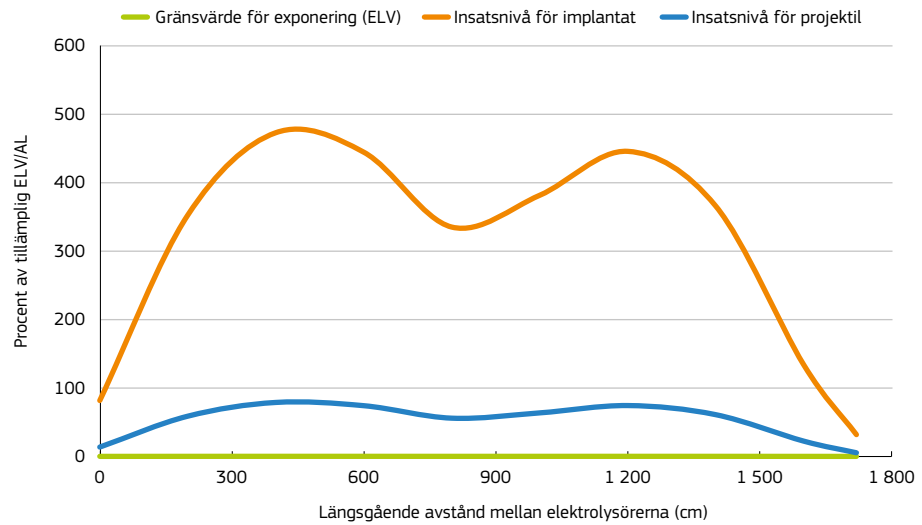
Obs: Mätningarna utfördes 120 cm över golvet.

Höga och låga insatsnivåer för 300 Hz magnetfält: 1 000 μ T.

Referensnivå i rådets rekommendation (1999/519/EG) för 300 Hz magnetfält: 16,7 μ T.

Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 10\%$ och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till ELV/AL i procent.

Figur 3.9 – Variation i statisk magnetisk flödestäthet i längsgående riktning mellan de båda elektrolysörerna



Obs: Mätningarna utfördes 120 cm över golvet.

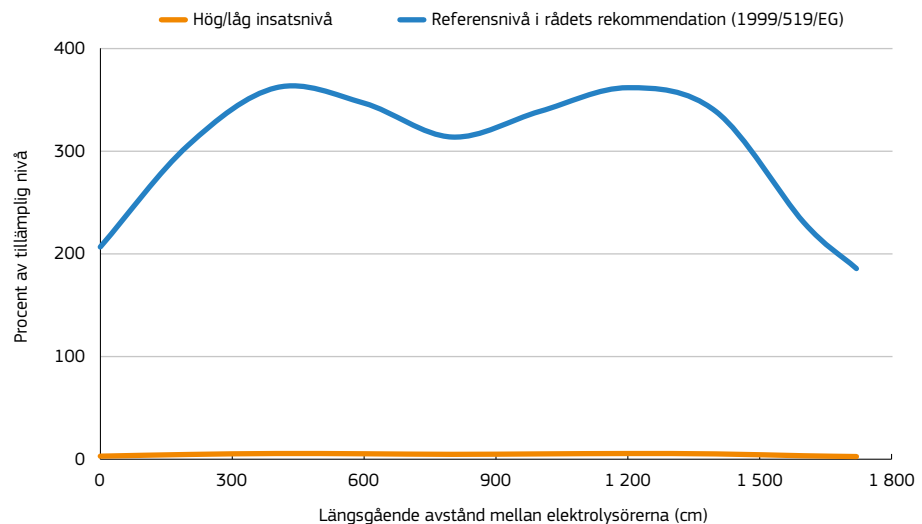
Gränsvärde för exponering (normala arbetsförhållanden): 2 T.

Insatsnivå för implantat: 0,5 mT.

Insatsnivå för projektil: 3 mT.

Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 5\%$ och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till ELV/AL i procent.

Figur 3.10 – Variation i 300 Hz tidsvarierande magnetisk flödestäthet i längsgående riktning mellan de båda elektrolysörerna



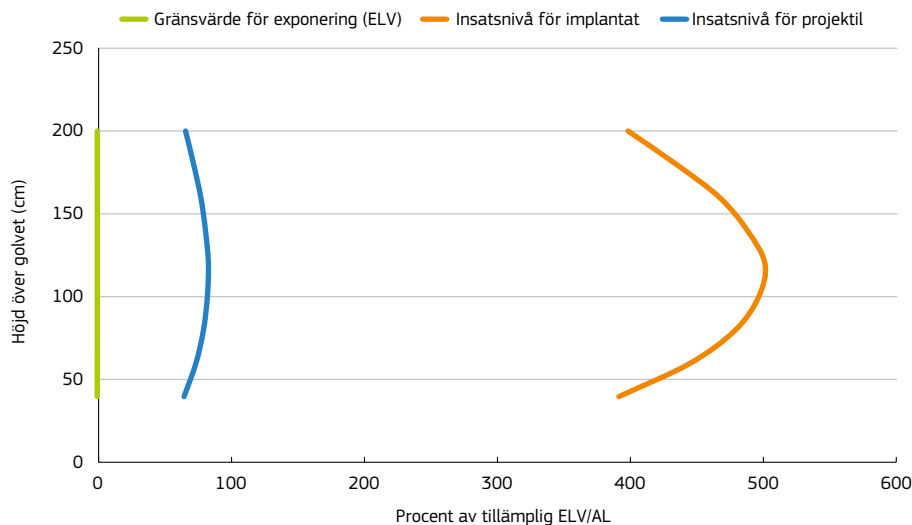
Obs: Mätningarna utfördes 120 cm över golvet.

Höga och låga insatsnivåer för 300 Hz magnetfält: 1 000 μ T.

Referensnivå i rådets rekommendation (1999/519/EG) för 300 Hz magnetfält: 16,7 μ T.

Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 10\%$ och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till ELV/AL i procent.

Figur 3.11 – Variation i statisk magnetisk flödestäthet höjledes längs en av elektrolysörerna



Obs: Mätningarna utfördes 230 cm från mittlinjen i en av elektrolysörerna.

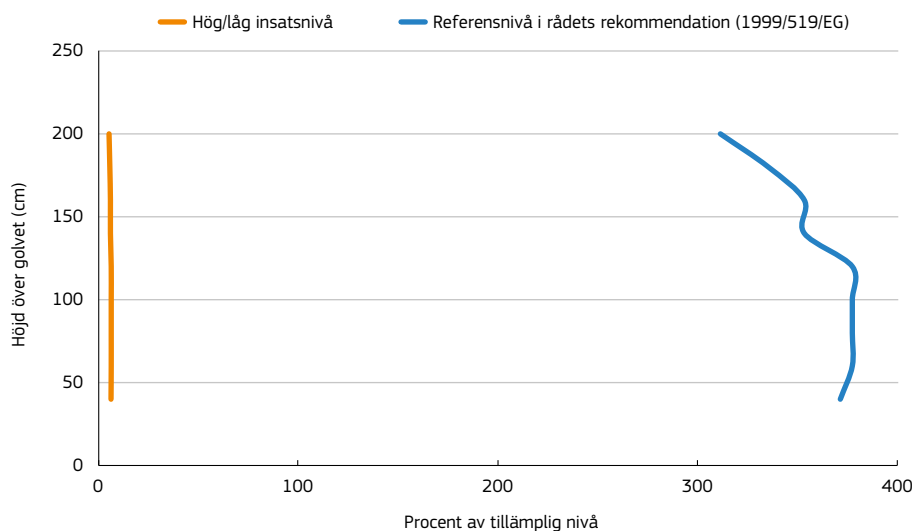
Gränsvärde för exponering (normala arbetsförhållanden): 2 T.

Insatsnivå för implantat: 0,5 mT.

Insatsnivå för projektil: 3 mT.

Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 5\%$ och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till ELV/AL i procent.

Figur 3.12 – Variation i 300 Hz tidsvarierande magnetisk flödestäthet höjledes längs en av elektrolysörerna



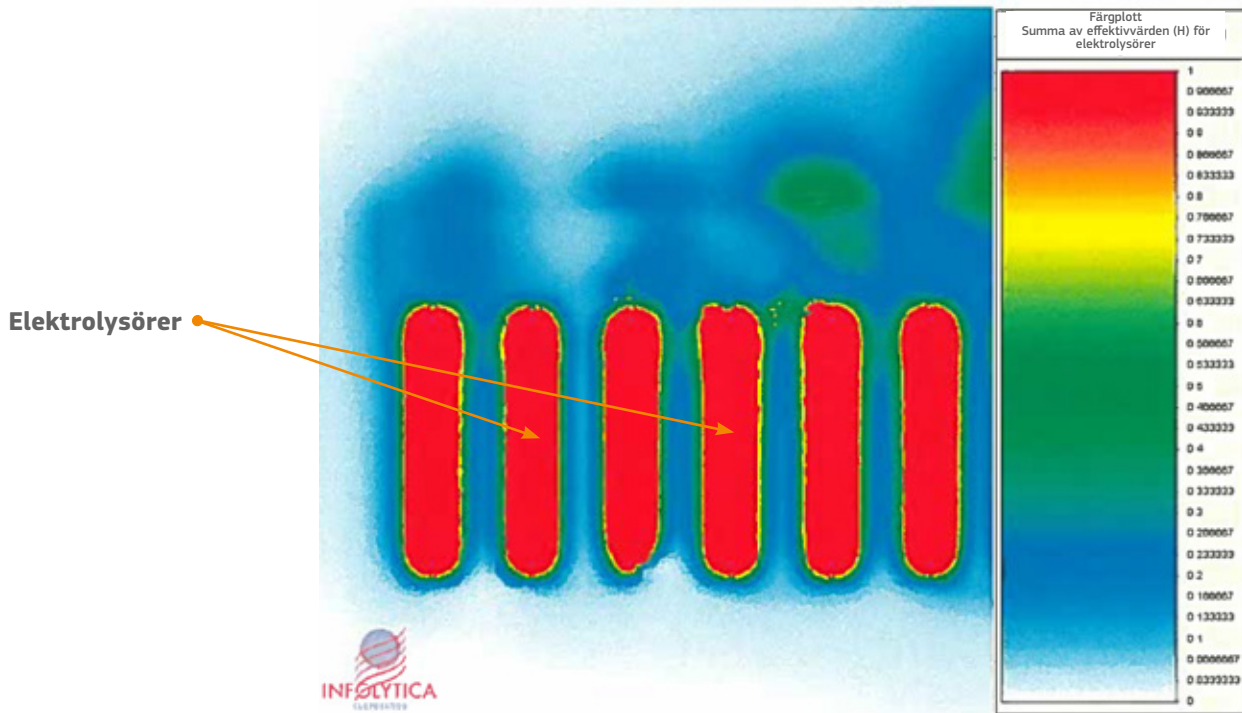
Obs: Mätningarna utfördes 230 cm från mittlinjen i en av elektrolysörerna.

Höga och låga insatsnivåer för 300 Hz magnetfält: 1 000 μ T.

Referensnivå i rådets rekommendation (1999/519/EG) för 300 Hz magnetfält: 16,7 μ T.

Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 10\%$ och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till ELV/AL i procent.

Figur 3.13 – Exempel på diagram från den teoretiska modellbedömningen av elektrolysrummet (planritning)



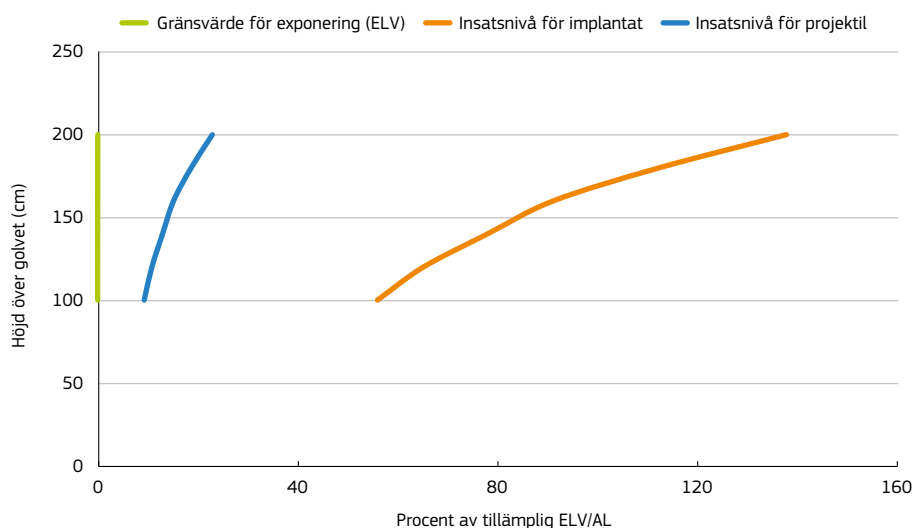
Resultaten av exponeringsbedömningen i elektrolysrummet gav företaget följande upplysningar:

- Exponeringen för magnetfält från elektrolysörerna var lägre än tillämpliga ELV och insatsnivåer (AL) för direkta effekter.
- De statiska magnetfälten i elektrolysrummet kan innebära en risk för personer med aktiva inopererade medicinska enheter.
- Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) överskreds i långsgående riktning mellan elektrolysörerna i förhållande till tidsvarierande magnetfält. Det var dock inte troligt att arbetstagare som är utsatta för särskilda risker skulle uppehålla sig i elektrolysrummet.

3.6.2 Likriktarutrymmen

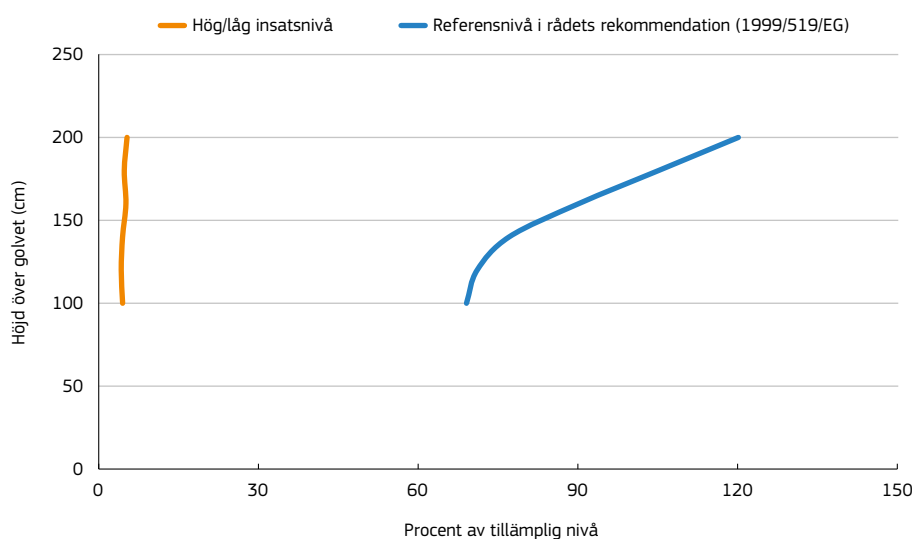
I följande diagram visas variationen i magnetisk flödestäthet i förhållande till tillämpliga gränsvärden för exponering (ELV) och insatsnivåer (AL). Det kunde bekräftas att rippelfrekvensen på likströmsförsörjningen var 300 Hz, och fält på 50 Hz registrerades också från transformatorn på utsidan.

Figur 3.14 – Variation i statisk magnetisk flödestäthet höjledes nedanför samlingsckenans likströmsisolator



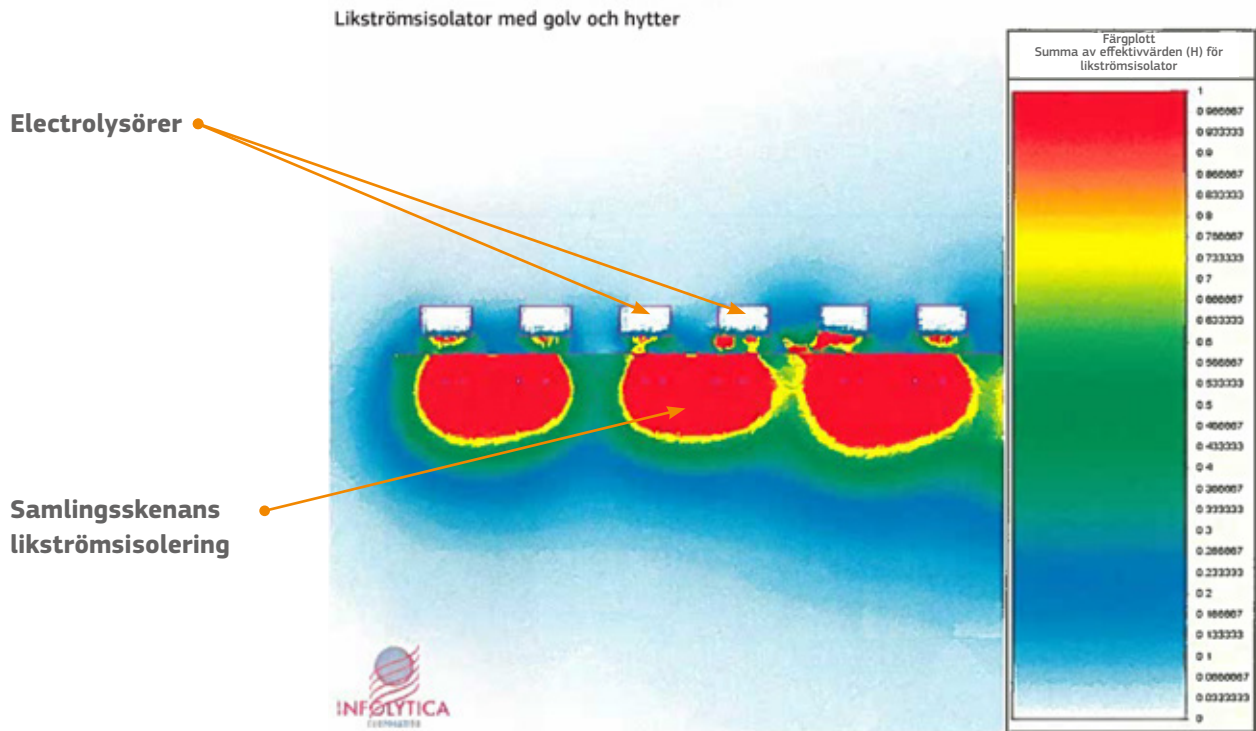
Obs: Samlingsckenans likströmsisolator var placerad ungefär 420 cm ovanför golvet.
 Gränsvärde för exponering (normala arbetsförhållanden): 2 T.
 Insatsnivå för implantat: 0,5 mT.
 Insatsnivå för projektil: 3 mT.
 Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 5\%$ och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till ELV/AL i procent.

Figur 3.15 – Variation i 300 Hz tidsvarierande magnetisk flödestäthet höjledes nedanför samlingsckenans likströmsisolator

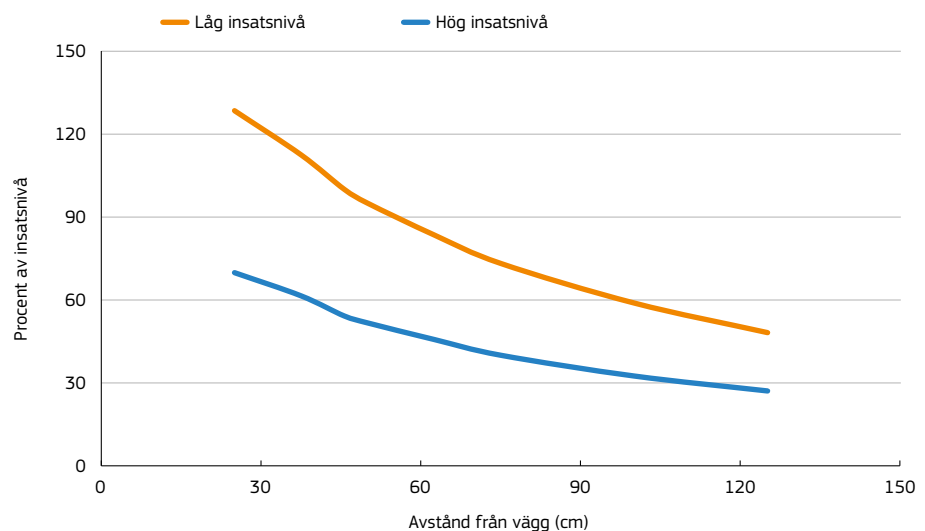


Obs: Samlingsckenans likströmsisolator var placerad ungefär 420 cm ovanför golvet.
 Höga och låga insatsnivåer för 300 Hz magnetfält: 1 000 μ T.
 Referensnivå i rådets rekommendation (1999/519/EG) för 300 Hz magnetfält: 16,7 μ T.
 Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 10\%$ och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till ELV/AL i procent.

Figur 3.16 – Exempel på diagram från den teoretiska modellbedömningen av området kring samlingskenans likströmsisolator (tvärsnitt)



Figur 3.17 – Variation i 50 Hz tidsvarierande magnetisk flödestäthet i förhållande till avståndet från väggen mellan tyristorlikriktaren och transformatorn



Obs: Mätningarna utfördes 120 cm över golvet.

Låg insatsnivå för 50 Hz magnetfält: 1 000 μ T.

Hög insatsnivå för 50 Hz magnetfält: 6 000 μ T.

Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 10\%$ och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till ELV/AL i procent.

Resultaten av exponeringsbedömningen i likriktarutrymmena gav företaget följande upplysningar:

- Exponeringen för magnetfält från samlingskrenorna och tyristorlikriktarna var lägre än insatsnivåerna för direkta effekter på golvnivå.
- Exponeringen för tidsvarierande magnetfält från transformatorn på andra sidan väggen bakom likriktaren var större än den låga insatsnivån för tidsvarierande magnetisk flödestäthet upp till 37 cm från väggen i likriktarutrymmet.
- Exponeringen för tidsvarierande magnetfält från transformatorn var lägre än den höga insatsnivån för tidsvarierande magnetisk flödestäthet i likriktarutrymmet.
- De statiska magnetfälten i likriktarutrymmena kan innebära en risk för personer med aktiva inopererade medicinska enheter. Varningsmärkningarna och säkerhetsinformationen för anläggningen ansågs dock vara tillräckliga.
- Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) överskreds i förhållande till tidsvarierande magnetfält. Det var dock inte troligt att arbetstagare som är utsatta för särskilda risker skulle uppehålla sig i likriktarutrymmena.

3.7 Riskbedömning

På grundval av konsultens exponeringsbedömning utförde företaget en riskbedömning av klorproduktionsanläggningen när det gäller elektromagnetiska fält. Bedömningen följde den metod som rekommenderas av OiRA (Europeiska arbetsmiljöbyråns interaktiva onlineplattform för riskbedömning). I riskbedömningen drogs följande slutsatser:

- Det kan innebära en risk för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker att vistas i närheten av elektrolysörerna.
- Till följd av exponeringen från magnetfälten kan det innebära en risk för arbetstagarna, även dem som är utsatta för särskilda risker, att uppehålla sig i likriktarutrymmena.

I tabell 3.1 finns ett exempel på en riskbedömning för elektromagnetiska fält för klorproduktionsanläggningen.

Tabell 3.1 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält för klorproduktionsanläggning

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad			Sannolikhet		Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig	Osannolikt	Möjligt		
Direkta effekter av magnetfält	Noggrann utformning av klorproduktionsanläggningen för att minimera magnetfältens styrka	Tekniker	✓				✓	Låg	Inga
	Begränsat tillträde till likriktarutrymmena Lämpliga varningsskyltar på väl synliga ställen Fortbildning	Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker (bland annat gravida arbetstagare)	✓				✓	Låg	
Indirekta effekter av magnetfält (interferens med medicinska implantat)	Förbjudet tillträde till klorproduktionsanläggningen för arbetstagare med medicinska implantat Lämpliga varningsskyltar på väl synliga ställen Fortbildning	Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker		✓			✓	Låg	Inga

3.8 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder

Säkerheten när det gäller elektromagnetiska fält prioriterades redan vid planeringen av anläggningen. Det innebär att flera skyddsåtgärder och förebyggande åtgärder har vidtagits, bland annat följande:

- Styrkan på de tidsvarierande magnetfält som sannolikt kan alstras av rippel på likströmsförsörjningen till elektrolysörerna har minimerats, exempelvis genom användning av 12-puls likriktare i stället för 6-puls likriktare.
- Anläggningen är tillräckligt stor för att områden med starka magnetfält enkelt ska kunna avskiljas från arbetstagarna.
- Lämpliga varningsskyltar för starka magnetfält har satts upp på väl synliga platser i anläggningen.
- Arbetstagarna har informerats om att de kan exponeras för elektromagnetiska fält och har anmodats att meddela arbetsgivaren om de har medicinska implantat.

3.9 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen

Exponeringsbedömningen bekräftade att anläggningen är välkonstruerad när det gäller exponering för elektromagnetiska fält, så det krävdes inte några ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av exponeringsbedömningen.

3.10 Ytterligare informationskällor

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

4. HÄLSO- OCH SJUKVÅRD

4.1 Arbetsplats

Avdelningen för medicinsk fysik på ett sjukhus ombads att bedöma hur genomförandet av direktivet om elektromagnetiska fält kan påverka verksamheten på sjukhuset.

4.2 Arbetets art

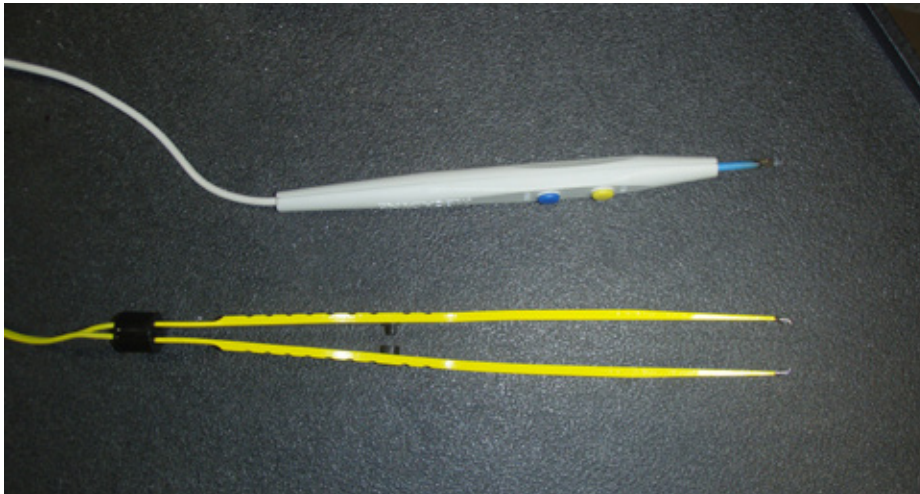
Elektrisk utrustning används ofta vid behandling, övervakning och diagnos av patienter. Avdelningen för medicinsk fysik inledde bedömningen genom att identifiera utrustning som skulle kunna alstra starka elektromagnetiska fält. De granskade förteckningen över sjukhusets utrustning och konstaterade att tre typer av utrustning kunde alstra starka elektromagnetiska fält: elektrokirurgiska enheter, apparater för transkraniell magnetstimulering och enheter för kortvågsdiatermi. Sjukhuset använder för närvarande inte utrustning för kortvågsdiatermi, men tog ändå med den i bedömningen. Avdelningen ville även granska risken för att känslig patientövervakningsutrustning påverkas av elektromagnetisk interferens, särskilt utrustning som kan användas i närheten av enheter som alstrar starka elektromagnetiska fält. De konstaterade att den utrustning som är mest mottaglig för elektromagnetisk interferens är känslig medicinsk utrustning för elektrokirurgiska förfaranden (t.ex. respiratorer och EKG-utrustning).

4.3 Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält

4.3.1 Elektrokirurgiska enheter

Sjukhuset använder elektrokirurgiska enheter för att skära i vävnad och/eller stilla blodflöden vid ett stort antal kirurgiska förfaranden. Enheterna leder elektrisk ström med hög spänning genom den vävnad som ingreppet rör. Dessa enheter fungerar normalt i mellanfrekvensområdet på ungefär 300 kHz till 1 MHz och med effekten 50–300 W. En elektrokirurgisk enhet består av en aktiv elektrod, en generator, kablar för anslutning av generatorn till den aktiva elektroden samt en neutralelektrod eller neutralplatta på patientens kropp (figur 4.1). Strömmen leds till den aktiva elektroden (den elektrokirurgiska sonden) via kablar som kan vara oavskärmade. Strömmen passerar genom vävnaden och återvänder till den elektrokirurgiska enheten via neutralelektroden.

Figur 4.1 – Aktiv elektrod och neutralelektrod med tillhörande kablar



4.3.2 Transkraniell magnetstimulering

Apparater för transkraniell magnetstimulering (TMS) alstrar pulser av elektromagnetiska fält för att inducera ström i [hjärnan](#). De används på en rad olika områden (t.ex. för diagnos av hjärnsjukdomar och hjärnskador, som behandling för depression och mer nyligen som behandling för migrän). Normalt består TMS-apparaten av en huvudenhet som alstrar högströmpulser samt en handhållen spole för stimulering (figur 4.2). I de apparater som finns i handeln lagras energin i stora högspänningskondensatorer. Dessa kondensatorer laddas ur i spolen genom en tyristor, som kan koppla stark ström på några sekunder. Två spolkonstruktioner är allmänt spridda och används på sjukhuset, cirkelspolen och en spole formad som siffran åtta (men det finns även andra spolkonstruktioner).

Figur 4.2 – TMS-spole formad som siffran åtta



4.3.3 Kortvågsdiatermi

Apparater för kortvågsdiatermi sänder ut RF-strålning, normalt på 27,1 MHz. Fysioterapeuter använder apparaterna för att behandla muskler och leder. Apparaterna har två driftlägen: kapacitivt, då patienten är placerad i RF-fältet mellan två plattelektroder (figur 4.3), och induktivt, då det elektromagnetiska fältet appliceras med hjälp av en spole.

Figur 4.3 – Kapacitiv kortvågsdiatermi



4.4 Användning

4.4.1 Elektrokirurgiska enheter

Kirurgen håller normalt behandlingssonden nära överkroppen vid användning. Kablarna kan vara placerade nära personalen i operationssalen och särskilt nära kirurgens hand och arm.

4.4.2 Transkraniell magnetstimulering

Spolen är placerad nära patientens huvud, och en elektromagnetisk puls eller en serie pulser alstras för att inducera ström i patientens hjärna. Sonden kan vara fixerad eller hållas på plats av klinikern (figur 4.4).

Figur 4.4 – Användning av cirkelformad TMS-spole



4.4.3 Kortvågsdiatermi

Avdelningen underrättades om att kortvågsdiatermi för närvarande inte används på sjukhuset, men att det hade använts tidigare av fysioterapeuter. De kände inte helt till rutinerna för användning av denna utrustning, men beslutade att göra en bedömning om sjukhuset i framtiden skulle börja använda utrustningen igen.

4.5 Sätt att bedöma exponering

Avdelningen för medicinsk fysik var medveten om att alla tre typerna av medicinsk utrustning alstrar starka elektromagnetiska fält. De var dock inte säkra på om dessa apparater alstrade fält som kunde leda till att arbetstagarna överskred gränsvärdena för exponering (ELV). De konstaterade därför att det krävdes ytterligare bedömning och mätningar av de elektromagnetiska fälten. Avdelningen valde ut två apparater för mätningarna: den elektrokirurgiska enheten ConMed 5000 och TMS-apparaten 200 MAGSTIM. De beslutade att för tillfället inte utföra några mätningar på enheter för kortvågsdiatermi.

Avdelningen för medicinsk fysik har olika mätsonder för övervakning av elektromagnetiska fält. Avdelningen använde en isotrop sond (tre axlar) för mätningarna. På grund av de alstrade elektromagnetiska fältens varierande frekvens krävdes olika sonder för varje apparat.

4.6 Resultat av exponeringsbedömningen

4.6.1 Elektrokirurgisk enhet

Den elektrokirurgiska enheten ConMed 5000 ställdes in på monopolärt läge. Enheten kan användas både för att skära i vävnad och för att stilla blodflöden. Enligt preliminära mätningar var dock de elektromagnetiska fälten vid skärning högre än vid stillande av blodflöden, så de flesta mätningarna utfördes i detta läge. Fältets frekvens bedömdes genom mätning och visning av vågformen på ett oscilloskop, och konstaterades vara 391 kHz. Effekten var ungefär 200 W.

Mätningarna av elektriska och magnetiska fält utfördes kring behandlings- och återledarna. Med hänsyn till mellanfrekvensområdet tillämpas insatsnivåerna för både icke-termiska och termiska effekter vid jämförelsen av det uppmätta fältet med insatsnivåerna (AL).

I mätresultaten i tabell 4.1 anges den magnetiska fältstyrkan på en rad horisontella avstånd halvvägs längs behandlingsledaren. Från dessa resultat extrapolerade avdelningen magnetfältet 1 cm från ledaren och beräknade att det är 7 % av AL för extremiteter.

Bedömningen av magnetfältet kring utrustningen visade att exponeringen för kirurgen eller annan personal i operationsalen varken överskrider insatsnivåerna i direktivet om elektromagnetiska fält eller referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG).

Tabell 4.1 – Magnetisk fältstyrka på olika avstånd från behandlingsledaren i procent av insatsnivåerna och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG)

Avstånd från ledare (cm)	Magnetisk fältstyrka ($A\cdot m^{-1}$)	Magnetisk flödestäthet (μT)	Icke-termiska effekter		Icke-termiska effekter	
			Procent av höga/låga insatsnivåer (%) ⁽¹⁾	Procent insatsnivå för extremiteter (%) ⁽²⁾	Procent insatsnivå (%) ⁽³⁾	Procent av referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) (%) ⁽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⁾ Magnetisk flödestäthet hög/låg insatsnivå vid frekvensen 391 kHz: 100 μT .

⁽²⁾ Magnetisk flödestäthet insatsnivå för extremiteter vid frekvensen 391 kHz: 300 μT .

⁽³⁾ Magnetisk flödestäthet insatsnivå vid frekvensen 391 kHz: 5,12 μT .

⁽⁴⁾ Referensnivå i rådets rekommendation (1999/519/EG) för magnetisk flödestäthet vid frekvensen 391 kHz: 2,35 μT .

Obs: Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 2,7$ dB och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till insatsnivåerna/referensnivåerna.

Det elektriska fältet mättes i området av behandlingsledaren och återledaren. Det konstaterades att det elektriska fältet från återledaren var betydligt starkare än från behandlingsledaren, vilket tydde på att behandlingsledaren är avskärmd. Den elektriska fältstyrkan som en funktion av avståndet från återledaren anges i tabell 4.2. Dessa mätningar avser olika horisontella avstånd halvvägs längs ledaren. Det starkaste uppmätta fältet, 10 cm från ledaren, är lägre än insatsnivåerna. Resultaten visar dock att referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas upp till ungefär 20 cm från ledaren.

Tabell 4.2 – Elektrisk fältstyrka på olika avstånd från återledaren i procent av insatsnivåerna och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG)

Avstånd från ledare (cm)	Elektrisk fältstyrka (Vm^{-1})	Icke-termiska effekter		Termiska effekter	
		Procent av låg insatsnivå (%) ⁽¹⁾	Procent hög insatsnivå (%) ⁽²⁾	Procent insatsnivå (%) ⁽³⁾	Procent av referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) (%) ⁽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⁾ Elektrisk fältstyrka låg insatsnivå i frekvensområdet 3 kHz–10 MHz: $170 Vm^{-1}$.

⁽²⁾ Elektrisk fältstyrka hög insatsnivå i frekvensområdet 3 kHz–10 MHz: $610 Vm^{-1}$.

⁽³⁾ Elektrisk fältstyrka hög insatsnivå i frekvensområdet 3 kHz–10 MHz: $610 Vm^{-1}$.

⁽⁴⁾ Referensnivå i rådets rekommendation (1999/519/EG) för elektrisk fältstyrka i frekvensområdet 150 kHz–1 MHz: $87 Vm^{-1}$.

Obs: Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 0,8$ dB och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till insatsnivåerna/referensnivåerna.

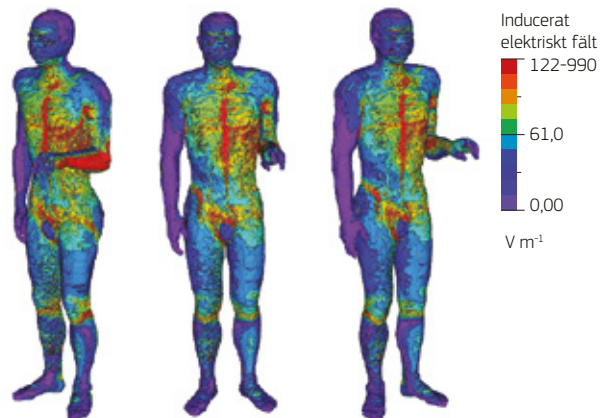
Som komplettering använde avdelningen därefter ett modelleringsprogram för att beräkna patientexponeringen, och ställde om programmet för att modellera exponeringen för kirurgen när det gäller ELV. Både de inducerade elektriska fälten och värdena för specifik energiabsorption per tids- och massenhet (SAR) beräknades för en situation då den elektrokirurgiska apparaten används och ledarna följer kirurgens arm på 1 cm avstånd.

Det inducerade elektriska fältet i olika vävnader beräknades (tabell 4.3). Det högsta beräknade värdet var $628 mVm^{-1}$ i ben. Detta är 0,6 % av ELV för hälsoeffekter, vilket bekräftade att ELV för icke-termiska effekter inte skulle överskridas av kirurgen. Spridningen av inducerade elektriska fält i en mänsklig modell visas i figur 4.5. Det är självfallet möjligt att ledarna till den elektrokirurgiska enheten kan vara närmare kirurgen än 1 cm, eller till och med i kontakt med kirurgen. Avdelningen drog dock slutsatsen att de låga värdena för inducerat elektriskt fält innebär att ELV för hälsoeffekter inte kan överskridas kring den berörda enheten.

Tabell 4.3 – Inducerat elektriskt fält i procent av ELV för hälsoeffekter

Vävnad	Inducerat elektriskt fält (mVm ⁻¹) ⁽¹⁾	% ELV för hälsoeffekter
Ben	628	0,60 %
Fett	493	0,47 %
Hud	461	0,44 %
Hjärna	146	0,14 %
Ryggmärg	275	0,26 %
Näthinna	103	0,10 %

(¹) ELV för hälsoeffekter för intern elektrisk fältstyrka i frekvensområdet 3 kHz–10 MHz: 105 Vm⁻¹ (effektivvärde).

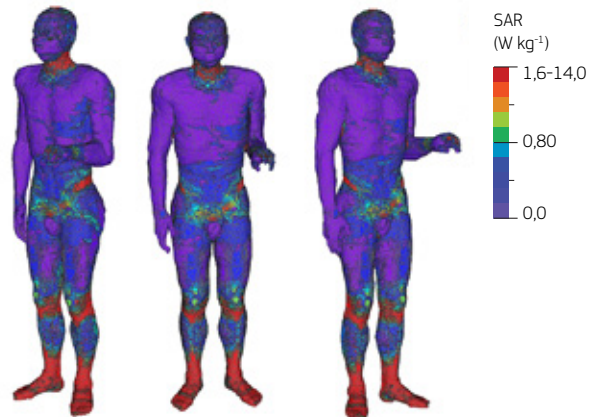
Figur 4.5 – Spridningen av det inducerade elektriska fältet i en mänsklig modell vid exponering för en elektrokirurgisk ledare med 391 kHz

Helkropps-SAR och lokala SAR-värden beräknades (tabell 4.4), och visade att ELV inte skulle överskridas i kirurgens position. Spridningen av SAR i en mänsklig modell visas i figur 4.6.

Tabell 4.4 – Högsta SAR-värden för den berörda exponeringspositionen och jämförelser med ELV

Position	SAR (Wkg ⁻¹)	ELV (Wkg ⁻¹)	% av ELV
Helkropps-SAR, medelvärde	0,0338	0,4	8,4
Toppvärde lokal 10 g SAR i huvud och bål	0,780	10	7,8
Toppvärde lokal 10 g SAR i extremiteter	1,75	20	8,7

Figur 4.6 – Spridning av specifik energiabsorption per tids- och massenhet (SAR) i en mänsklig modell vid exponering för fält med 391 kHz från elektrokirurgisk enhet



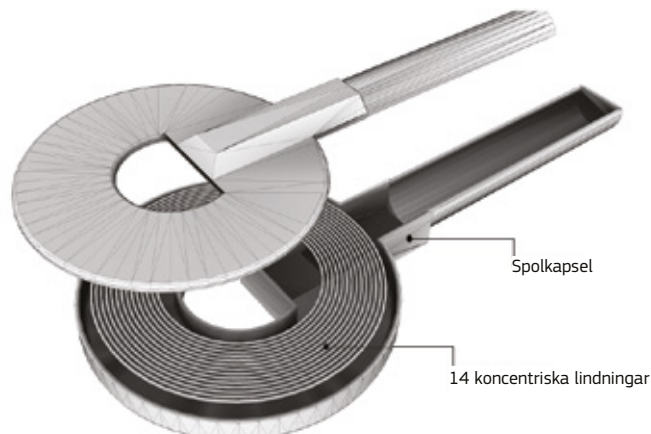
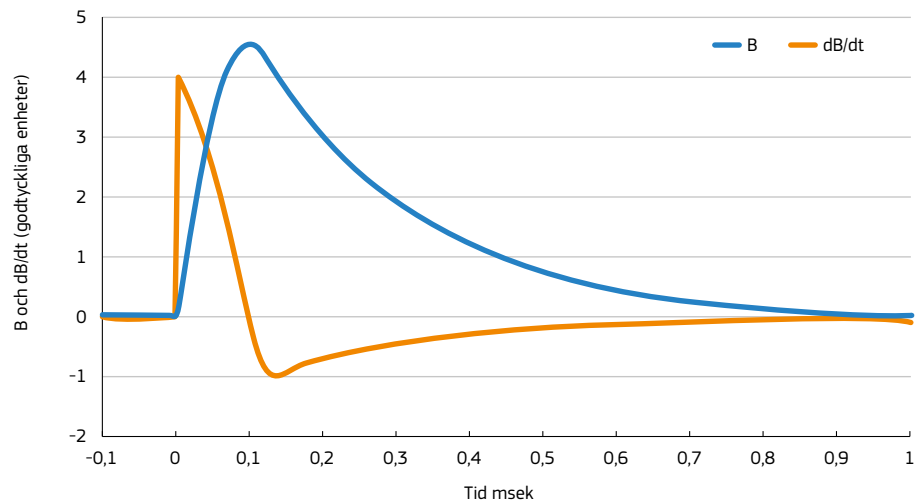
Bedömningen bekräftade att det var osannolikt att kirurgen eller annan sjukhuspersonal skulle exponeras för fält som överskrider ELV. De konstaterade dock att patienten kan exponeras för fält som överskrider referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG), särskilt i närheten av neutralelektroden. Detta betraktades dock i allmänhet inte som något problem, eftersom exponeringen är ett berättigat inslag i operationen. Det kan dock behöva tas under övervägande om patienten har en aktiv inopererad medicinsk enhet (AIMD). En annan möjlig risk var den elektromagnetiska interferensen med känslig medicinsk utrustning i operationssalen. Man var medveten om att detta hade inträffat då behandlingssonden var i närheten av sådan utrustning.

4.6.2 TMS-apparat

TMS-apparaten 200 MAGSTIM har två handinstrument, ett med en cirkelformad spole och ett med två cirkelformade spolar formade som siffran åtta. Klinikern ställer in generatorns uteffekt i procent av den maximala uteffekten. Den kan ställas in för en enda puls eller en serie pulser.

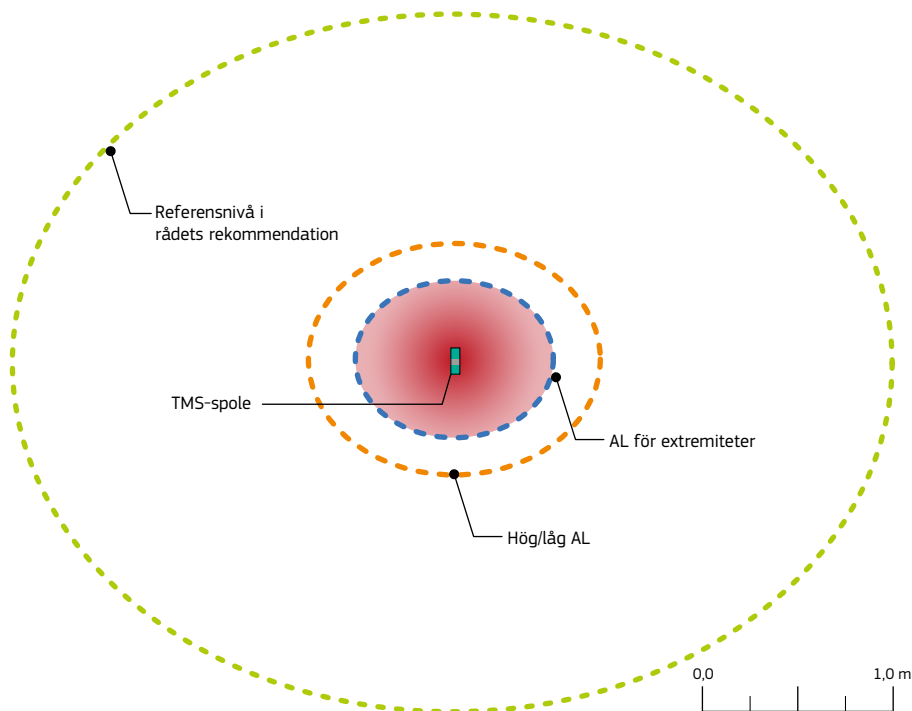
Preliminära mätningar visade att den cirkelformade spolen gav upphov till de starkaste magnetfälten. Denna spole (figur 4.7) är innesluten i en plastkapsel och spollindningen är av koppar, ett material med låg resistans och hög värmeledningsförmåga. Spolen består av 14 koncentriska lindningar med en diameter på 70–122 mm.

Mätningarna utfördes med den cirkelformade spolen, med generatorm inställd på 100 % av den maximala uteffekten och i enkelpulsläge. Tillverkaren lämnade uppgifter om pulsegenskaperna (figur 4.8).

Figur 4.7 – Cirkelformad TMS-spole**Figur 4.8 – Enkelpulsegenskaper enligt tillverkarens uppgifter**

Som förväntat uppmättes de starkaste fälten direkt framför och i mitten av spolen. De områden där insatsnivåerna (AL) och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) skulle kunna överskridas visas i figur 4.9. Där användaren normalt håller handen (11 cm nedanför spolens mitt) var den uppmätta magnetiska flödestätheten 5 600 % av AL för extremiteter.

Figur 4.9 – Planritning med gränslinjerna inom vilka insatsnivån för extremiteter (blå), höga/låga insatsnivåer (röd) och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) (grön) skulle kunna överskridas kring TMS-apparaten



Obs: Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 10\%$ och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till insatsnivåerna/referensnivåerna vid bedömningen av avstånden.

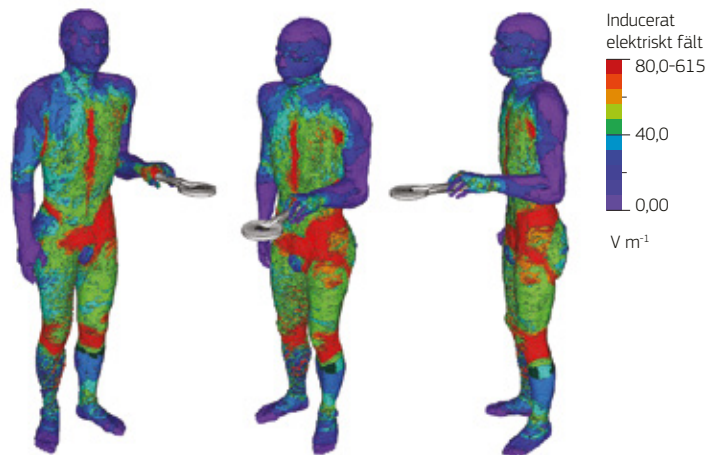
Det stod klart att exponeringen för klinikern med största sannolikhet skulle överskrida insatsnivåerna. De gjorde på nytt en datormodellering av den möjliga exponeringen för klinikerna när det gäller ELV. Modellering genomfördes i två positioner: i den första hölls spolen 30 cm från kroppen och i den andra hölls spolen 15 cm från bålen. Modelleringen visade att gränsvärdena för exponering kunde överskridas med upp till 35 700 % (tabell 4.5). Spridningen av inducerade elektriska fält i en mänsklig modell för båda positionerna visas i figurena 4.10 och 4.11.

Tabell 4.5 – Datormodellerade värden för inducerade elektriska fält och en jämförelse med ELV

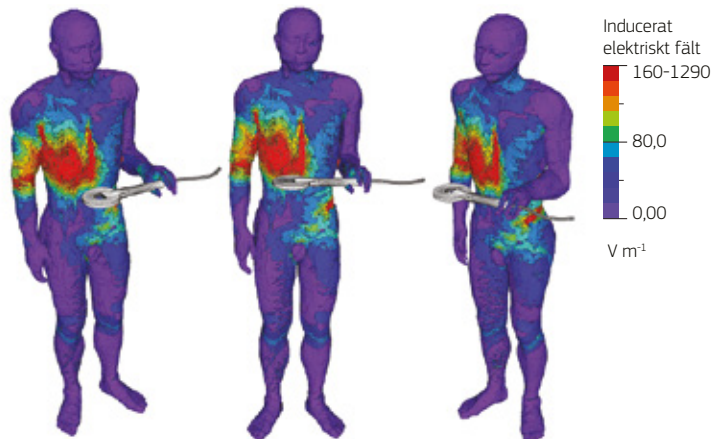
Position	Inducerat elektriskt fält (Vm^{-1})	% ELV för hälsoeffekter ⁽¹⁾
Spolen hålls 30 cm från kroppen	265 (ben)	24 100 %
Spolen hålls 15 cm från bålen	393 (ben)	35 700 %

⁽¹⁾ ELV för hälsoeffekter för intern elektrisk fältstyrka i frekvensområdet 1 Hz–3 kHz: $1,1 Vm^{-1}$ (toppvärde).

Figur 4.10 – Spridningen av det inducerade elektriska fältet i en mänsklig modell vid exponering för TMS-spolen i stående position med spolen 30 cm från kroppen



Figur 4.11 – Spridning av det inducerade elektriska fältet i en mänsklig modell vid exponering för TMS-spolen i stående position med spolen 15 cm från kroppen



Slutsatsen blev att ELV för hälsoeffekter nästan helt säkert skulle överskridas om sonden hölls av klinikern. Interferens med en AIMD skulle också kunna vara en risk. Interferensen med andra sjukhusapparater ansågs dock inte vara ett lika stort problem som med den elektrokirurgiska enheten, eftersom utrustningen normalt inte används i områden där det finns känsliga medicinska apparater.

4.6.3 Kortvågsvärme

Avdelningen bedömde visserligen inte sjukhusets enheter för kortvågsvärme, men de var medvetna om att dessa skulle kunna ge upphov till höga exponeringar för fysioterapeuten och kanske även för annan personal. Vid bedömningar av liknande enheter på andra vårdinrättningar drog slutsatsen att insatsnivåerna skulle kunna överskridas upp till ungefär 2 m från enheter för kapacitiv kortvågsvärme och upp till 1 m från enheter för induktiv kortvågsvärme. Avdelningen beslutade att göra en ytterligare bedömning av den egna utrustningen om den skulle börja användas igen. Skälet var att de skulle kunna ge fysioterapeuterna råd om säkra arbetsrutiner (t.ex. säkra arbetsavstånd) och avgöra om referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas i områden där arbetstagare som är utsatta för särskilda risker kan uppehålla sig.

4.7 Riskbedömning

Sjukhuset gjorde riskbedömningar för den elektrokirurgiska enheten (tabell 4.6) och TMS-apparaten (tabell 4.7) på grundval av de mätningar som hade utförts av avdelningen för medicinsk fysik. Dessa följde den metod som rekommenderas av OiRA (Europeiska arbetsmiljöbyråns interaktiva onlineplattform för riskbedömning). I riskbedömningarna drog följande slutsatser:

4.7.1 Elektrokirurgisk enhet

- Användningen av denna enhet leder sannolikt inte till att kirurgen eller annan sjukhuspersonal överskrider ELV.
- Det finns en risk för elektromagnetisk interferens med aktiva inopererade medicinska enheter (AIMD) och annan känslig medicinsk utrustning i salen.

4.7.2 TMS-enhet

- Användningen av denna enhet leder sannolikt till att kirurgen och kanske annan sjukhuspersonal överskrider ELV, möjligen i hög grad.
- Det finns en risk för elektromagnetisk interferens med aktiva inopererade medicinska enheter (AIMD).
- Det är liten risk för elektromagnetisk interferens med känslig medicinsk utrustning, eftersom utrustningen inte används i närheten av dessa enheter.

Sjukhuset utarbetade en åtgärdsplan med utgångspunkt i riskbedömningen och denna dokumenterades.

Tabell 4.6 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält för elektrokirurgisk enhet

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad			Sannolikhet		Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig	Osannolikt	Möjligt		
Troligt	Modelleringen har visat att ELV inte kommer att överskridas av arbetstagarna	Kirurgen och andra personer i operationslaget	✓			✓		Låg	Inga
Indirekta effekter av elektromagnetiska fält (effekt på aktiva inopererade medicinska enheter (AIMD) och annan känslig medicinsk utrustning)	Inga	Kirurgen och andra personer i operationslaget Patient		✓			✓	Låg	<p>Upplýsa arbetstagarna om risken för interferens med känslig medicinsk utrustning</p> <p>Arbetstagarna anmodas att rapportera fall av interferens med medicinsk utrustning till avdelningen för medicinsk fysik</p> <p>Avdelningen för medicinsk fysik ska överväga att upplýsa kirurgerna om säkra minimiavstånd från behandlingssonden och ledarna till aktiva inopererade medicinska enheter (AIMD) och annan känslig medicinsk utrustning</p>

Tabell 4.7 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält för apparater för transkraniell magnetstimulering (TMS)

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad			Sannolikhet			Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig	Osannolikt	Möjligt	Troligt		
<p>Direkta effekter av elektromagnetiska fält:</p> <p>ELV för hälsoeffekter kan överskridas av klinikern som använder utrustningen</p> <p>Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas upp till 235 cm från sonden</p>	Inga	<p>Klinikern</p> <p>Arbetsstagare som är utsatta för särskilda risker (gravida arbetsstagare)</p>	✓				✓	Medel	<p>Gravida arbetstagare får inte använda utrustningen eller vistas i salen när utrustningen används</p> <p>Varningsmärkning ska finnas på utrustningen</p> <p>Montera sonden på ett stativ när så är möjligt</p>	
<p>Indirekta effekter av elektromagnetiska fält (effekt på AIMD):</p> <p>Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas upp till 235 cm från elektroderna</p>	Inga	<p>Arbetsstagare som är utsatta för särskilda risker</p>	✓				✓	Medel	<p>Arbetsstagarna ska informeras om risken</p> <p>Arbetsstagare med AIMD får inte använda utrustningen eller vistas i salen när utrustningen används</p> <p>Patienter med AIMD får inte behandlas med enheten</p> <p>Varnings- och förbudsmärkning ska finnas på utrustningen</p>	

4.8 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder

Före mätningarna och bedömningen hade inte några särskilda säkerhetsåtgärder vidtagits för att begränsa exponeringen för elektromagnetiska fält.

4.9 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen

Till följd av bedömningen och efter en utvärdering av de risker som är förknippade med utrustningen utarbetade sjukhuset en åtgärdsplan och beslutade att vidta följande ytterligare säkerhetsåtgärder:

4.9.1 Elektrokirurgisk enhet

I förhållande till den elektrokirurgiska enheten:

- Upplysa arbetstagarna om risken för interferens med känslig medicinsk utrustning.
- Anmoda arbetstagarna att rapportera fall av interferens med medicinsk utrustning till avdelningen för medicinsk fysik.
- Avdelningen för medicinsk fysik ska överväga att upplysa klinikern om säkra minimiavstånd från behandlingssonden och ledarna till aktiva inopererade medicinska enheter (AIMD) och annan känslig medicinsk utrustning.

4.9.2 TMS-enhet

I förhållande till TMS-enheten:

- Förbjuda gravida arbetstagare och arbetstagare med AIMD att använda utrustningen eller vistas i salen under behandling.
- Inte behandla patienter med AIMD.
- Sätta upp varningsmärkning om starka magnetfält och förbudsmärkning för personer med AIMD (figur 4.12).
- Om möjligt montera sonden på en precisionslägesställare så att klinikern kan stå på större avstånd från sonden under behandling.
- Vid behov ska avdelningen för medicinsk fysik överväga att konstruera en fjärlägesställare så att klinikern kan stå på avstånd från sonden under behandling.

Figur 4.12 – Exempel på varningsmärkning för starka magnetfält och en illustration av förbudssymbolen för personer med AIMD



Varning
Denna utrustning alstrar
starka magnetfält



**Tillträde
förbjudet för personer
med aktiva inopererade
medicinska enheter**

4.9.3 Kortvågsdiatermi

I förhållande till kortvågsdiatermi:

- Avdelningen för medicinsk fysik ska be sjukhusets fysioterapeuter att underrätta dem innan de utför behandlingar med kortvågsdiatermi, så att en riskbedömning för elektromagnetiska fält kan utföras och lämpliga åtgärder vid behov vidtas.

5. VERKSTAD

5.1 Arbetsplats

Ett verkstadsföretag ville bedöma hur genomförandet av direktivet om elektromagnetiska fält kan påverka verksamheten. Företaget har olika slags elektrisk utrustning i verkstaden, bland annat

- enhet för magnetpulverprovning,
- avmagnetiserare,
- planslipmaskin,
- plåtskärmaskin,
- bandsåg,
- bygelsåg,
- kapsåg,
- fräsmaskin (motor),
- pelarborrmaskin,
- "strip heater"-utrustning för varmtråd,
- svarvar,
- handborr,
- slipskiva.

5.2 Arbetets art

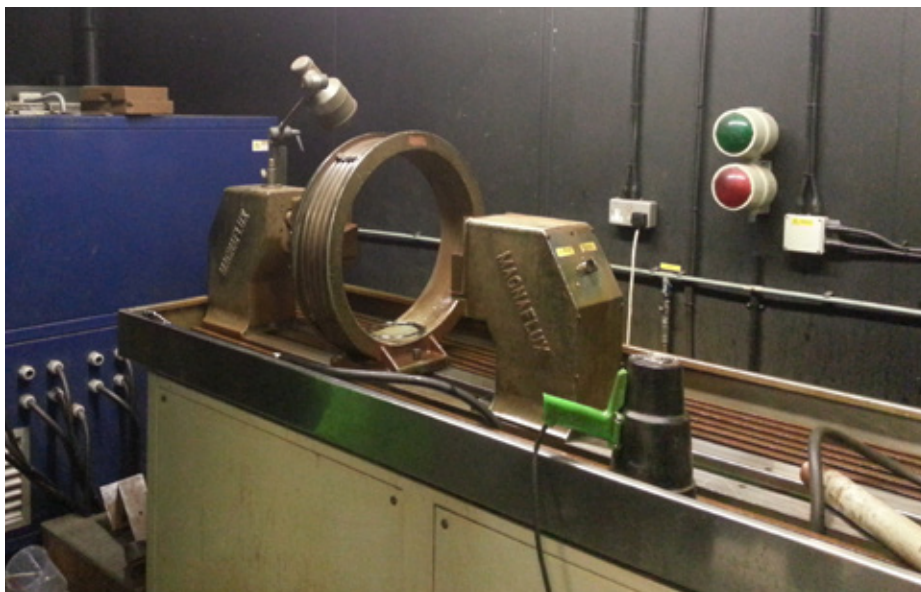
Företaget var medvetet om att en del av utrustningen, såsom enheten för magnetpulverprovning som används vid oförstörande provning och avmagnetiseraren för avmagnetisering av komponenter, ger upphov till elektromagnetiska fält. Företaget ville dock även ta reda på om andra verktyg kan alstra starka elektromagnetiska fält.

5.3 Användning

5.3.1 Magnetpulverprovning

Magnetpulverprovning (figur 5.1) används för oförstörande provning av metallkomponenter. Vid magnetpulverprovning leds ström till ett ferromagnetiskt arbetsstycke för att magnetisera det. Defekter i arbetsstyckets yta stör det magnetfält som alstras av strömmen. En ferromagnetisk färg som anbringas på arbetsstyckets yta gör att defekterna framträder i ljuset av en lämplig ljuskälla. Arbetstagaren som utför provningen av arbetsstycket arbetar i allmänhet i utrustningens omedelbara närhet.

Figur 5.1 – Enhet för magnetpulverprovning



5.3.2 Avmagnetiserare

Företaget använder en avmagnetiserare (figur 5.2) för att avmagnetisera metallkomponenter efter magnetpulverprovningen. Komponenterna läggs för hand på en tralla som passerar genom hålet i avmagnetiseringsspolen. Maskinskötaren skjuter för hand komponenten på trallan genom avmagnetiseraren. Komponenten lyfts därefter bort från trallan på andra sidan avmagnetiseraren.

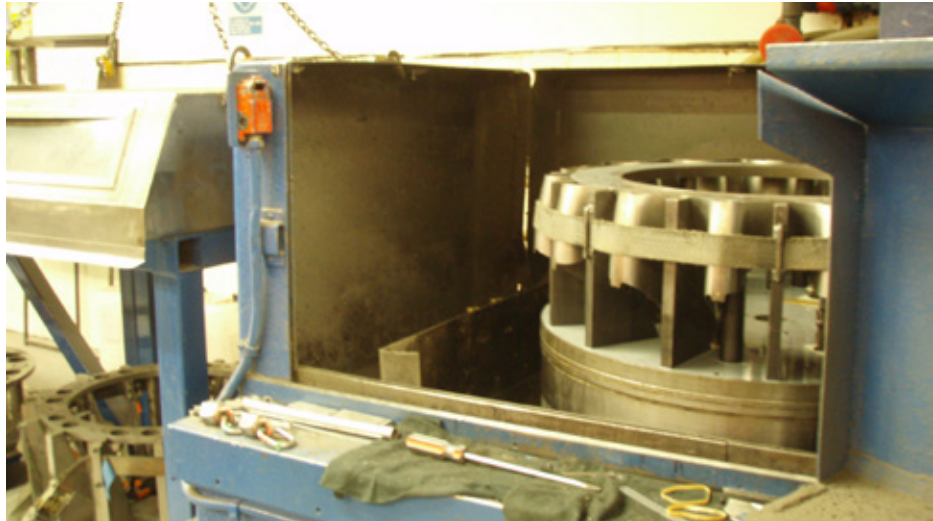
Figur 5.2 – Avmagnetiserare med skjutbar tralla



5.3.3 Planslipmaskin

Planslipmaskinen (figur 5.3) har ett vridbart bord med en chuck med statiskt magnetfält, i vilken man sätter fast de komponenter som ska slipas. Den magnetiska chucken kan aktiveras av maskinskötaren när slipmaskinens paneler är öppna.

Figur 5.3 – Planslipmaskin



5.3.4 Andra verktyg som används i verkstaden

Olika arbetstagare använder regelbundet de andra verktygen i verkstaden, dvs.

- plåtskärmaskin,
- bandsåg,
- bygelsåg,
- kapsåg,
- fräsmaskin (motor),
- pelarborrmaskin,
- "strip heater"-utrustning för varmtråd,
- svarvar,
- handborr,
- slipskiva.

5.4 Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält

Företaget var medvetet om att risker med elektromagnetiska fält kunde vara förknippade med enheten för magnetpulverprovning och avmagnetiseraren, eftersom det anges i informationen från tillverkaren att utrustningen kan påverka pacemakrar. Ingen ytterligare information om risken lämnades dock. Företaget hittade inte någon säkerhetsinformation om elektromagnetiska fält för de övriga verktygen i verkstaden, och gick därför igenom förteckningen över utrustning i tabell 3.2 i kapitel 3 av volym 1 i vägledningen. Därigenom kunde företaget dra slutsatsen att de flesta elektriska handverktyg och mindre elektriska apparater sannolikt inte utgjorde något problem när det gäller exponering för elektromagnetiska fält.

5.5 Sätt att bedöma exponering

På grund av bristen på tillgänglig information om riskerna med elektromagnetiska fält från enheten för magnetpulverprovning och avmagnetiseraren beslutade företaget att anlita en expertkonsult för en ingående bedömning. Företaget var angeläget om att ta reda på hur stora riskerna är och fastställa om risker är förknippade med denna utrustning.

Konsulten mätte den tidsvarierande magnetiska flödestätheten kring utrustningen med hjälp av ett instrument med inbyggt elektroniskt filter, som ger ett resultat i procent på grundval av "weighted peak"-metoden i tidsdomänen. Detta möjliggjorde en direkt jämförelse med insatsnivåerna (AL). För statiska magnetfält använde konsulten en magnetometer med tre axlar för halleffekt som mätte den magnetiska fältstyrkan.

5.6 Resultat av exponeringsbedömningen

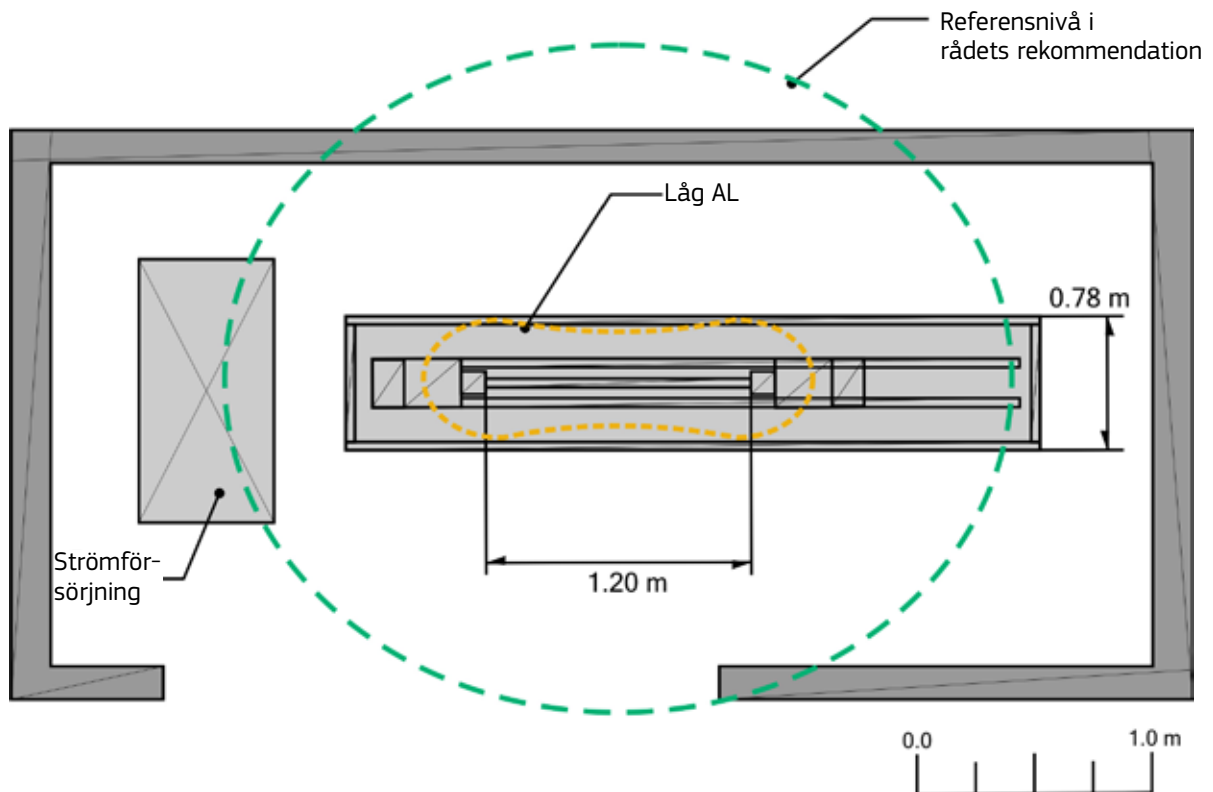
5.6.1 Magnetpulverprovning

Enheten för magnetpulverprovning använder normalt 1–4 kA. Mätningarna av magnetisk flödestäthet gjordes med utrustningen i maxläget med 10 kA. Utrustningen ställdes in på radiell magnetisering, vilket innebär att strömmen appliceras direkt på arbetsstycket. Vid inspektionen visade det sig att maskinskötaren stod 60 cm från arbetsstycket, så mätningarna gjordes i denna position. Den låga insatsnivån överskreds inte i denna position.

Mätningar utfördes även i andra positioner kring utrustningen och resultaten jämfördes med insatsnivåerna och med referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG). Dessa nivåer kan ge ett hum om exponeringen för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker (se bilaga E till volym 1 av vägledningen).

I figur 5.4 visas områden där insatsnivåerna och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas. Gränslinjen för låg insatsnivå ryms nästan helt inom maskinens fundament, medan gränslinjen för referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) sträcker sig ungefär 1,5 m ut från arbetsstycket och upp till 0,4 m in i områdena i anslutning till bålet för magnetpulverprovning.

Figur 5.4 – Planritning med gränslinjerna inom vilka den låga insatsnivån (gul) och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) (grön) skulle kunna överskridas



5.6.2 Avmagnetiserare

Entreprenören gjorde mätningar av magnetfält kring avmagnetiseraren (se tabell 5.1). Den magnetiska flödestätheten var lägre än den låga insatsnivån 40 cm från mitten av hålet i magneten och överskred knappt den höga insatsnivån i jämnhöjd med magnetens plana yta. Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) överskreds upp till 1 m från hålet i magneten.

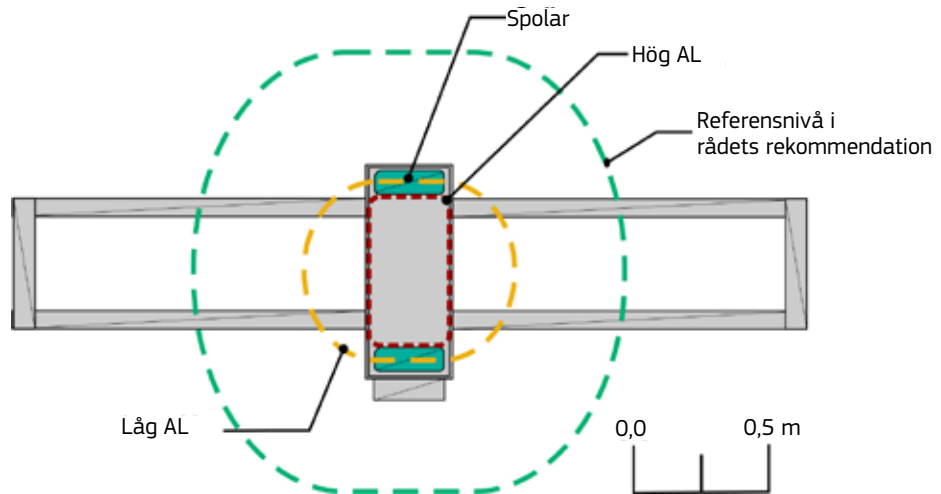
I figur 5.5 visas områdena där insatsnivåerna och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas.

Tabell 5.1 – Uppmätt magnetisk flödestäthet kring avmagnetiseraren i procent av insatsnivåerna i direktivet om elektromagnetiska fält

Mätposition	Mätstorhet			Exponering inom ramen för direktivet om elektromagnetiska fält				
	Frekvens (Hz)	Magnetisk flödestäthet (µT)	Låg insatsnivå (µT)	Exponering (%)	Hög insatsnivå (µT)	Exponering (%)	Insatsnivå för extremiteter (µT)	Exponering (%)
Maskinkötarens sida av trallans spår:								
• Nära kontrollpanelens högra sida	50	590	1 000	59 %	6 000	10 %	18 000	3,3 %
• Spårets kant längs magneten	50	1 400	1 000	140 %	6 000	23 %	18 000	7,8 %
• 40 cm från mitten av hålet i magneten	50	600	1 000	60 %	6 000	10 %	18 000	3,3 %
1 m från mitten av hålet i magneten (mot avmagnetiserarens sida):								
• Öppna änden	50	70	1 000	7,0 %	6 000	1,2 %	18 000	0,4 %
• Slutna änden	50	70	1 000	7,0 %	6 000	1,2 %	18 000	0,4 %
Borte sidan av trallans spår (sidan utan kontrollpanel):								
• 25 cm från mitten av hålet i magneten	50	3 200	1 000	320 %	6 000	53 %	18 000	18 %
• 40 cm från mitten av hålet i magneten	50	600	1 000	60 %	6 000	10 %	18 000	3,3 %
• 30 cm från magnetkåpan (sidan med frånskiljaren)	50	250	1 000	25 %	6 000	4,2 %	18 000	1,4 %
Ovanför trallspåret på mag-nethålets axel:								
• I jämnhöjd med magnetens plana yta (öppna änden)	50	6 700	1 000	670 %	6 000	110 %	18 000	37 %
• I jämnhöjd med magnetens plana yta (slutna änden)	50	6 700	1 000	600 %	6 000	100 %	18 000	33 %

Obs: Mätningarna utfördes med instrumentet i fältstyrkeläge, som visade att vågformen alltid dominerades av grundfrekvensen 50 Hz. Mätosäkerheten bedömdes vara ± 10 % och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultatet i direkt förhållande till insatsnivåerna.

Figur 5.5 – Planritning med gränslinjerna inom vilka den höga insatsnivån (röd), den låga insatsnivån (gul) och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) (grön) skulle kunna överskridas kring avmagnetiseraren



5.6.3 Planslipmaskin

Mätningar gjordes kring slipmaskinen, som har en magnetisk chuck för att hålla fast arbetsstycket.

Mätningarna kring enheten visade att gränsvärdena för exponering (ELV) för statiska magnetfält inte överskreds någonstans. Insatsnivån för exponering för aktiva inopererade medicinska enheter skulle dock kunna överskridas i den magnetiska chuckens omedelbara närhet (tabell 5.2).

Tabell 5.2 – Avstånd vid vilket den magnetiska flödestätheten minskar till insatsnivån för exponering för aktiva inopererade medicinska enheter (0,5 mT)

Utrustning	Avstånd från bordets sidokant	Avstånd från bordets övre kant
Lumsden slipmaskin	15 cm	15 cm

Obs: Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 5\%$ och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till insatsnivån vid bedömningen av avstånden.

5.6.4 Andra verktyg som används i verkstaden

Mätningar av magnetisk flödestäthet gjordes kring de övriga maskindrivna verktygen i verkstaden och insatsnivåerna överskreds inte någonstans.

För verktygen i tabell 5.3 överskred inte den magnetiska flödestätheten insatsnivåerna eller referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) någonstans. För verktygen i tabell 5.4 överskred den magnetiska flödestätheten referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) i vissa positioner nära utrustningen.

Tabell 5.3 – Verktyg som inte utgör någon risk när det gäller elektromagnetiska fält

Utrustning	Procent av referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG)
Plåtskärmaskin	33 %
Bandsåg	< 1 %
Bygelsåg	< 1 %
Fräsmaskin	50 %
Pelarbormaskin	20 %
"Strip heater"-utrustning för varmtråd	20 %
Slipskiva	20 %
Svarvar	< 2 %

Tabell 5.4 – Verktyg kring vilka den magnetiska flödestätheten överskred referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG)

Utrustning	Anmärkningar
Kapsåg	280 % vid utrustningens yta 100 % 15 cm från motorn 20 % vid maskinskötarens position
Slip-/polermaskin	350 % vid utrustningens yta 100 % 10 cm från utrustningen
Handborr	700 % vid utrustningens yta 300 % vid normal kroppsposition (7 cm från borrhans baksida) 100 % 15 cm från borrhans baksida

5.7 Riskbedömning

Företaget gjorde riskbedömningar för elektromagnetiska fält för utrustningen på grundval av konsultens mätningar och bedömningar (tabellerna 5.5–5.9). Dessa följde den metod som rekommenderas av OIRA (Europeiska arbetsmiljöbyråns interaktiva onlineplattform för riskbedömning). I riskbedömningarna drogs följande slutsatser:

- Enheten för magnetpulverprovning – insatsnivåerna överskrids inte i maskinskötarens normala position. Upp till ungefär 1,5 m från arbetsstycket kan det finnas en risk för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker.
- Avmagnetiseraren – arbetstagarna kan överskrida den låga insatsnivån om de står nära magneten. Upp till ungefär 1 m från magneten kan det finnas en risk för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker.
- Planslipmaskinen – upp till ungefär 15 cm från den magnetiska chucken kan det finnas en risk för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker. Det bedömdes dock som osannolikt att en arbetstagare skulle ställa sig så nära magneten.
- Handborren – det kan finnas en risk för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker när de använder verktyget.
- Övriga verktyg – kring vissa verktyg uppmättes fält som överskred referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG). Fälten var dock mycket lokala, varför risken för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker bedömdes vara låg.

Företaget utarbetade och dokumenterade en åtgärdsplan med utgångspunkt i riskbedömningen.

Tabell 5.5 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält för enhet för magnetpulverprovning

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad			Sannolikhet		Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig	Osannolikt	Möjligt		
<p>Direkta effekter av elektromagnetiska fält:</p> <p>Den låga insatsnivån kan överskridas inom maskinens fundament</p> <p>Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas upp till 1,5 m från arbetsstycket</p>	<p>Maskinskötaren står normalt 60 cm från arbetsstycket, så den låga insatsnivån bör inte överskridas i maskinskötarens position</p> <p>Utrustningen används i ett bås</p>	<p>Maskinskötare</p> <p>Andra arbetstagare</p> <p>Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker (gravida arbetstagare)</p>	✓				✓	Låg	<p>Information och fortbildning för maskinskötare och andra arbetstagare</p> <p>Varningsmärkningar ska finnas på utrustningen</p> <p>Gravida arbetstagare får inte använda utrustningen eller gå in i båset när utrustningen används</p> <p>Lämplig varnings- och förbudsmärkning ska finnas vid ingången till båset</p>
<p>Indirekta effekter av elektromagnetiska fält (effekt på aktiva inopererade medicinska enheter):</p> <p>Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas upp till 1,5 m från arbetsstycket</p>	<p>Arbetstagare med aktiva inopererade medicinska enheter får inte använda utrustningen</p>	<p>Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker</p>		✓		✓		Låg	<p>Alla arbetstagare ska informeras om risken</p> <p>Varningar ska ges i säkerhetsinformationen för anläggningen</p> <p>Lämplig varnings- och förbudsmärkning ska finnas vid ingången till båset</p>

Tabell 5.6 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält för avmagnetiserare

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad			Sannolikhet			Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig	Osannolikt	Möjligt	Troligt		
<p>Direkta effekter av elektromagnetiska fält:</p> <p>Den låga insatsnivån kan överskridas upp till 40 cm från magneten</p> <p>Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas upp till 1 m från magneten</p>	Inga	Maskinskötare	✓				✓	Låg	<p>Installera skydd så att arbetstagarna inte överskrider den låga insatsnivån och avmagnetisera vissa av de mer enformiga avmagnetiseringsprocesserna, såvida det inte gör det svårt att använda utrustningen</p> <p>Information och fortbildning åt maskinskötare och andra arbetstagare</p> <p>Varningsmärkningar ska sättas upp</p> <p>Avgränsa område där referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) överskrids</p> <p>Gravida arbetstagare får inte gå in i det avgränsade området</p> <p>Lämplig varnings- och förbudsmärkning ska finnas vid ingången till det avgränsade området</p>	
<p>Indirekta effekter av elektromagnetiska fält (effekt på aktiva inopererade medicinska enheter):</p> <p>Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas upp till 1 m från magneten</p>	Arbetstagare med aktiva inopererade medicinska enheter får inte använda utrustningen	Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker		✓		✓		Låg	<p>Alla arbetstagare ska informeras om risken</p> <p>Varningar ska ges i säkerhetsinformationen för anläggningen</p> <p>Lämplig varnings- och förbudsmärkning ska finnas vid ingången till det avgränsade området</p>	

Tabell 5.7 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält för slipmaskin

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad			Sannolikhet		Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig	Osannolikt	Möjligt		
Direkta effekter av statiska magnetfält	Inga Gränsvärdena för exponering överskrids inte i någon position	Maskinskötare	✓			✓		Låg	Inga
Indirekta effekter av statiska magnetfält (effekt på aktiva inopererade medicinska enheter): Insatsnivån för exponering för aktiva inopererade medicinska enheter kan överskridas upp till ungefär 15 cm från de magnetiska chuckarna	Inga	Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker		✓		✓		Låg Det är osannolikt att en arbetstagarare ställer sig så nära de magnetiska chuckarna	Maskinskötarna ska informeras om risken Personer med aktiva inopererade medicinska enheter får inte arbeta med maskinen när panelerna är öppna Lämplig varnings- och förbudsmärkning ska finnas på utrustningen

Tabell 5.8 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält för handborr

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad			Sannolikhet		Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig	Osannolikt	Möjligt		
Direkta effekter av elektromagnetiska fält: Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas upp till 15 cm från borrhens baksida	Inga	Maskinskötare Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker (gravida arbetstagare)	✓				✓	Låg	Gravida arbetstagare får inte använda handborren Arbetstagarna ska informeras om risken
Indirekta effekter av elektromagnetiska fält (effekt på aktiva inopererade medicinska enheter): Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas upp till 15 cm från borrhens baksida	Inga	Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker		✓			✓	Låg	Personer med aktiva inopererade medicinska enheter får inte använda utrustningen Arbetstagarna ska informeras om risken

Tabell 5.9 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält för övriga maskindrivna verktyg

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad			Sannolikhet			Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig	Osannolikt	Möjligt	Troligt		
Direkta effekter av elektromagnetiska fält: Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas mycket lokalt nära utrustningen	Inga	Maskinskötare Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker (gravida arbetstagare)	✓			✓			Låg Det är högst osannolikt att en arbetstagare ställer sig så nära utrustningen	Inga
Indirekta effekter av elektromagnetiska fält (effekt på aktiva inopererade medicinska enheter): Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas mycket lokalt nära utrustningen	Inga	Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker		✓		✓			Låg Det är högst osannolikt att en arbetstagare ställer sig så nära utrustningen	Inga

5.8 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder

Före konsultens mätningar och bedömning hade mycket få säkerhetsåtgärder vidtagits. Dessa var begränsade till

- förbud mot att arbetstagare med aktiva inopererade medicinska enheter använder enheten för magnetpulverprovning eller avmagnetiseraren.

5.9 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen

Till följd av bedömningen och efter en utvärdering av de risker som är förknippade med utrustningen utarbetade företaget en åtgärdsplan och beslutade att göra följande:

- Montera fyra relativt små icke-metalliska skärmar (Perspex) på båda sidorna av avmagnetiserarens magnethål. Dessa skulle vinklas inåt för att inte vara för mycket i vägen, men skulle överallt vara ungefär 40 cm från magnethålets öppning.
- Automatisera vissa av de mer enformiga avmagnetiseringsprocesserna med hjälp av robotar och transportband (figur 5.6). Detta innebar ytterligare fördelar med tanke på manuell hantering av laster i enlighet med kraven i EU:s direktiv 90/269/EEG.
- Vid behov sätta upp varnings- och förbudsmärkningar på utrustningen och vid ingången till områden där referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas. Exempel på varningsmärkningar finns i figur 5.7.

- Ge maskinskötarna fortbildning och se till att de känner till resultaten av riskbedömningen och lämpliga skyddsåtgärder och förebyggande åtgärder.
- Ta fram ytterligare rutiner för att se till att alla arbetstagare, däribland besökare och entreprenörer, känner till de möjliga riskerna för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker (se bilaga E till volym 1 av vägledningen).

Figur 5.6 – Automatisk avmagnetiserare med transportband i en robotcell

Robot

Avmagnetiserare



Figur 5.7 – Exempel på varnings- och förbudsmärkningar

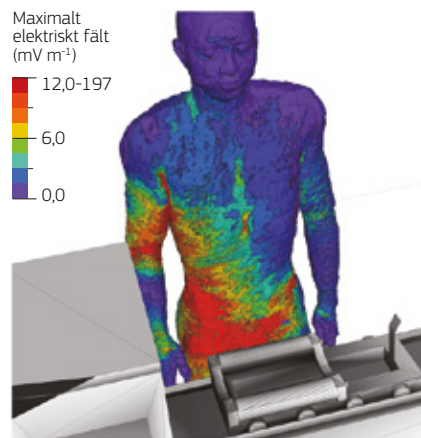


5.10 Ytterligare informationskällor

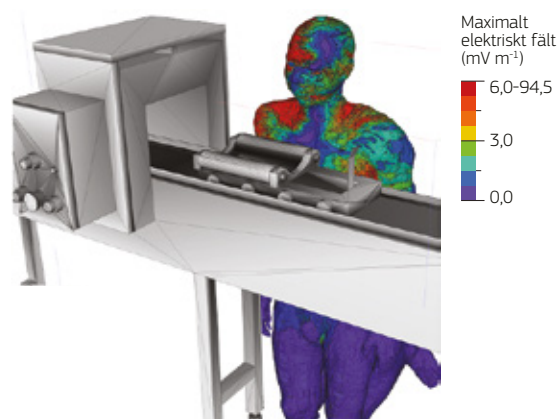
Datormodellering baserad på mätresultaten kring avmagnetiseraren visar att de inducerade elektriska fälten höll sig inom gränsvärdena för exponering (ELV), trots att insatsnivåerna överskreds. För följande tre exponeringssituationer varierade de inducerade elektriska fälten mellan 5 % och 54 % av det låga ELV.

- Stående i position 1, 25 cm från magnethålet (figur 5.8a).
- Knästående i position 1, 25 cm från magnethålet (figur 5.8b).
- Framåtlutad i position 2, i jämnhöjd med magnethålet (figur 5.8c).

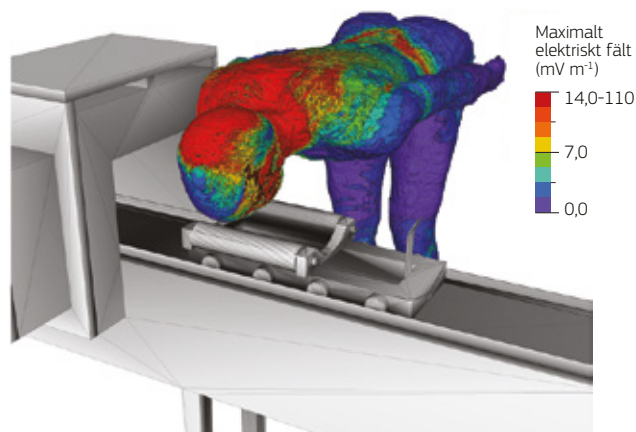
Figur 5.8a – Spridning av det inducerade elektriska fältet i en mänsklig modell vid exponering för avmagnetiseraren i stående position 1, 25 cm från magnethålet



Figur 5.8b – Spridning av det inducerade elektriska fältet i en mänsklig modell vid exponering för avmagnetiseraren i knästående position 1, 25 cm från magnethålet



Figur 5.8c – Spridning av det inducerade elektriska fältet i en mänsklig modell vid exponering för avmagnetiseraren i framåtlutad position 2, i jämnhöjd med magnethålet



6. BILINDUSTRI

6.1 Arbetsplats

Denna fallstudie avser handhållna punktsvetsmaskiner och induktionsvärmare i ett bilplåtslageri. Även om det inte rör sig om små eller medelstora företag behandlas även i korthet en ledande internationell fordonstillverkarens användning av punktsvetsmaskiner i avsnitt 6.11.

6.2 Arbetets art

Handhållna punktsvetsmaskiner (figur 6.1) och induktionsvärmare (figur 6.3) kan medföra en risk på grund av de starka tidsvarierande magnetfält som alstras av den stora elektriska strömmen vid svetsning eller värmning av metall. I fallstudien behandlas två punktsvetsmaskiner och tre induktionsvärmarsystem som normalt används i bilplåtslagerier.

Figur 6.1 – En handhållen punktsvetsmaskin används för att svetsa fast en ny plåt



6.3 Användning

De flesta moderna fordon tillverkas genom att plåtar svetsas ihop för att skapa en stomme som huvudkomponenterna sedan monteras på. Oftast används punktsvetsmaskiner vid svetsningen. Handhållna punktsvetsmaskiner består av en svetspistol ansluten till en styrenhet med elektriska system och kylsystem. Pistolen har två formade elektroder av kopparlegering för punktsvetsning. Elektrodernas storlek kan varieras beroende på var svetsningen sker på stommen. En av de bedömda svetsmaskinerna i bilplåtslageriet visas i figur 6.2.

Figur 6.2 – En typisk handhållen punktsvetsmaskin i ett bilplåtslageri. Systemet är rörligt eftersom styrenheten har svängbara hjul. Elektriska kablar och kylkablar är anslutna mellan enhetens framsida och baksidan på svetspistolen, som sitter i sin hållare till vänster om kontrollpanelen.



Vid service eller reparation av fordon måste arbetstagarna ofta värma upp metallkomponenterna så att de kan avlägsnas, vilket vanligtvis beror på rost. Induktionsvärmare består av en elektromagnetisk spole genom vilken en växelström med låg frekvens passerar. Magnetfältet kring spolen inducerar elektrisk ström, så kallade virvelströmmar, i målobjektet och motståndet mot dessa strömmar får objektet att värmas upp. En av de bedömda värmarna visas i figur 6.3.

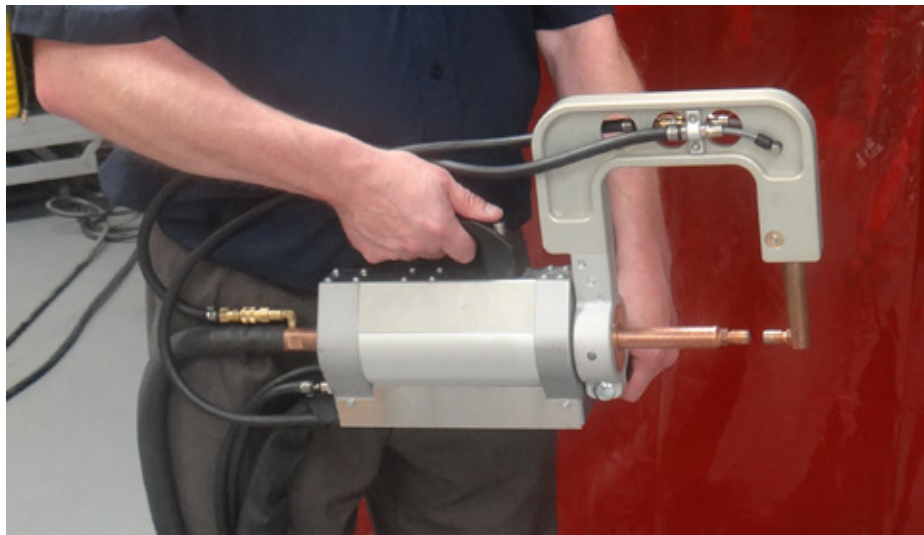
Figur 6.3 – En 1 kW handhållen induktionsvärmare används för att värma upp en kärvande bult



6.4 Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält

Den ena bedömda svetsmaskinen på verkstaden hade en pistol av C-typ som kan förses med armar på antingen 160 mm eller 550 mm, medan den andra hade en pistol av X-typ som kan förses med elektroder på antingen 160 mm eller 550 mm. De olika pistoltyperna visas i figurerna 6.4 och 6.5. Båda svetsmaskinerna använder en ström på 7 500–12 000 A och fungerar med frekvensen 2 kHz. I pistolen av C-typ kommer svetsströmmen från en extern transformator, medan en inbyggd minitransformator används i pistolen av X-typ. Det innebär att strömmen från nätet på 50/60 Hz leds genom kabeln mellan styrenheten och pistolen i denna svetsmaskin, i stället för den mycket större svetsströmmen. Det framgår senare i denna fallstudie varför detta är viktigt.

Figur 6.4 – Verkstadens svetspistol av C-typ med monterad arm på 160 mm I pistolens huvuddel (under arbetstagarens hand) finns den kolv som tvingar ihop elektroderna. Svetsströmmen leds från styrenheten genom kablarna till vänster på bilden.



Figur 6.5 – Verkstadens svetspistol av X-typ med elektroder på 550 mm. Elektroden knips ihop med hjälp av en kolv i pistolens huvuddel (mellan arbetstagarens händer), som även innehåller transformatorn för svetsström.



Verkstadens tre bedömda induktionsvärmare hade olika effekt: 1, 4 och 10 kW. Värmaren på 1 kW används med frekvensen 15 kHz och värmarna på 4 och 10 kW används med en frekvens mellan 17 och 40 kHz. Frekvensen för värmarna på 4 och 10 kW varierar eftersom de automatiskt kan anpassa strömmens frekvens för att skapa maximal koppling med det objekt som värms upp.

Värmaren på 1 kW bestod av en enda handhållen enhet med kombinerad transformator och motståndselement och saknade aktiv kylning (figur 6.3). Värmarna på 4 och 10 kW bestod av separat kraftaggregat och handhållet motståndselement och hade aktiva kylsystem (figur 6.6).

Figur 6.6 – Induktionsvärmarna på 4 kW (vänster) och 10 kW (höger) för uppvärmning av metallkomponenter i verkstaden. I dessa fall finns transformatorn i ett separat kraftaggregat (till vänster i bilden), med el- och kylkablar mellan kraftaggregatet och motståndselementet (som hålls av arbetstagaren). Den mycket enklare induktionsvärmaren på 1 kW i figur 6.3 fungerar annorlunda.



6.5 Sätt att bedöma exponering

En bilbranschorganisation var intresserad av vad direktivet om elektromagnetiska fält skulle innebära för dess medlemmar, av vilka vissa levererar elektrisk svets- och värmeutrustning. De förmodade att typiska punktsvetsmaskiner och induktionsvärmare i verkstäder kan utsätta arbetstagarna för exponeringar som överskrider de tillämpliga insatsnivåerna i artikel 3.2 i direktivet om elektromagnetiska fält. Skälet är att både punktsvetsmaskiner och induktionsvärmare använder hög ström och att arbetstagarna ofta håller dem nära kroppen vid användning (se figurerna 6.1, 6.4, 6.5 och 6.6).

Organisationen anlidade därför en expertentreprenör som deltog i ett europeiskt projekt för att ta fram riktlinjer om exponering för elektromagnetiska fält i arbetet. Expertentreprenören fick därför bedöma verkstadsutrustning i en skola för bilmekaniker.

Entreprenören mätte den tidsvarierande magnetiska flödestätheten kring ovanstående svetsmaskiner och värmare med hjälp av en isotrop sond (tre axlar) (figur 6.7). Instrumentet hade ett inbyggt elektroniskt filter som gav ett resultat i procent på grundval av "weighted peak"-metoden i tidsdomänen. Detta möjliggjorde en direkt jämförelse med insatsnivåerna (AL) i direktivet om elektromagnetiska fält. Instrumentet hade även en inbyggd spektrumanalysator för analys av vågformens övertonsinnehåll.

Figur 6.7 – Mätningar kring punktsvetsmaskinen med pistol av C-typ och arm på 160 mm. Svetspistolen av X-typ syns i bakgrunden.



6.6 Resultat av exponeringsbedömningarna

Entreprenörens mätresultat anges i nedanstående figurer och tabeller. Mätningarna utfördes i samtliga fall under sådana förhållanden som är typiska för arbete med svetsmaskinen eller värmaren i en verkstad. Mätningarna utfördes för att ta reda på i hur stort område kring varje svetspistol och induktionsvärmare som

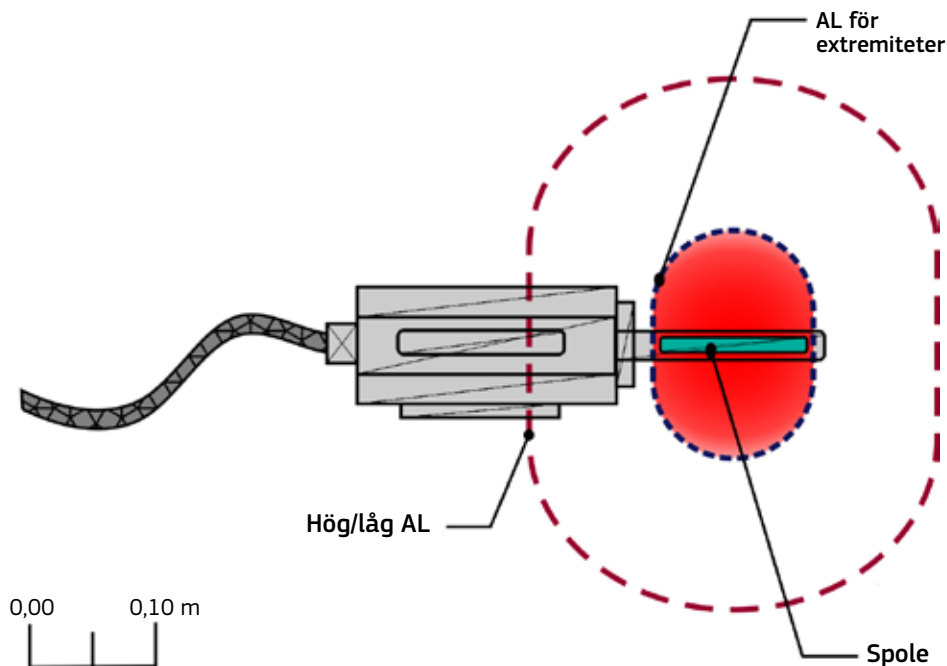
- insatsnivåerna i direktivet om elektromagnetiska fält överskrids, och
- det kan finnas en risk för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker. Bedömningen gjordes med hjälp av referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) (se bilaga E till volym 1 av vägledningen).

Punktsvetsmaskinerna och induktionsvärmarna använde 2–36 kHz. I detta frekvensområde är de höga och de låga insatsnivåerna i direktivet om elektromagnetiska fält desamma. När en uppgift om magnetisk fältstyrka i procent av insatsnivån anges är det därför i förhållande till både de höga och de låga insatsnivåerna. När så är lämpligt anges mätresultaten även i procent av AL för extremiteter i direktivet om elektromagnetiska fält.

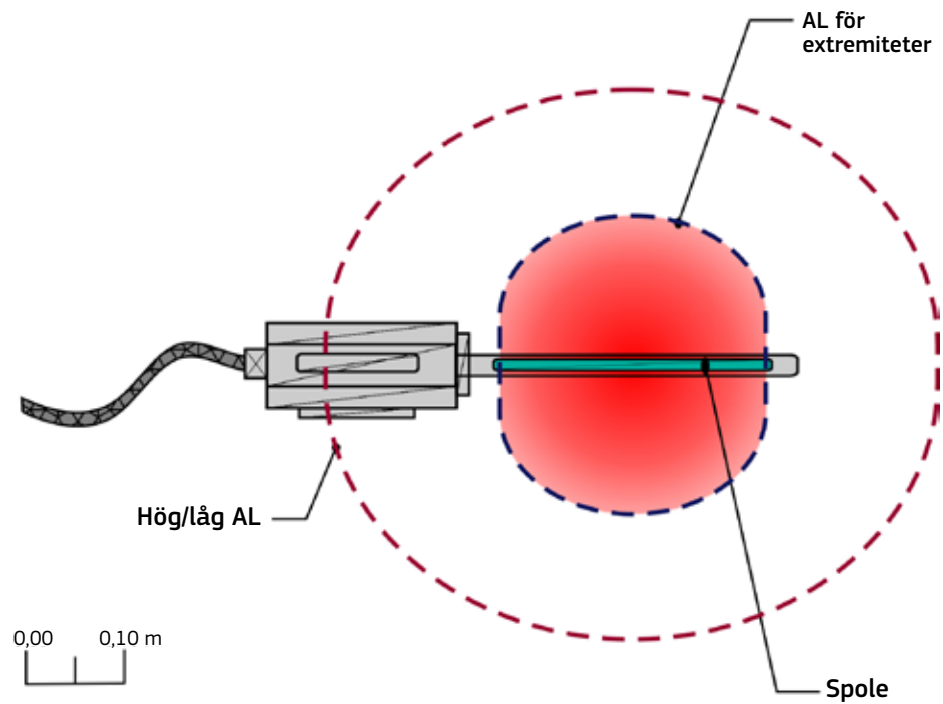
6.6.1 Resultat från exponeringsbedömning av punktsvetsmaskinerna

I figurerna 6.8–6.11 visas det område kring varje svetspistol där AL för extremiteter eller de höga och de låga insatsnivåerna, eller både och, i direktivet om elektromagnetiska fält överskrids. I figur 6.11 visas även det område kring en pistol av X-typ med elektroder på 550 mm där referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) överskrids. I samtliga fall motsvarar gränslinjerna kring pistolerna 100 % av den tillämpliga nivån. Blå motsvarar AL för extremiteter, röd motsvarar de höga och de låga insatsnivåerna och grön motsvarar referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG). I tabell 6.1 visas dessutom det område kring kabeln till svetspistolerna av C-typ där tillämpliga insatsnivåer överskrids.

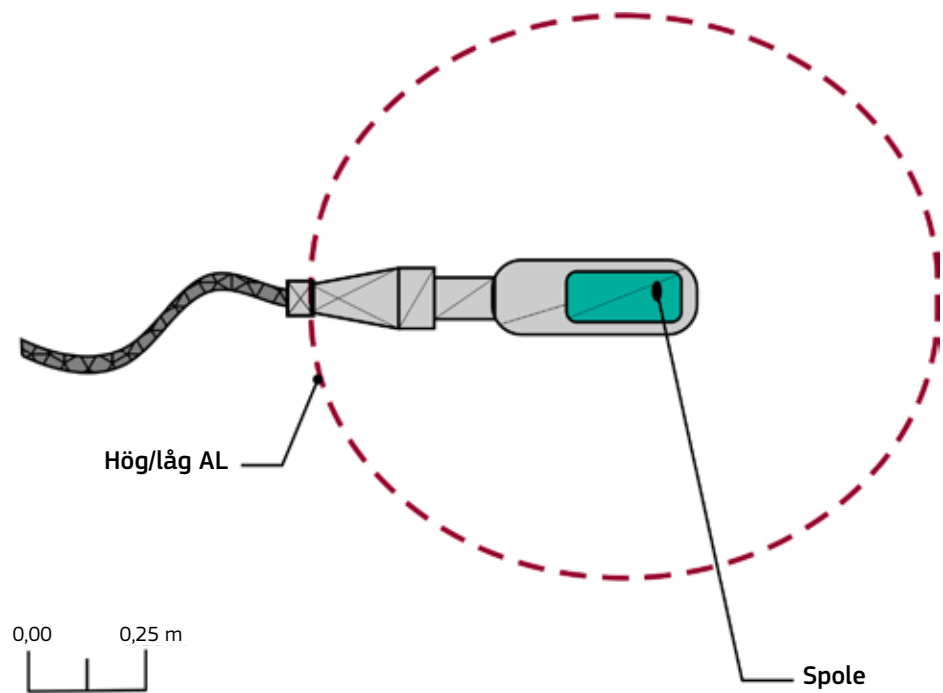
Figur 6.8 – Planritning med gränslinjerna inom vilka AL för extremiteter (blå) och de höga/låga insatsnivåerna (röd) skulle kunna överskridas kring pistolen av C-typ med arm på 160 mm



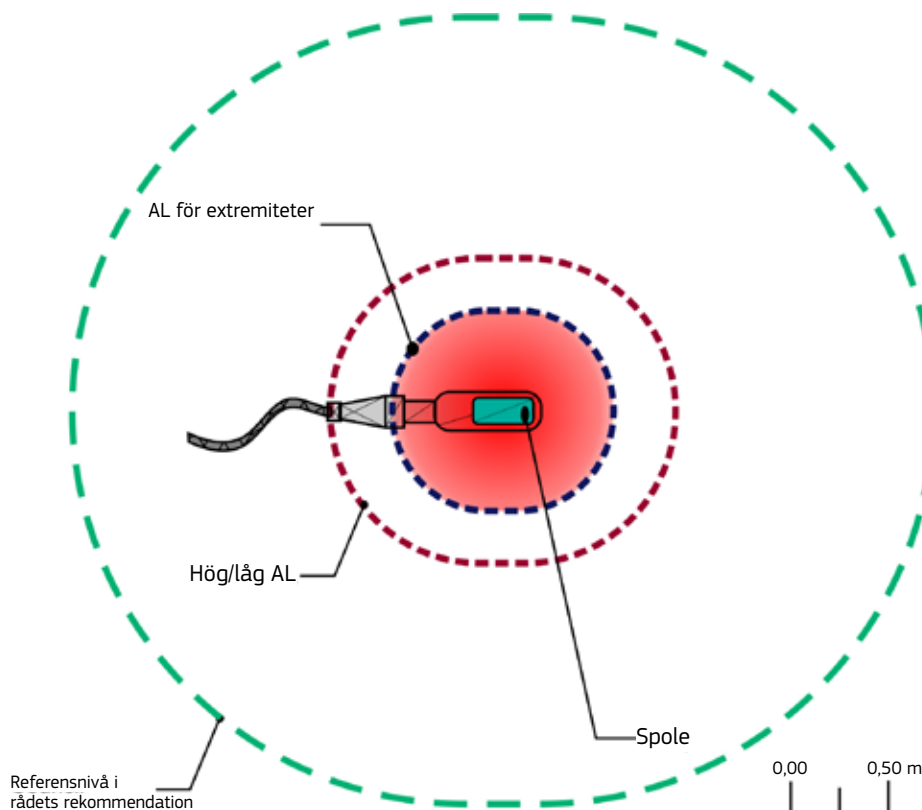
Figur 6.9 – Planritning med gränslinjerna inom vilka AL för extremiteter (blå) och de höga/låga insatsnivåerna (röd) skulle kunna överskridas kring pistolen av C-typ med arm på 550 mm



Figur 6.10 – Planritning med gränslinjerna inom vilka de höga/låga insatsnivåerna (röd) skulle kunna överskridas kring pistolen av X-typ med elektroder på 160 mm



Figur 6.11 – Planritning med gränslinjerna inom vilka AL för extremiteter (blå), de höga/låga insatsnivåerna (röd) och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) (grön) skulle kunna överskridas kring pistolen av X-typ med elektroder på 550 mm



Tabell 6.1 – Mätresultat för kabel mellan svetspistol av C-typ och styrenhet

Foghållartyp	Strömstyrka (A)	% av hög/låg insatsnivå ⁽¹⁾ 10 cm från kabel	% av hög/låg insatsnivå ⁽¹⁾ 12 cm från kabel	% av AL för extremitet ⁽²⁾ 8 cm från kabel
160 mm C-typ	8 000	180	100	100

⁽¹⁾ Magnetisk flödestäthet för hög och låg insatsnivå med frekvensen 2 kHz: 150 μ T.

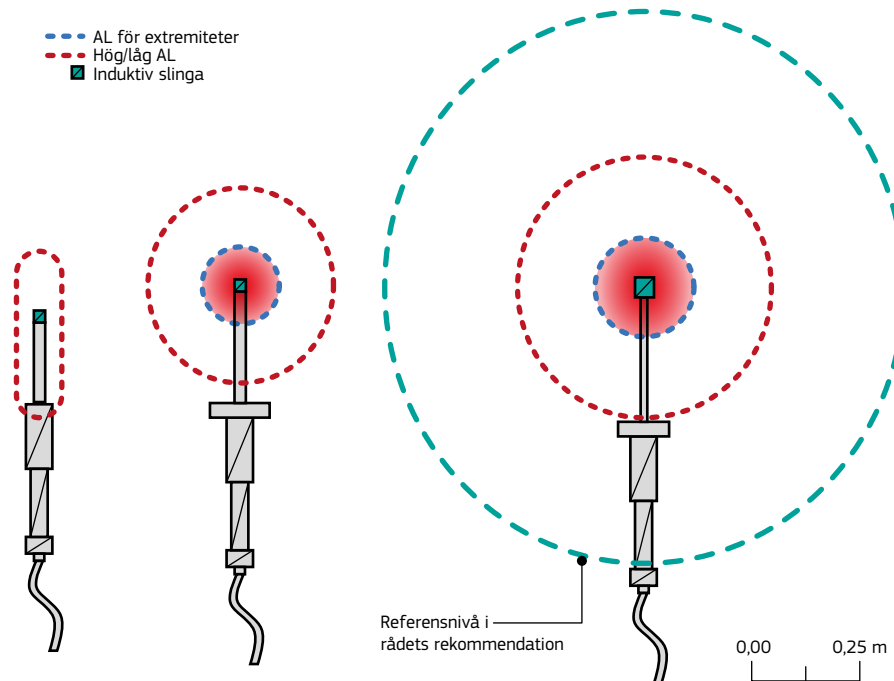
⁽²⁾ Magnetisk flödestäthet AL för extremiteter vid frekvensen 2 kHz: 450 μ T.

Obs: Mätosäkerheten bedömdes vara \pm 10 % och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till AL i procent.

6.6.2 Resultat från exponeringsbedömningen av induktionsvärmarna i bilplåtslageriet

I figur 6.12 visas de tre induktionsvärmarnas motståndselement. Värmaren på 1 kW är till vänster, värmaren på 4 kW i mitten och värmaren på 10 kW till höger. I samtliga fall motsvarar gränslinjerna kring motståndselementen 100 % av den tillämpliga nivån. Blå motsvarar AL för extremiteter i direktivet om elektromagnetiska fält, röd motsvarar de höga och de låga insatsnivåerna i direktivet om elektromagnetiska fält och grön motsvarar referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG).

Figur 6.12 – Planritning med gränslinjerna inom vilka AL för extremiteter (blå), höga/låga insatsnivåer (röd) och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) (grön) skulle kunna överskridas kring de tre induktionsvärmarna (1 kW till vänster, 4 kW i mitten och 10 kW till höger)



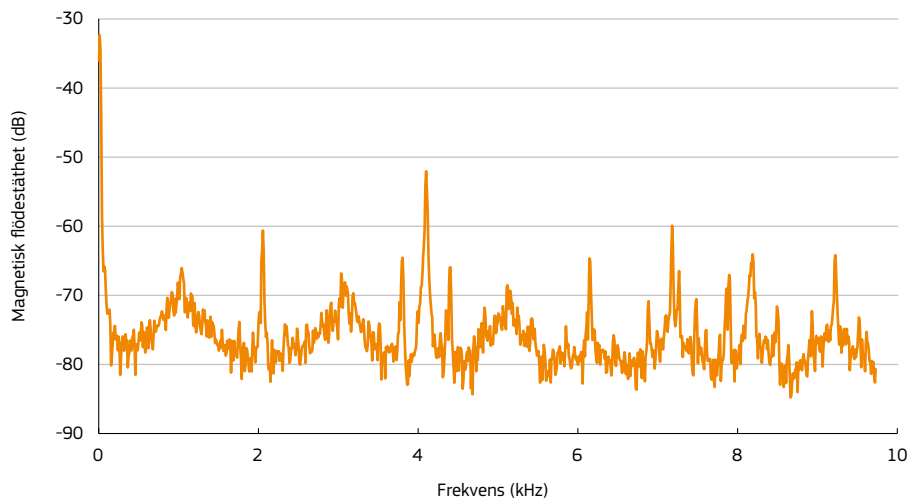
6.7 Slutsatser av exponeringsbedömningarna

Beroende på typ av pistol överskreds AL för extremiteter i direktivet om elektromagnetiska fält 10–22 cm från foghållaren. De höga/låga insatsnivåerna i direktivet om elektromagnetiska fält överskreds 20–32 cm från foghållaren. Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) överskreds upp till några meter från foghållaren där de mättes.

Entreprenören konstaterade att matningskablarna för pistolen av C-typ alstrade magnetfält som överskred AL för extremiteter och höga/låga insatsnivåer, vilket pistolen av X-typ inte gjorde. AL för extremiteter överskreds upp till 8 cm från kablarna och höga/låga insatsnivåer överskreds upp till 12 cm från kablarna. Enligt entreprenören beror detta på att kablarna till pistolen av C-typ leder svetsströmmen från styrenheten till pistolen, medan kabeln till pistolen av X-typ, som har inbyggd transformator, endast leder strömmen från nätet på 50/60 Hz.

Entreprenören bekräftade att svetsströmmens grundfrekvens för punktsvetsmaskinerna i verkstaden var 2 kHz, även om flera övertoner i hög grad bidrog till den sammantagna exponeringen. I figur 6.13 visas spektralfördelningskurvan för vågformen från verkstadens svetsmaskin med pistol av C-typ på 160 mm.

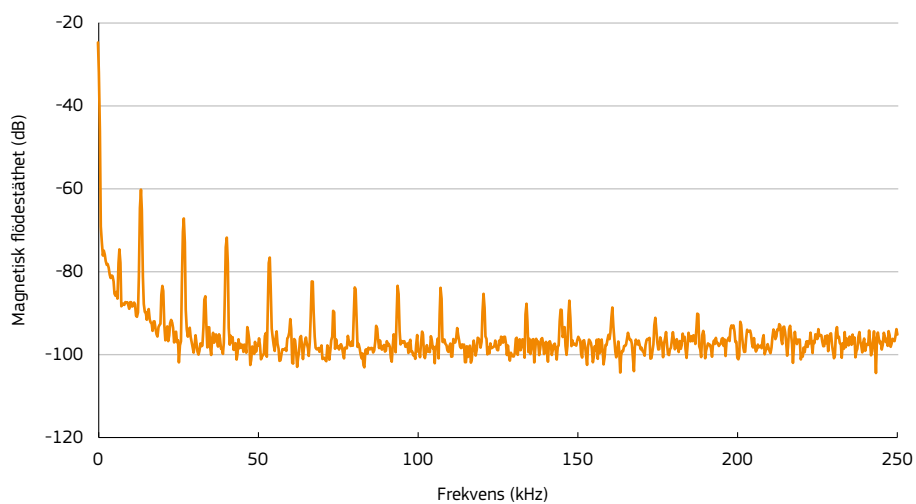
Figur 6.13 – Spektralfördelningskurva för vågformen från pistol av C-typ på 160 mm



Beroende på induktionsvärmarnas effekt överskreds AL för extremiteter 7–11 cm från motståndselementet mot arbetstagarens hand, medan de höga/låga insatsnivåerna överskreds 13–18 cm från mitten av motståndselementet i alla riktningar.

Värmarnas grundfrekvens varierade. Värmaren på 1 kW hade grundfrekvensen 15 kHz och värmarna på 4 kW och 10 kW använde frekvensen 36 kHz. Precis som när det gäller svetsmaskinerna bidrog flera övertoner i hög grad till den sammantagna exponeringen. I figur 6.14 visas spektralfördelningskurvan för vågformen från induktionsvärmaren på 1 kW.

Figur 6.14 – Spektralfördelningskurva för vågformen från induktionsvärmare på 1 kW



6.8 Riskbedömning

Med hänsyn till mätresultaten, och med tanke på att punktsvetsmaskinerna hålls i handen nära kroppen, drog entreprenören slutsatsen att det magnetfält som arbetstagarna exponeras för sannolikt överskrider tillämpliga insatsnivåer i direktivet om elektromagnetiska fält och möjligen även tillämpliga gränsvärden för exponering (ELV). Mätningarna kring matningskablarna till pistolen av C-typ visade att dessa också kan ge upphov till en exponering som överskrider tillämpliga insatsnivåer.

Entreprenören konstaterade också att magnetfälten överskred referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) upp till några meter från svetspistolerna. Referensnivåerna kan ge ett hum om de indirekta effekterna av exponering för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker (se bilaga E till volym 1 av vägledningen).

När det gäller induktionsvärmarna drog entreprenören slutsatsen att arbetstagarna inte exponeras för fält som överskrider insatsnivåerna, eftersom motståndselementen hålls på tillräckligt avstånd från händerna och kroppen vid uppvärmningen. Magnetfälten var dock ändå tillräckligt starka för att referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) skulle överskridas upp till 0,5 m från värmaren på 10 kW. Entreprenören rekommenderade därför att man skulle ta hänsyn till de indirekta effekterna av exponeringen för magnetfälten från värmarna för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker (se bilaga E till volym 1 av vägledningen).

Med hänsyn till dessa slutsatser utarbetade konsulten en riskbedömning för elektromagnetiska fält vid användning av punktsvetsmaskiner och induktionsvärmare enligt den metod som rekommenderas av OiRA (Europeiska arbetsmiljöbyråns interaktiva onlineplattform för riskbedömning). Syftet var att fastställa vilka åtgärder som skulle vidtas för att skydda arbetstagarna, så att de inte exponeras för magnetfält som överskrider insatsnivåerna. Riskbedömning för elektromagnetiska fält visas i tabell 6.2.

6.9 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder

Inga.

Tabell 6.2 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält för handhållna punktsvetsmaskiner och induktionsvärmare i en verkstad

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad			Sannolikhet			Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig	Osannolikt	Möjligt	Troligt		
Direkta effekter vid låg frekvens	Inga. Händer och kropp ofta nära foghållaren för att hålla uppe pistolen under svetsningen.	Verkstadsarbetare	✓				✓		Låg	Ändrade svetsarbetsrutiner – användning av balanseringsdon till stöd för pistolen, så att arbetstagarerna kan hålla händerna och kroppen borta från svetselektrodena
	Induktionsvärmarnas motståndselement hålls ofta på armlängds avstånd		✓				✓		Låg	Standardrutiner för svetsarbete Varningsetiketter på svetsmaskiner och värmare Fortbildning om riskerna med elektromagnetiska fält
		Gravida arbetstagare	✓				✓		Låg	Svetsmaskiner/värmare får inte användas av eller nära gravida arbetstagare
Indirekta effekter vid låg frekvens (interferens med aktiva inopererade medicinska enheter)	Inga	Arbetstagarer som är utsatta för särskilda risker		✓			✓		Låg	Svetsmaskiner/värmare får inte användas av eller nära arbetstagarer med aktiva inopererade medicinska enheter Fortbildning om riskerna med elektromagnetiska fält

6.10 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningarna

Till följd av riskbedömningen beslutade ledningen att genomföra följande säkerhetsåtgärder:

- Vidta åtgärder för att om möjligt se till att arbetstagarerna håller både händer och kropp på större avstånd från svetspistolerna och vid behov även på större avstånd från andra ledare och matningskablar. Ledningen köpte till exempel in balanseringsdon som svetspistolerna kunde hängas upp i. Det innebar att arbetstagarerna inte längre behövde hålla uppe pistolerna, och följaktligen kunde de alltid stå bakom pistolen och endast hålla i pistolens bakre del för att hålla den på plats vid svetsningen.
- Märka svetsmaskinerna och värmarna med varningar för starka magnetfält och förbud mot användning av svetsmaskinen eller värmaren av eller nära personer med aktiva inopererade medicinska enheter (AIMD) och andra arbetstagarer som är utsatta för särskilda risker, såsom gravida arbetstagarer. Exempel på märkningar för svetsmaskinerna i verkstaden visas i figur 6.15.

Figur 6.15 – Exempel på varningsmärkning för starka magnetfält och märkning med förbud mot användning av svetsmaskinen av eller nära personer med AIMD



- Ge arbetstagarna information, bland annat om resultatet av riskbedömningen.
- Ge arbetstagarna instruktion om hur exponeringen hålls under insatsnivåerna i direktivet om elektromagnetiska fält.
- Genom lämpliga introduktionskurser se till att andra arbetstagare är medvetna om risken för magnetfält från svetsmaskiner och värmare.
- Regelbundet se över riskbedömningen.

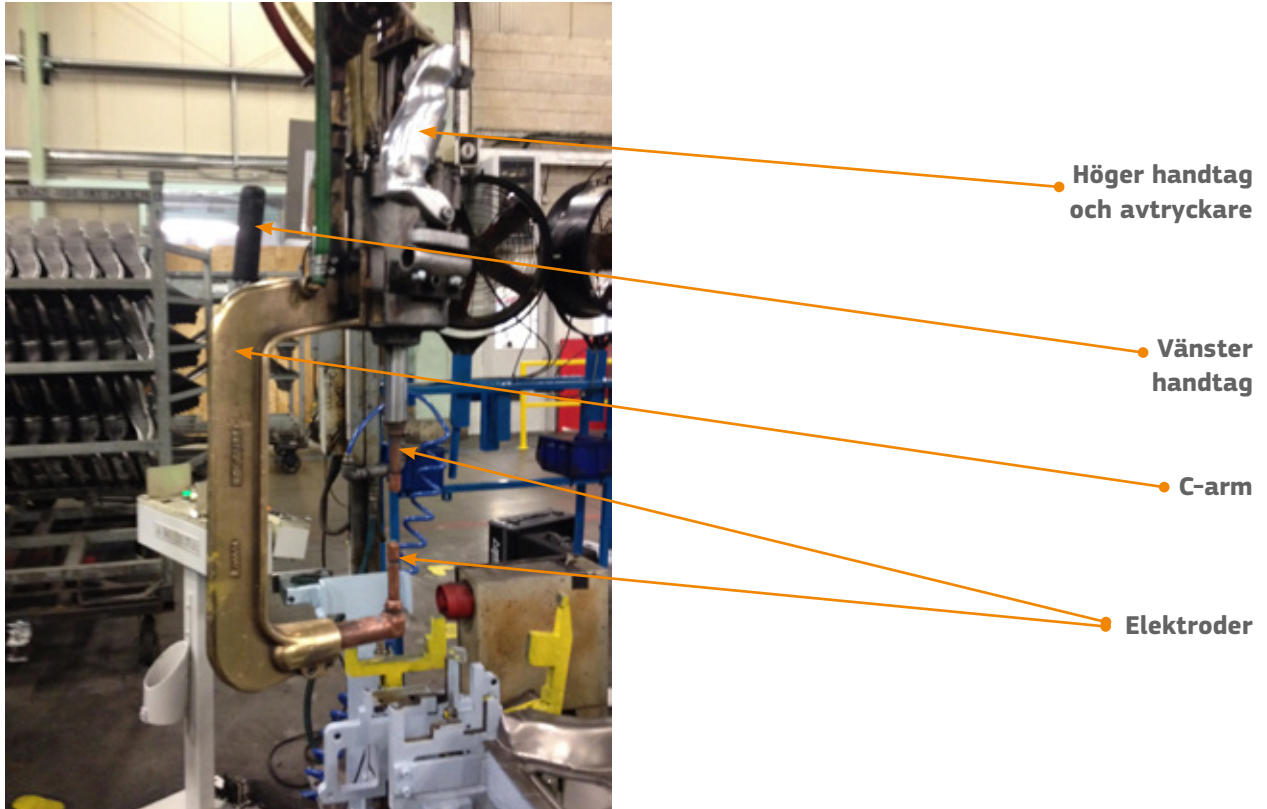
6.11 Punktsvetsmaskiner inom fordonstillverkning

Även om det inte rör sig om små eller medelstora företag har punktsvetsningen så stor betydelse för internationella fordonstillverkare att författarna bedömde det vara viktigt att ta med entreprenörens bedömning av punktsvetsmaskiner som används av en ledande tillverkare.

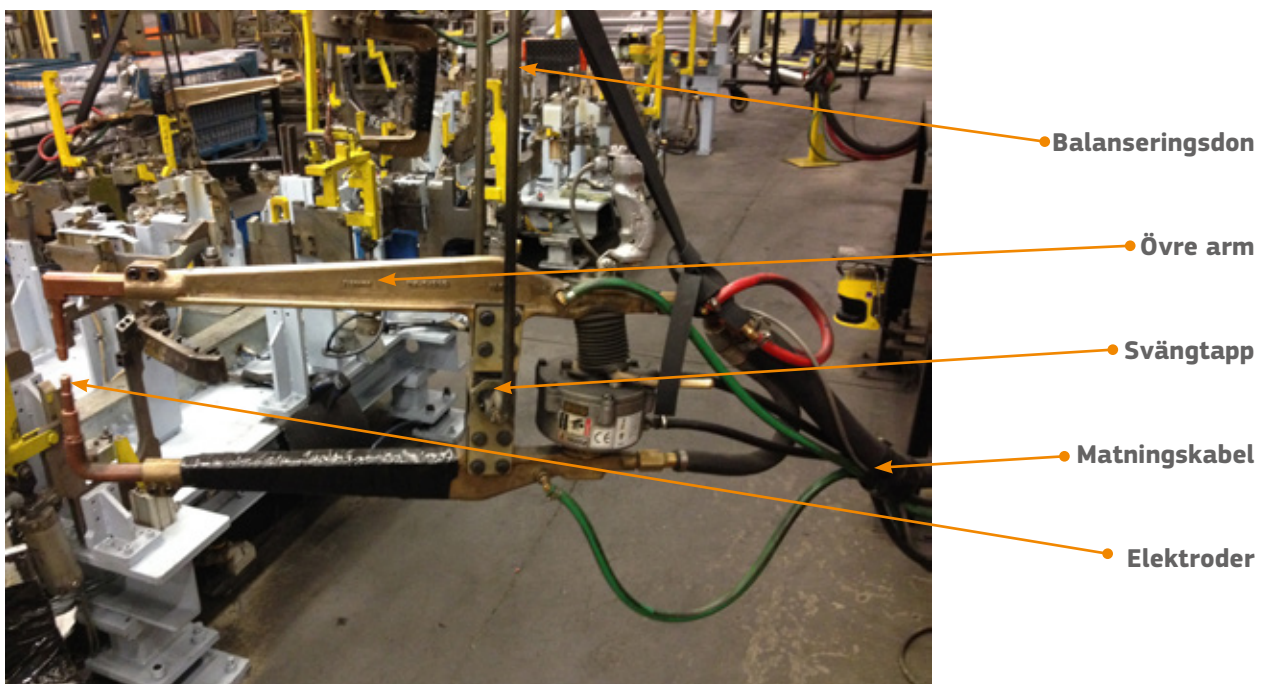
6.11.1 Bedömning av punktsvetsmaskiner i en fabrik

Tre punktsvetsmaskiner bedömdes: en pistol av C-typ med arm på 400 mm, en pistol av X-typ med elektroder på 130 mm och en pistol av X-typ med elektroder på 700 mm. De två mindre pistolerna fungerade med 8 400 A, medan den största pistolen fungerade med 10 200 A. Alla tre pistolerna hade arbetsfrekvensen 50 Hz och matades från externa transformatorer genom kablar som är konstruerade för att minimera exponeringen för magnetfält. Pistolen av C-typ på 400 mm och pistolen av X-typ på 700 mm visas i figurerna 6.16 och 6.17.

Figur 6.16 – Pistolen av C-typ på 400 mm i fabrik. Foghållaren hålls på plats med hjälp av handtagen på pistolens ovansida, av vilka det ena syns i övre högra delen av bilden (polerad kromkomponent). Detta ger en uppfattning om maskinskötarens position i förhållande till foghållaren vid svetsning.



Figur 6.17 – Pistolen av X-typ på 700 mm i fabrik. Pistolen är visserligen upphängd i ett balanseringsdon, men den är så stor att arbetstagaren rutinemässigt måste stå nära elektroderna för att vägleda dem och hålla dem på plats.



Den tidsvarierande magnetiska flödestätheten kring svetsmaskinerna mättes med hjälp av en isotrop sond (tre axlar). Instrumentet hade ett inbyggt elektroniskt filter som gav ett resultat i procent på grundval av "weighted peak"-metoden i tidsdomänen. Detta möjliggjorde en direkt jämförelse med insatsnivåerna (AL) i direktivet om elektromagnetiska fält. Instrumentet hade även en inbyggd spektrumanalysator för analys av vågformens övertonsinnehåll.

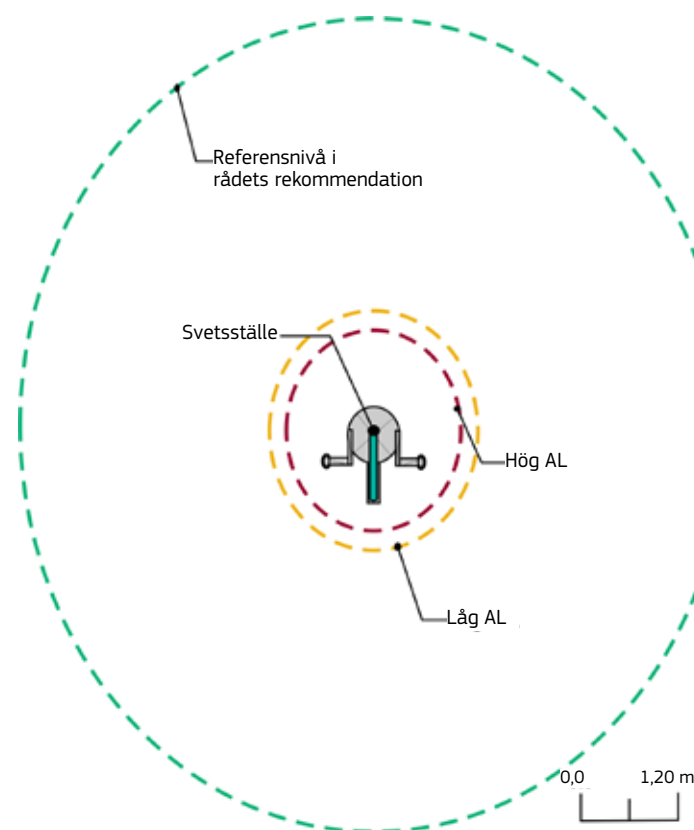
Svetsmaskinerna användes vid 50 Hz. Vid denna frekvens är de höga och de låga insatsnivåerna i direktivet om elektromagnetiska fält i hög grad olika. Uppgifterna om magnetisk fältstyrka kring pistolerna anges därför i procent av insatsnivån i förhållande till både de höga och de låga insatsnivåerna.

6.11.2 Mätresultat för punktsvetsmaskiner i en fabrik

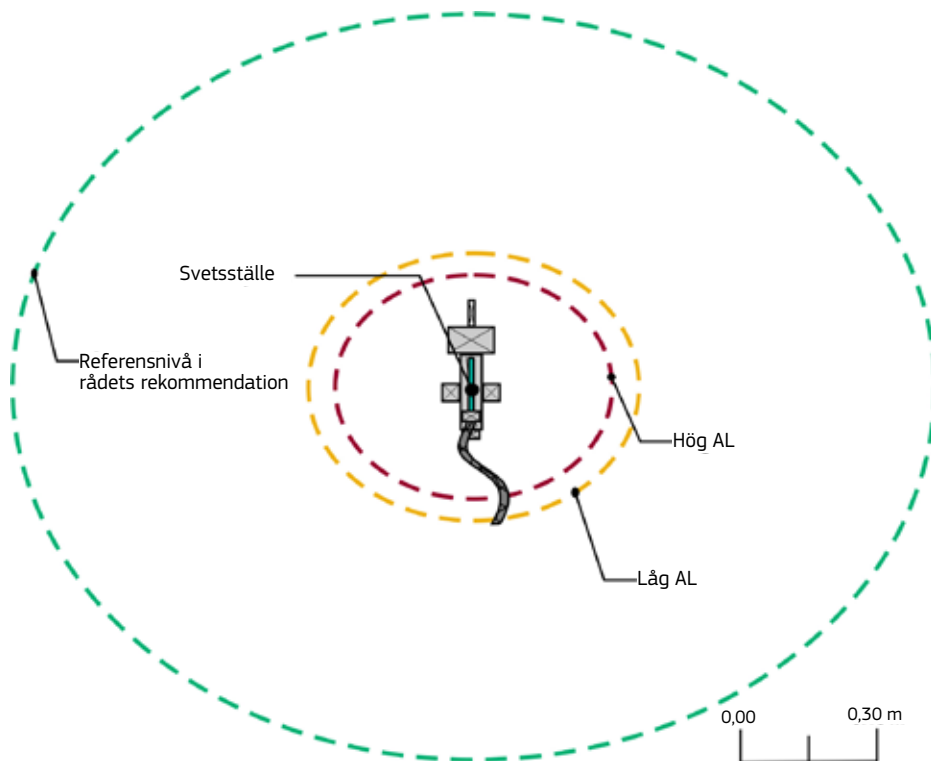
Mätresultaten anges i nedanstående figurer och tabeller. Mätningarna utfördes i samtliga fall under sådana förhållanden som är typiska för arbete med svetsmaskinen.

I figurerna 6.18–6.20 visas det område kring varje svetspistol där de höga och de låga insatsnivåerna i direktivet om elektromagnetiska fält och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) överskreds. I samtliga fall motsvarar gränslinjerna kring pistolerna 100 % av den tillämpliga nivån. Gul motsvarar den höga insatsnivån i direktivet om elektromagnetiska fält, röd motsvarar den låga insatsnivån i direktivet om elektromagnetiska fält och grön motsvarar referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG). Utöver dessa uppgifter visas i tabell 6.3 resultaten av en mätning kring matningskabeln till svetspistolen av X-typ.

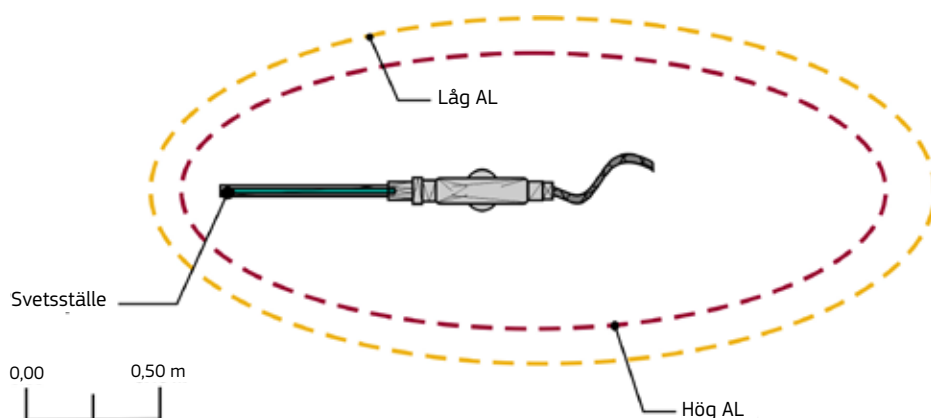
Figur 6.18 – Planritning med gränslinjerna inom vilka den låga insatsnivån (gul), den höga insatsnivån (röd) och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) (grön) skulle kunna överskridas kring punktsvetspistolen av C-typ på 400 mm i fabrik



Figur 6.19 – Planritning med gränslinjerna inom vilka den låga insatsnivån (gul), den höga insatsnivån (röd) och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) (grön) skulle kunna överskridas kring punktsvetspistolen av X-typ på 130 mm i fabrik



Figur 6.20 – Planritning med gränslinjerna inom vilka den låga insatsnivån (gul) och den höga insatsnivån (röd) skulle kunna överskridas kring punktsvetspistolen av X-typ på 700 mm i fabrik. I detta fall är gränslinjerna utvidgade bakom pistolen på grund av fält som skapas av ledare bakom pistolen.



Tabell 6.3 – Mätresultat för kabel mellan svetspistol av X-typ och taktransformator

Foghållartyp	Strömstyrka (A)	% av låg insatsnivå ⁽¹⁾ 10 cm från kabel
130 mm X-typ	8 400	12

⁽¹⁾ Magnetisk flödestäthet låg insatsnivå i frekvensområdet 25–300 Hz: 1 000 µT

Obs: Mätosäkerheten bedömdes vara ± 10 % och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till AL i procent.

6.11.3 Mätresultat för punktsvetsmaskiner i fabrik när det gäller insatsnivåer

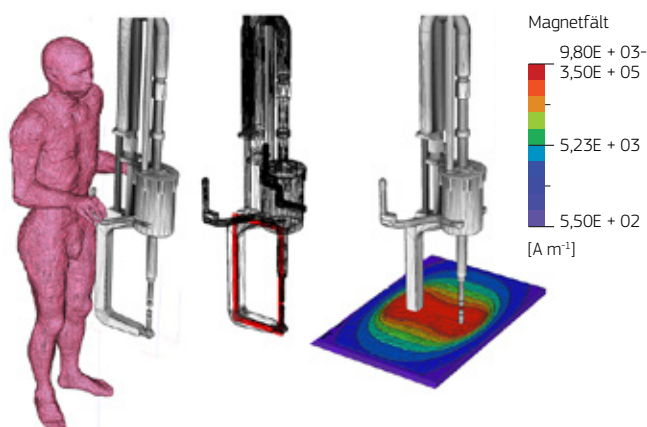
Den låga insatsnivån överskreds 37–147 cm från pistolerna och den höga insatsnivån överskreds 27–125 cm från pistolerna. Observera att storleken på det område där insatsnivåerna överskreds kring pistolen av X-typ på 700 mm (figur 6.20) inte endast beror på elektroderna, utan även på ledare bakom pistolen. Dessutom överskred magnetfälten referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) upp till flera meter från svetspistolerna (se bilaga E till volym 1 av vägledningen). Pistolens matningskablar var konstruerade för att minimera exponeringen för magnetfält och följaktligen låg exponeringen från kabeln långt under den låga insatsnivån, vilket framgår av tabell 6.3.

6.11.4 Mätresultat för punktsvetsmaskiner i fabrik när det gäller gränsvärden för exponering

Resultaten visade att arbetstagarna sannolikt skulle utsättas för exponeringar som långt överskrider tillämpliga insatsnivåer, med tanke på att de står inom 10–20 cm från pistolerna. Även om arbetsgivaren vidtog flera av de åtgärder som beskrivs i avsnitt 6.10 i fallstudien hade arbetstagarna dock inte alltid möjlighet att lämna de områden där insatsnivåerna överskreds. Entreprenören genomförde därför datormodellering i enlighet med artikel 4.3 i direktivet om elektromagnetiska fält för att ta reda på om de tillämpliga gränsvärdena faktiskt överskreds.

Entreprenören använde sina mätningar och iakttagelser för att ta fram en modell av pistolen av C-typ på 400 mm. Denna modell användes därefter för att beräkna magnetfälten i områdena kring pistolen, däribland områden där arbetstagaren uppehåller sig, som därefter lades till i modellen. I figur 6.21 visas de slutliga modellerna för pistol och arbetstagare, vid sidan av pistolmodellen med strömslingan (röd) som används för att simulera alstringen av magnetfält och de beräknade magnetfältens styrka i ett visst x–y-plan.

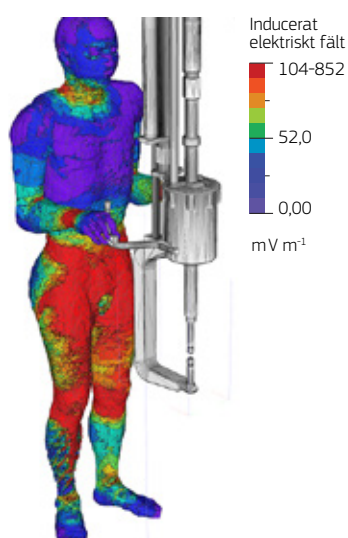
Figur 6.21 – Modeller av svetspistolen av C-typ på 400 mm och maskinskötaren (vänster), strömslingan (C-arm, röd) som alstrar magnetfältet (mitten) och magnetfältet kring pistolen vid användning (höger)



När modellerna av pistolen och arbetstagaren var klara utfördes numeriska beräkningar av de interna elektriska fält som induceras i kroppen. Resultaten av dessa beräkningar, som utgår från att kroppen är 15 cm från pistolens arm, visas i figur 6.22. Röd motsvarar ett relativt starkt elektriskt fält, medan lila motsvarar ett lågt värde. Det framgår att fältet i huvudsak absorberas i maskinskötarens midja och lår, som är närmast strömslingan.

På 15 cm avstånd överskreds inte tillämpliga gränsvärden för exponering, så ytterligare beräkningar utfördes för att fastställa på vilka avstånd gränsvärdena skulle överskridas. Resultaten av dessa ytterligare beräkningar visas i tabell 6.4.

Figur 6.22 – Rumslig spridning av de maximala inducerade elektriska fälten i en mänsklig modell vid exponering för magnetfält från en pistol av C-typ på 400 mm



Tabell 6.4 – Maximal intern elektrisk fältstyrka i förhållande till tillämpliga gränsvärden för exponering (ELV)

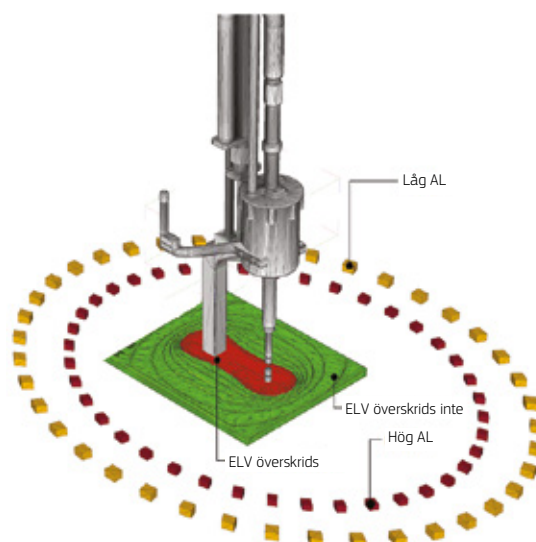
Avstånd mellan bål och pistol (cm)	15	7	4
Maximal inducerad elektrisk fältstyrka i kroppen (mVm^{-1})	287	611	811
Procent av ELV för hälsoeffekter (%) ⁽¹⁾	37	79	104
Maximal inducerad elektrisk fältstyrka i centrala nervsystemet (mVm^{-1})	52	84	92
Procent av ELV för sensoriska effekter (%) ⁽²⁾	53	85	93

⁽¹⁾ ELV för hälsoeffekter vid frekvensen 50 Hz är 778 mVm^{-1} (effektivvärde).

⁽²⁾ ELV för sensoriska effekter vid frekvensen 50 Hz är 99 mVm^{-1} (effektivvärde).

Av tabell 6.4 framgår att den maximala inducerade elektriska fältstyrkan är 287 mVm^{-1} när pistolen hålls 15 cm från kroppen, vilket motsvarar 37 % av ELV för hälsoeffekter. För det centrala nervsystemets vävnader i huvudet är den maximala inducerade elektriska fältstyrkan 52 mVm^{-1} , vilket motsvarar 53 % av ELV för sensoriska effekter. Resultaten visar att ELV för hälsoeffekter faktiskt endast överskrids när avståndet mellan kroppen och pistolen minskas till ungefär 4 cm. Det innebär att arbetstagarna visserligen exponeras för magnetfält som överskrider insatsnivåerna, men de interna inducerade elektriska fälten överskrider inte ELV. I figur 6.23 visas skillnaden i storlek mellan de områden där insatsnivåerna överskrids och det område där arbetstagaren faktiskt skulle överskrida ELV för hälsoeffekter.

Figur 6.23 – Visualisering av det område kring pistolen av C-typ på 400 mm där ELV för hälsoeffekter skulle kunna överskridas (rött område inuti grönt område), tillsammans med gränslinjerna för hög och låg insatsnivå (röd respektive gul) från figur 6.18



I detta fall tycks sammanfattningsvis insatsnivåerna ge en försiktig prognos om överexponering, men exponeringen uppfyller i själva verket kraven i direktivet om elektromagnetiska fält.

7. SVETSNING

7.1 Arbetsplats

Denna fallstudie avser en metallverkstad där olika motståndsvetsmaskiner används.

7.2 Arbetets art

Arbetstagarna använder punktsvetsmaskiner och sömsvetsmaskiner för att svetsa tråd och plåt. Verkstaden har flera sådana maskiner.

7.3 Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält

Motståndsvetsmaskiner består av två elektroder som kläms ihop över de svetsade komponenterna. Ström leds genom elektroderna och komponenterna, och den värme som krävs för svetsningen alstras genom komponenternas elektriska motstånd. Utrustningens inställningar anpassas till de svetsade komponenternas egenskaper.

7.3.1 Punktsvetsmaskiner

Punktsvetsmaskinerna består av två cylindriska elektroder som klämmer ihop komponenterna och applicerar en hög ström för punktsvetsning. Företaget använder två typer av punktsvetsmaskin: bänkpunktsvetsmaskin och bärbar upphängd punktsvetsmaskin.

Bänkpunktsvetsmaskinen (figur 7.1) används normalt för svetsning av 1,2 mm tråd av rostfritt stål för trekantära frakturer. Utrustningen är konstruerad för användning på en bänk med maskinskötaren framför enheten. Den drivs normalt med 19 % av maximal tillgänglig ström (3 500 A), vilket är 665 A, och använder 50 Hz strömförsörjning. Den bärbara upphängda punktsvetsmaskinen (figur 7.2) används för sammansvetsning av plåt. Svetsmaskinen består av elektrodarmar, som kniper ihop elektrodspetsarna över komponenten. Den drivs normalt med 7 000 A och använder 2 kHz strömförsörjning.

Figur 7.1 – Bänkpunktsvetsmaskin**Svets Elektroder****Figur 7.2 – Bärbar upphängd punktsvetsmaskin**

7.3.2 Sömsvetsmaskin

Sömsvetsmaskinen används för att svetsa samman metallstycken. Elektrodena är skivformade och roterar i takt med att materialet passerar mellan dem, vilket innebär att sömsvetsningen sker successivt. Utrustningen drivs normalt med 7 000 A och använder 50 Hz strömförsörjning (figur 7.3).

Figur 7.3 – Sömsvetsmaskin framifrån och från sidan



7.4 Användning

Den som använder svetsmaskinerna står eller sitter normalt bredvid maskinerna vid svetsning, med händerna närmast maskinerna. Vid användning av bänkpunktsvetsmaskinen och sömsvetsmaskinen håller maskinskötaren i materialet som ska svetsas, vilket innebär att händerna kan vara så nära som 10 cm från svetselektroden. Vid användning av den bärbara upphängda punktsvetsmaskinen är det material som ska svetsas fastspänt och maskinskötaren står nära punktsvetsmaskinen för att hålla det på plats. All svetsutrustning finns i en verkstad tillsammans med andra maskiner och verktyg som används för framställning av metallkomponenter.

7.5 Sätt att bedöma exponering

Företaget granskade tillverkarnas uppgifter för varje maskin. I vissa handböcker angavs att utrustningen kan alstra magnetfält som innebär en risk för personer med pacemaker. Företaget hittade dock ingen information om hur stor risken är (t.ex. hur långt bort från utrustningen det finns en risk) eller magnetfältens styrka i förhållande till insatsnivåerna i direktivet om elektromagnetiska fält. För en del av den äldre utrustningen kunde inte företaget hitta några uppgifter från tillverkaren över huvud taget.

Svetsutrustningen finns i verkstaden, som de flesta arbetstagare har tillträde till och som externa entreprenörer och besökare kan komma in i. Därför beslutade företaget att genomföra ytterligare riskbedömningar. Eftersom ytterligare information från tillverkarna av utrustningen saknades anlätade företaget en expertkonsult som skulle genomföra bedömningen.

Tre typer av motståndsvetsmaskin valdes ut för ytterligare bedömning, eftersom resultaten skulle ge en bra bild av eventuella risker med liknande utrustning i verkstaden. Konsulten mätte den magnetiska flödestätheten kring utrustningen med

hjälp av ett instrument med inbyggt elektroniskt filter, som ger ett resultat i procent på grundval av "weighted peak"-metoden i tidsdomänen. Detta möjliggjorde en direkt jämförelse med insatsnivåerna (AL).

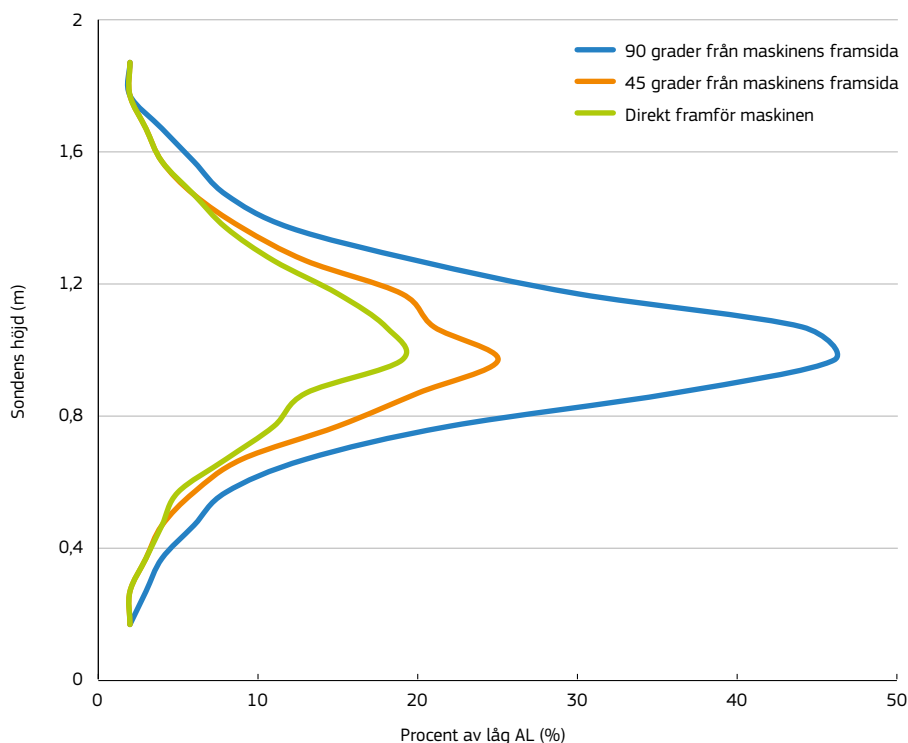
7.6 Resultat av exponeringsbedömningen

7.6.1 Bänkpunktsvetsmaskin

Konsulten observerade hur maskinskötare använde bänkpunktsvetsmaskinen. Det konstaterades att maskinskötarens huvud och bål var minst 30 cm från elektroderna vid svetsningen, och att maskinskötare kan befinna sig vid sidan av utrustningen snarare än direkt framför den. Därför utfördes mätningarna i tre positioner 30 cm från elektroderna: direkt framför elektroderna, 45° från elektrodernas framsida (till vänster), och 90° från elektrodernas framsida (till vänster). I varje position utfördes mätningarna på flera olika höjder.

Den magnetiska flödestätheten överskred inte 50 % av den låga insatsnivån i någon av dessa positioner som maskinskötare kan befinna sig i (figur 7.4).

Figur 7.4 – Magnetisk flödestäthet i procent av den låga insatsnivån mot höjden i maskinskötarens position (30 cm från elektroderna)



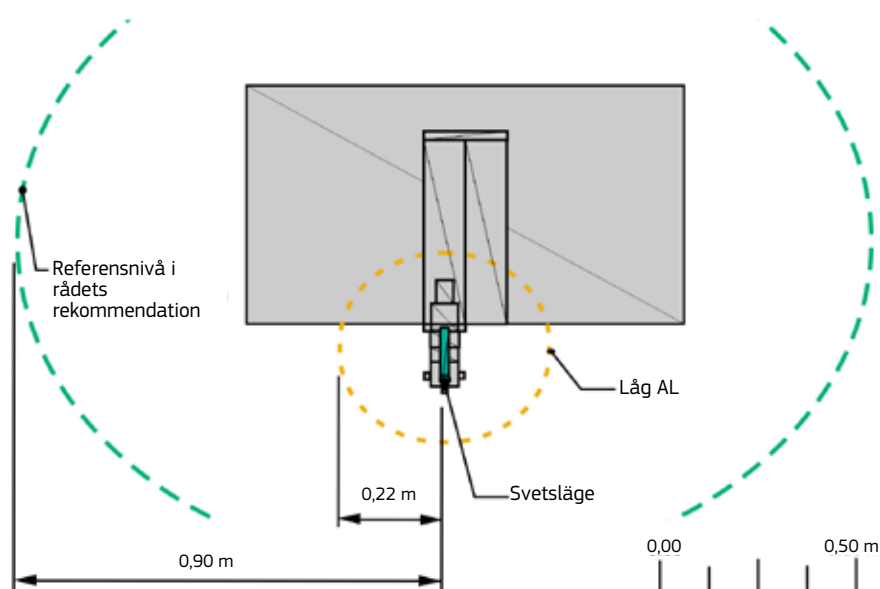
Obs: Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 10\%$ och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till AL i procent.

Den position där den magnetiska flödestätheten uppnådde den låga insatsnivån var ungefär 22 cm från elektroderna och på den höjd där elektroderna möts. I figur 7.5 visas det område där den låga insatsnivån kan överskridas.

Det konstaterades att maskinkötarens händer var minst 10 cm från elektroderna vid svetsningen. I denna position var den magnetiska flödestätheten mindre än 8 % av AL för extremiteter.

Konsulten utförde mätningar i andra positioner kring utrustningen och jämförde resultaten med referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG). Dessa nivåer kan ge ett hum om exponeringen för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker (se bilaga E till volym 1 av vägledningen). Det konstaterades att referensnivåerna kan överskridas upp till 1 m från elektroderna. Området visas i figur 7.5 och avgränsas av den gröna linjen.

Figur 7.5 – Planritning med gränslinjerna inom vilka den låga insatsnivån (gul) och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) (grön) skulle kunna överskridas kring bänkpunktsvetsmaskinen

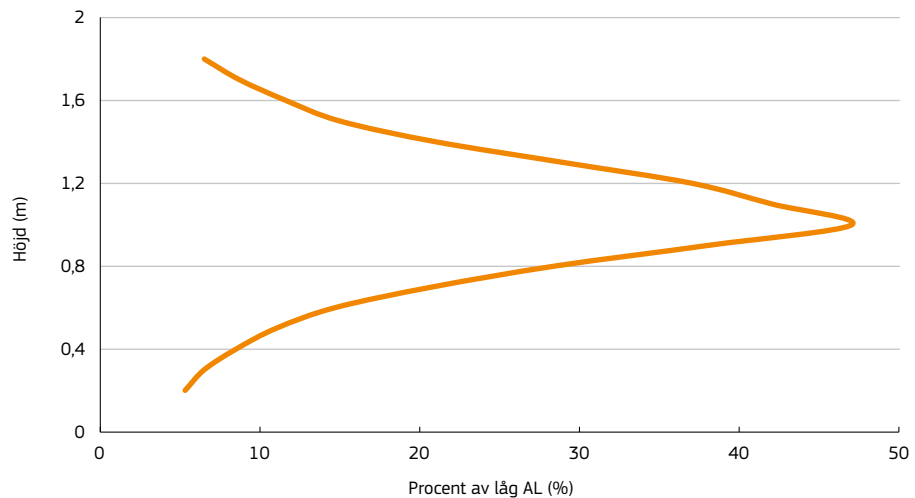


7.6.2 Bärbar upphängd punktsvetsmaskin

Maskinkötaren håller punktsvetsmaskinen på plats vid svetsningen. Till följd av elektrodarmarnas längd (75 cm) står maskinkötaren ungefär 1 m från elektrodspetsarna. Mätningarna utfördes i denna position, på flera olika höjder.

Det högsta mätresultatet registrerades på den höjd där elektroderna möts (1 m från marken vid denna bedömning). Den magnetiska flödestätheten överskred inte 50 % av insatsnivåerna i maskinkötarens position (figur 7.6).

Figur 7.6 – Magnetisk flödestäthet i procent av den höga och den låga insatsnivån mot höjden i maskinskötarens position (1 m från elektrodena)



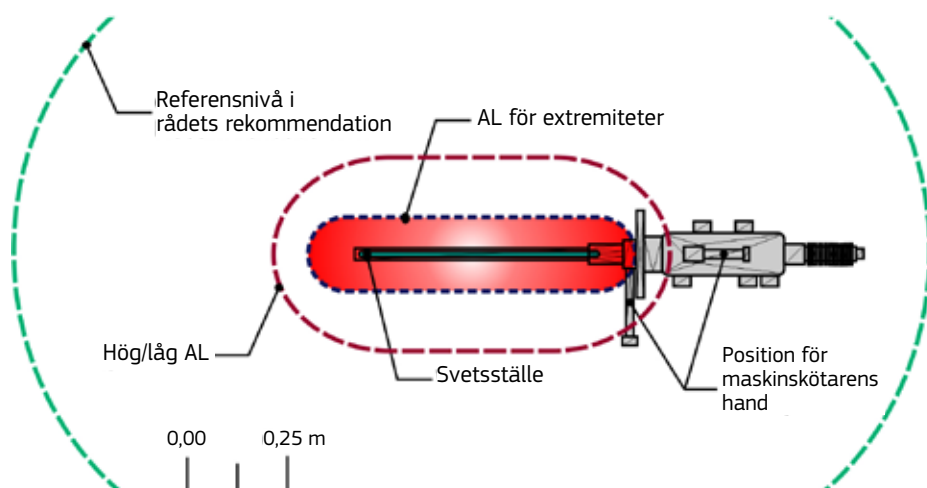
Obs: Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 10\%$ och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till AL i procent.

Mätningarna utfördes där maskinskötarens hand har sin position (figur 7.2). Den magnetiska flödestätheten var 88 % av AL för extremiteter i denna position.

Konsulten utförde mätningar i andra positioner kring utrustningen och jämförde resultaten med referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG). Det konstaterades att referensnivåerna kan överskridas upp till högst 1,3 m från utrustningen.

I figur 7.7 visas områden där AL för extremiteter, den låga/höga insatsnivån och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas, och motsvaras av de blå, röda respektive gröna gränslinjerna.

Figur 7.7 – Planritning med gränslinjerna inom vilka insatsnivån för extremiteter (blå), höga/låga insatsnivåer (röd) och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) (grön) skulle kunna överskridas kring den bärbara upphängda punktsvetsmaskinen

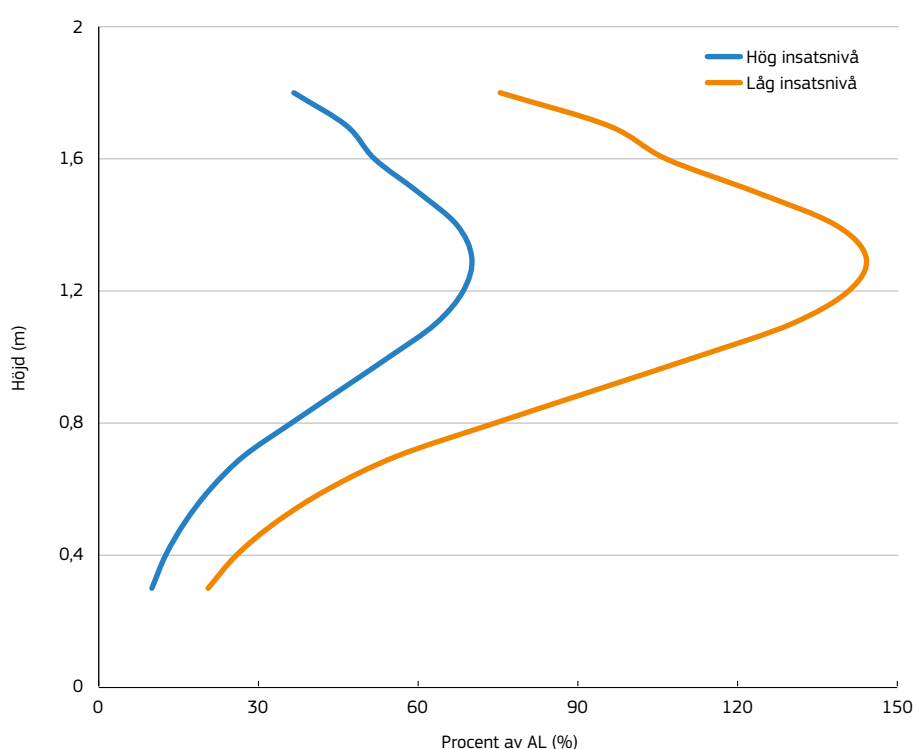


7.6.3 Sömsvetsmaskin

Maskinskötaren står vid sidan av utrustningen, med huvudet och bålen minst 50 cm från elektrodernas mitt vid svetsningen. Mätningarna utfördes i denna position, på flera olika höjder.

Det högsta mätresultatet registrerades på den höjd där elektroderna möts (130 cm från marken). Den höga insatsnivån överskreds inte i denna position. Den uppmätta magnetiska flödestätheten var dock ungefär 140 % av den låga insatsnivån (figur 7.8).

Figur 7.8 – Magnetisk flödestäthet i procent av den höga och den låga insatsnivån mot höjden i maskinskötarens position (50 cm från elektroderna, vid sidan)



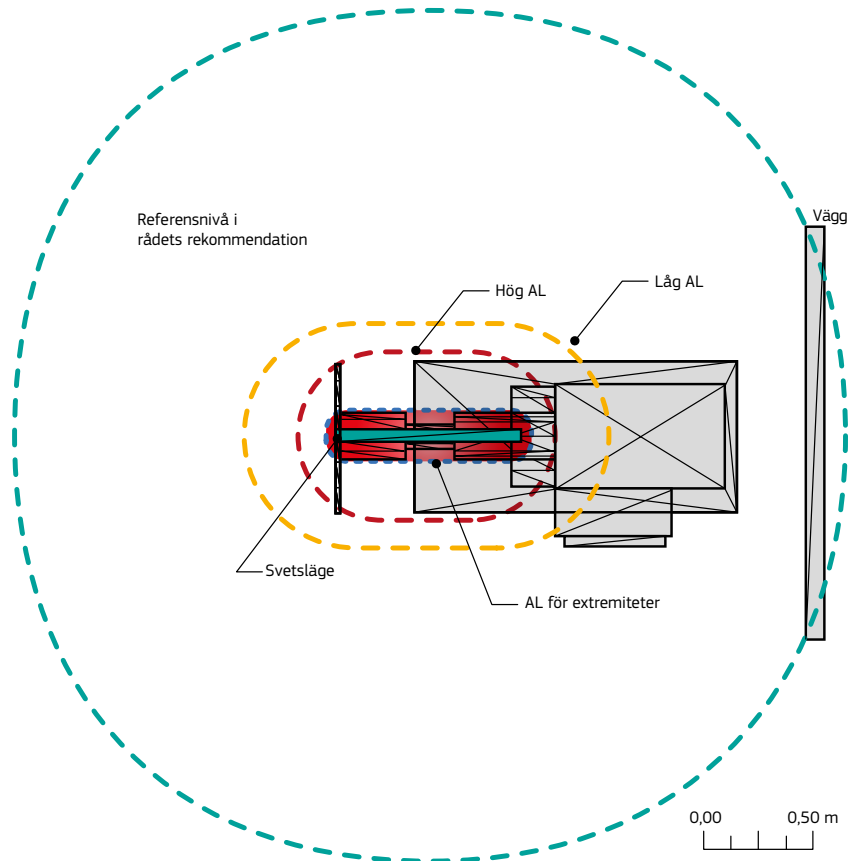
Obs: Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 10\%$ och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till AL i procent.

Mätningar utfördes där maskinskötaren har sin hand närmast elektroderna (ungefär 10 cm från svetsstället). Den magnetiska flödestätheten var mindre än 67 % av AL för extremiteter i denna position. Det konstaterades dock att denna insatsnivå skulle kunna överskridas om extremiteterna var bakom svetselektroderna snarare än på sidorna.

I likhet med punktsvetsmaskinen utförde konsulten mätningar i andra positioner kring utrustningen och jämförde resultaten med referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG). Det konstaterades att referensnivåerna kan överskridas upp till 2,45 m från elektroderna.

I figur 7.9 visas områden där AL för extremiteter, den höga/låga insatsnivån och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas.

Figur 7.9 – Planritning med gränslinjerna inom vilka insatsnivån för extremiteter (blå), den höga insatsnivån (röd), den låga insatsnivån (gul) och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) (grön) skulle kunna överskridas kring sömsvetsmaskinen



7.7 Riskbedömning

Företaget gjorde riskbedömningar för elektromagnetiska fält för svetsutrustningen på grundval av en genomgång av handböckerna och konsultens mätningar (tabellerna 7.1, 7.2 och 7.3). Dessa följde den metod som rekommenderas av OIRA (Europeiska arbetsmiljöbyråns interaktiva onlineplattform för riskbedömning). I riskbedömningen drogs följande slutsatser:

- I maskinskötarens normala position överskrids inte den höga insatsnivån och insatsnivån för extremiteter.
- Den låga insatsnivån kan överskridas i maskinskötarens position vid arbete med sömsvetsmaskinen.
- Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas kring svetsmaskinen.

Företaget utarbetade och dokumenterade en åtgärdsplan med utgångspunkt i riskbedömningen.

Tabell 7.1 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält för bänkpunktsvetsmaskin

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad			Sannolikhet		Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig	Livsfarlig	Möjligt		
<p>Direkta effekter av elektromagnetiska fält:</p> <p>Den låga insatsnivån kan överskridas upp till 22 cm från elektroderna</p> <p>Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas upp till 1 m från elektroderna</p>	<p>Maskinskötaren står normalt mer än 30 cm från elektroderna, så den låga insatsnivån bör inte överskridas i maskinskötarens position</p>	<p>Maskinskötare</p> <p>Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker (gravida arbetstagare)</p>	✓				✓	Låg	<p>Information och utbildning åt maskinskötare och andra personer som arbetar i verkstaden</p> <p>Varningsmärkning ska finnas på utrustningen</p> <p>En linje ska målas på golvet för att markera det område där referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas</p> <p>Gravida arbetstagare får inte använda utrustningen eller gå över gränslinjen när utrustningen används</p>
<p>Indirekta effekter av elektromagnetiska fält (effekt på aktiva inopererade medicinska enheter):</p> <p>Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas upp till 1 m från elektroderna</p>	Inga	Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker	✓				✓	Låg	<p>Alla arbetstagare ska informeras om risken</p> <p>Varningar ska ges i säkerhetsinformationen för anläggningen</p> <p>Varnings- och förbudsmärkning ska finnas på utrustningen</p> <p>Arbetstagare med AIMD får inte använda utrustningen eller gå över gränslinjen när utrustningen används</p>

Tabell 7.2 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält för bärbar upphängd punktsvetsmaskin

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad						Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig	Osannolikt	Möjligt	Troligt		
<p>Direkta effekter av elektromagnetiska fält:</p> <p>Den höga/låga insatsnivån kan överskridas upp till 33 cm från elektrodarmarna</p> <p>Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas upp till 1,3 m från utrustningen</p>	Inga. Det område där de höga/låga insatsnivåerna överskrids är dock lokaliserat.	<p>Maskinskötare</p> <p>Andra arbetstagare</p> <p>Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker (gravida arbetstagare)</p>	✓					✓	Låg	<p>Information och fortbildning åt maskinskötare och andra personer som arbetar i verkstaden</p> <p>Varningsmärkning ska finnas på utrustningen</p> <p>En linje ska målas på golvet för att markera det område där referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas</p> <p>Gravida arbetstagare får inte använda utrustningen eller gå över gränslinjen när utrustningen används</p>
<p>Indirekta effekter av elektromagnetiska fält (effekt på AIMD):</p> <p>Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas upp till 1,3 m från elektroderna</p>	Inga	Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker		✓				✓	Låg	<p>Alla arbetstagare ska informeras om risken</p> <p>Varningar ska ges i säkerhetsinformationen för anläggningen</p> <p>Varnings- och förbudsmärkning ska finnas på utrustningen</p> <p>Arbetstagare med AIMD får inte använda utrustningen eller gå över gränslinjen när utrustningen används</p>

Tabell 7.3 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält för sömsvetsmaskin

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad			Sannolikhet			Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig	Osannolikt	Möjligt	Troligt		
<p>Direkta effekter av elektromagnetiska fält:</p> <p>Den låga insatsnivån överskrids i maskinskötarens position</p> <p>Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas upp till 2,45 m från elektroderna</p>	Inga	<p>Maskinskötare</p> <p>Andra arbetstagare</p> <p>Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker (gravida arbetstagare)</p>	✓				✓	Låg	<p>Information och fortbildning åt maskinskötare och andra arbetstagare, särskilt om möjliga sensoriska effekter och behovet av att rapportera om man drabbas av sådana effekter</p> <p>Varningsmärkningar ska finnas på utrustningen</p> <p>En linje ska målas på golvet för att markera det område där referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas</p> <p>Gravida arbetstagare får inte använda utrustningen eller gå över gränslinjen när utrustningen används</p>	
<p>Indirekta effekter av elektromagnetiska fält (effekt på AIMD):</p> <p>Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas upp till 2,45 m från elektroderna</p>	Inga	Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker	✓				✓	Låg	<p>Alla arbetstagare ska informeras om risken</p> <p>Varningar ska ges i säkerhetsinformationen för anläggningen</p> <p>Varnings- och förbudsmärkning ska finnas på utrustningen</p> <p>Arbetstagare med AIMD får inte använda utrustningen eller gå över gränslinjen när utrustningen används</p>	

7.8 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder

Före konsultens mätningar och bedömning hade inte några särskilda säkerhetsåtgärder vidtagits för att begränsa exponeringen för elektromagnetiska fält.

7.9 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen

Till följd av bedömningen och efter en utvärdering av de risker som är förknippade med utrustningen utarbetade företaget en åtgärdsplan och beslutade att

- informera arbetstagarna om riskerna med elektromagnetiska fält från svetsutrustningen,
- måla linjer på golvet kring utrustningen för att markera det område där referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) kan överskridas,
- förbjuda gravida arbetstagare och arbetstagare med AIMD att använda svetsutrustningen eller gå över gränslinjerna,
- märka svetsutrustningen med varningar om starka magnetfält och förbud för personer med AIMD (figur 7.10),
- genom lämpliga introduktionskurser och kontakt med entreprenörer se till att personer som går in i verkstaden är medvetna om riskerna.

Figur 7.10 – Exempel på varningsmärkning för starka magnetfält och en illustration av förbudssymbolen för personer med AIMD



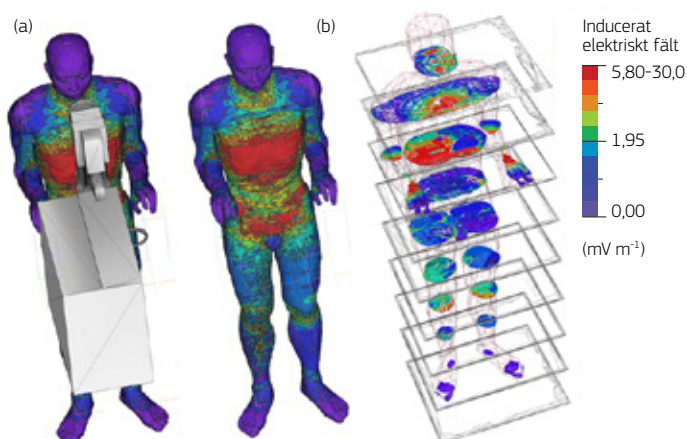
7.10 Ytterligare informationskällor

Datormodellering baserad på mätresultaten kring alla tre svetsmaskinerna bekräftade att de inducerade elektriska fälten höll sig inom gränsvärdena för exponering (ELV).

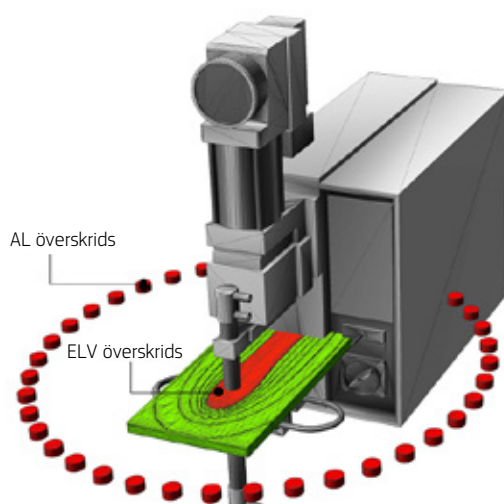
7.10.1 Bänkpunktsvetsmaskin

För bänkpunktsvetsmaskinen var exponeringen för maskinskötaren mindre än 1 % av ELV (figur 7.11). ELV kunde endast överskridas om kroppen var i mellanrummet mellan elektroderna och svetskåpan, eller mindre än en centimeter från själva elektroderna medan enheten var i drift (figur 7.12).

Figur 7.11 – Spridning av det inducerade elektriska fältet i en mänsklig modell med bålen 20 cm från elektroderna och händerna på ungefär 8 cm avstånd. I figuren visas även den rumsliga spridningen av de maximala interna elektriska fälten i maskinskötaren på grund av exponering för punktsvetsmaskinen a) på kroppens yta och b) i olika horisontella skikt i kroppen.



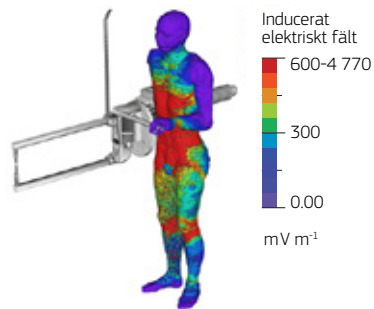
Figur 7.12 – Gränslinjer kring bänkpunktsvetsmaskinen med områden där ELV för hälsoeffekter skulle kunna överskridas (rött område). I figuren visas även områden där ELV för hälsoeffekter inte överskrids (grönt område och utanför) och områden där den låga insatsnivån skulle kunna överskridas (röda cirklar).



7.10.2 Bärbar upphängd punktsvetsmaskin

För den bärbara upphängda punktsvetsmaskinen överskreds inte insatsnivåerna i maskinskötarens position. Spridningen av det inducerade elektriska fältet visas dock i figur 7.13.

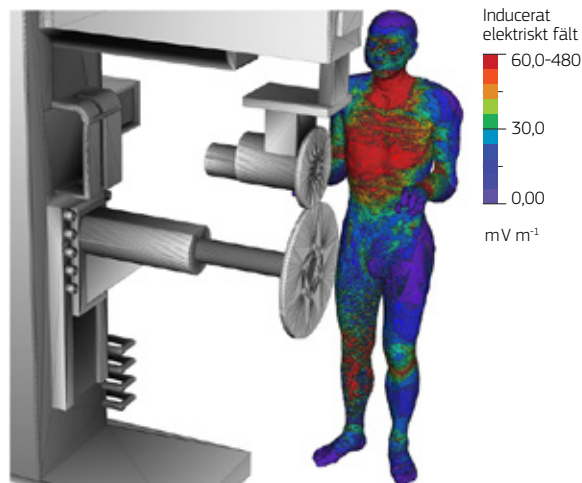
Figur 7.13 Rumslig spridning av de maximala inducerade elektriska fälten i en mänsklig modell vid exponering för bärbar upphängd punktsvetsmaskin



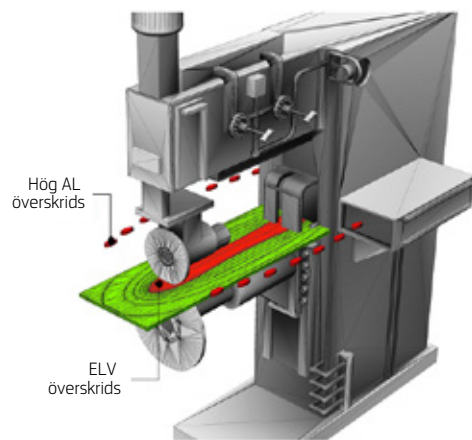
7.10.3 Sömsvetsmaskin

Den låga insatsnivån överskreds i maskinskötarens position. Datormodelleringen visade dock att exponeringen i maskinskötarens position är mindre än 50 % av ELV. Spridningen av det inducerade elektriska fältet visas i figur 7.14. ELV kunde endast överskridas om kroppen var i mellanrummet mellan elektroderna och svetskåpan, eller mindre än 5 cm från själva sömsvets elektroderna medan enheten var i drift. Detta område är rödmarkerat i figur 7.15.

Figur 7.14 – Rumslig spridning av de maximala interna elektriska fälten som induceras i en mänsklig modell vid exponering för sömsvetsmaskinen



Figur 7.15 – Gränslinjer kring sömsvetsmaskinen med områden där ELV för hälsoeffekter skulle kunna överskridas (rött område). I figuren visas även områden där ELV för hälsoeffekter inte överskrids (grönt område och utanför) och områden där den höga insatsnivån skulle kunna överskridas (röda streck).



8. METALLURGISK TILLVERKNING

Källorna till elektromagnetiska fält i denna fallstudie är följande:

- Induktionsugnar.
- Ljusbågsugnar.
- En kol- och svavelanalysator med en liten ugn.

8.1 Arbetsplats

Källorna till elektromagnetiska fält användes på flera olika arbetsplatser i fabriken, som producerar specialmetaller och legeringar för en rad industrier. De berörda arbetsplatserna var följande:

- En produktionsanläggning för små volymer av legeringar.
- En produktionsanläggning för ferrotitan.
- En stor elektrisk smältanläggning.
- En ljusbågsugnsanläggning.
- Ett laboratorium för analystjänster.

8.2 Arbetets art

Metaller och legeringar framställs av råmaterial på flera platser i fabriken, och företaget utför även analytisk provning i ett laboratorium.

Vid det mesta av arbetet som tas upp i fallstudien fylls ugnarna för hand. Beroende på utrustningen görs detta ofta medan ugnarna är i drift.

På grund av risken för exempelvis elstötar, brännskador och kollisioner med rörliga maskindelar utförs underhåll och reparationer av utrustningen enbart då den är avstängd.

8.3 Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält och hur den används

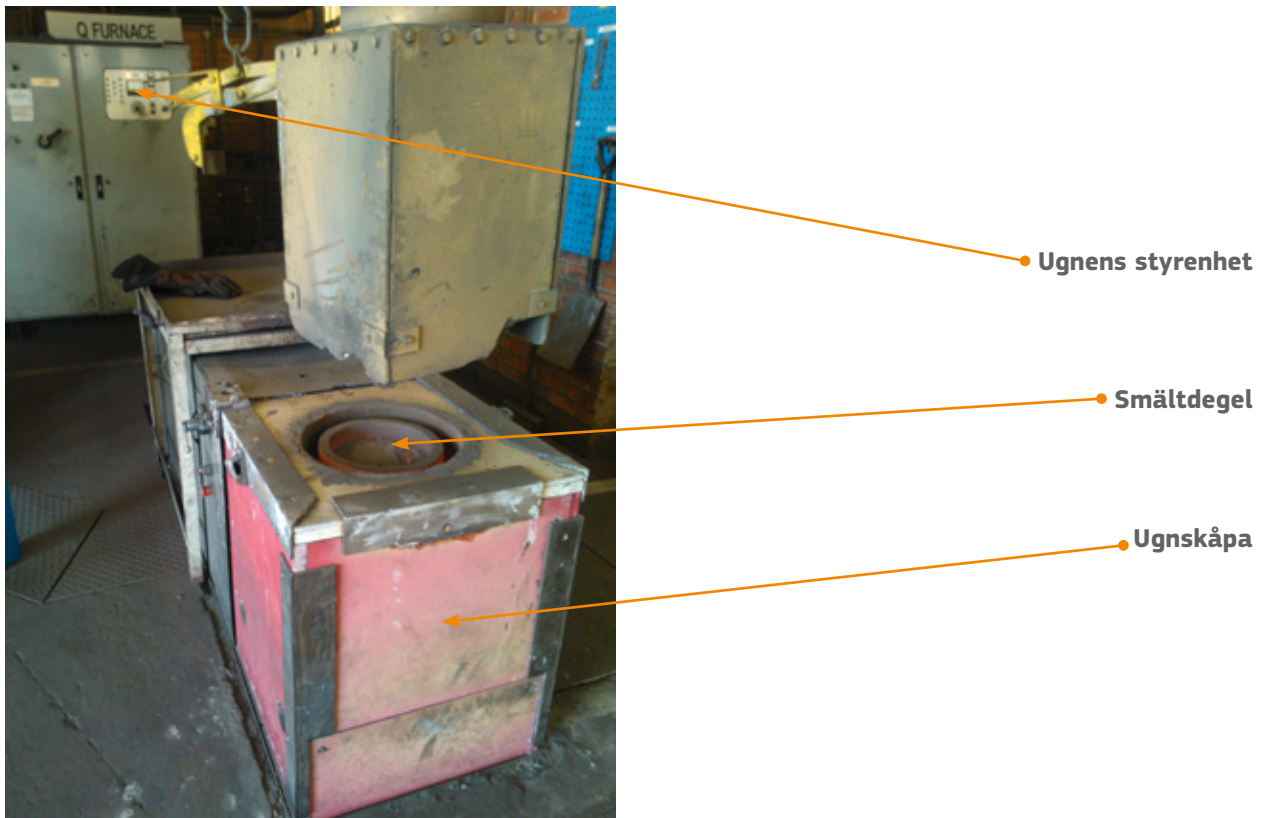
8.3.1 Produktionsanläggning för små volymer av legeringar

Denna anläggning producerade legeringar i en liten induktionsugn (ungefär 30 cm i diameter). Induktionsugnen hade frekvensen 2,4–2,6 kHz och effekten 60–160 kW. Ugnen visas i figur 8.1 och driftmetoden beskrivs nedan:

- En smältdegel med upp till 45 kg råmaterial förs in i ugnen.
- Maskinskötaren ställer in effekten på 60 kW och ugnen sätts på med frekvensen 2,42 kHz.

- Effekten ökar automatiskt till 160 kW under loppet av ungefär 25 minuter.
- Även frekvensen ökar till 2,6 kHz under denna tid.
- Efter ungefär 25 minuter minskar maskinskötaren effekten till 80 kW.
- Efter ytterligare fem minuter stänger maskinskötaren av ugnen och tar ut smältdegeln.

Figur 8.1 – Induktionsugn i en produktionsanläggning för små volymer av legeringar



8.3.2 Produktionsanläggning för ferrotitan

I anläggningen fanns två induktionsugnar med 1,5 tons kapacitet, som drevs av en styrenhet för variabel induktionseffekt. Ugnarna hade frekvensen 217–232 Hz och effekten 600 kW. Smältdeglarna fylldes för hand, vanligtvis när ugnarna var i drift.

8.3.3 Stor elektrisk smältanläggning

I anläggningen fanns tio induktionsugnar som var och en hade en kapacitet på 1,5 ton och frekvensen 50 Hz. Effekten från induktionsspolen är en nödvändig del av smältdeglarna, så att de kan hålla metallen flytande när den ska hållas.

Smältdeglarna var placerade i en upphöjd plattform med överdelen i jämnhöjd med plattformen, och maskinskötaren fyllde normalt smältdeglarna för hand från plattformen under smältningsprocessen. I slutet av smältningsprocessen tippades smältdeglarna och den smälta metallen hölls ut.

Ugnarna hade effekten 70–1 300 kW. Ugnarnas effekt varierade under smältningsprocessen och minskade mot slutet, eftersom låg effekt krävs för att hålla metallen flytande när den är helt smält.

Ugnarna fick effekten från transformatorer i källare under ugnarna. Transformatorerna och samlingsskenorna var placerade i burar och tillträdet var begränsat genom ett nyckelförreglingsystem. Styrenheterna var placerade i kontrollrum på ugnsplattformen.

8.3.4 Ljusbågsugnsanläggning

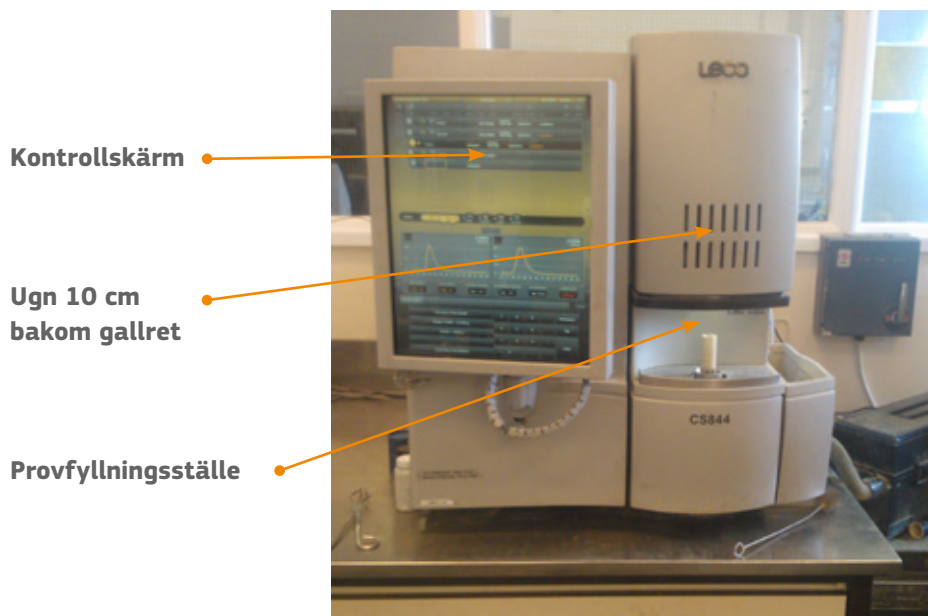
I anläggningen fanns två ljusbågsugnar som producerade nickelborid och kromborid med frekvensen 50 Hz. Ugnarna var kontinuerliga satsugnar som producerade ungefär 1 ton produkt per sats. Ugnarna fylldes för hand och styrdes från kontrollrummen.

Ugnarna hade effekten 500–1 000 kW. Ugnarnas transformatorer och samlingsskenor var placerade i burar och tillträdet var begränsat genom ett nyckelförreglingsystem.

8.3.5 Laboratorium för analystjänster

En kol- och svavelbänkanalysator användes i laboratoriet. Analysatorn hade en liten ugn på 2,2 kW och frekvensen 18 MHz. Prover som maskinskötaren placerade i analysatorn fördes upp till mitten av ugnsspolen i analysatorn, ungefär 10 cm innanför kåpan. Ugnen sattes därefter på i ungefär en minut medan analysen ägde rum. Provet sänktes sedan ned och togs ut av maskinskötaren. Hela processen, från det att provet fördes in till att det togs ut, genomfördes automatiskt, och maskinskötaren behövde inte stå nära analysatorn vid drift. Analysatorn visas i figur 8.2.

Figur 8.2 – Kol- och svavelanalysator i laboratorium för analystjänster



8.4 Sätt att bedöma exponering

Exponeringsmätningar utfördes av en expertkonsult med hjälp av specialinstrument. På grund av fabriken storlek och de många arbetsplatser där det kan finnas elektromagnetiska fält genomfördes en inledande undersökning för att ta reda på var insatsnivåerna (AL) skulle kunna överskridas. Dessa områden undersöktes därefter på nytt genom mer ingående mätningar, så att en åtgärdsplan skulle kunna utarbetas. Alla mätningar utfördes på platser som var tillgängliga för arbetstagarna medan utrustningen var i drift.

Mätningarna var inriktade på de magnetfält som utrustningen ger upphov till, eftersom dessa sannolikt stod för den största exponeringen för arbetstagarna.

Bedömningen av exponeringen för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker gjordes med hjälp av referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) (se bilaga E till volym 1 av vägledningen).

8.4.1 Produktionsanläggning för små volymer av legeringar

Mätningar utfördes på olika platser i anläggningen under hela smältningsprocessen. Mätplatserna var bland annat

- nära ugnen,
- nära styrenheten,
- nära kablarna till styrenheten,
- nära kablarna från styrenheten till ugnen,
- i maskinskötarens hytt.

8.4.2 Produktionsanläggning för ferrotitan

Mätningar utfördes på olika platser i anläggningen under hela smältningsprocessen. Mätplatserna var bland annat

- nära ugnarna,
- nära styrenheten för variabel induktionseffekt,
- nära kablarna till styrenheten,
- nära kablarna från styrenheten till ugnen,
- vid maskinskötarens bord.

8.4.3 Stor elektrisk smältanläggning

Mätningar utfördes på flera platser i anläggningen medan ugnarna var i drift. Mätplatserna var bland annat

- där maskinskötaren befann sig när ugnarna fylldes från plattformen,
- där maskinskötaren befann sig när mekanismerna för tippning av smältdegel användes,
- nära smältdegeln vid tippning,

- i kontrollrummen,
- nära styrenheterna för variabel induktionseffekt,
- nära kablarna till styrenheterna,
- nära kablarna från styrenheterna till ugnarna,
- utanför burarna i källaren för transformatorer,
- under samlingskenorna vid de närmaste åtkomstpunkterna.

8.4.4 Ljusbågsugnsanläggning

Mätningar utfördes på flera platser i anläggningen medan ugnarna var i drift. Mätplatserna var bland annat

- där maskinskötaren befann sig när ugnarna fylldes,
- i kontrollrummen,
- nära styrenheterna,
- vid de närmaste åtkomstpunkterna kring ugnarnas fundament,
- under samlingskenorna vid de närmaste åtkomstpunkterna,
- kring transformatorburarna,
- på gångborden kring ugnarna.

8.4.5 Laboratorium för analystjänster

Mätningar utfördes kring analysatorn medan ugnen var i drift. Mätningarna inriktades särskilt på området kring ugnen och området där maskinskötaren står under analysen.

8.5 Resultat av exponeringsbedömningen

8.5.1 Inledande exponeringsbedömning

Resultaten av exponeringsmätningarna jämfördes med de höga och de låga insatsnivåerna och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG). Om resultaten överskred insatsnivåerna i något arbetsområde utfördes en ytterligare mätning för att fastställa på vilket avstånd den magnetiska flödestätheten motsvarade 100 % av insatsnivån, så att man kunde fatta beslut om huruvida en mer ingående bedömning skulle göras med hänsyn till sannolikheten för att personalen skulle vistas i området där insatsnivån överskrids. De viktigaste resultaten av den inledande exponeringsbedömningen sammanfattas i tabell 8.1.

Tabell 8.1 – Sammanfattning av de viktigaste resultaten från den inledande exponeringsbedömningen

Arbets- område	Utrustning	Områden med störst expo- nering och/eller insatsnivåns utbredning	Exponeringskvot (procent)		
			Låg in- satsnivå	Hög in- satsnivå	Referensnivå i 1999/519/EG
Produktions- anläggning för små volymer av legeringar	Induktionsugn (2,42–2,6 kHz)	50 cm från kanten av ugnskåpan	190 % ⁽¹⁾	190 % ⁽¹⁾	3 500 % ⁽²⁾
		80 cm från kanten av ugnskåpan	100 % ⁽¹⁾	100 % ⁽¹⁾	1 800 % ⁽²⁾
Produktions- anläggning för ferrotitan	Två induktions- ugnar (217– 232 Hz)	Bålens position stående nära styrenheten	7,8 % ⁽³⁾	6,0 % ⁽⁴⁾	360 % ⁽⁵⁾
Stor elektrisk smält- anläggning	Tio induktions- ugnar (50 Hz)	30 cm från kablarna till smältdegeln vid tippning	40 % ⁽³⁾	6,7 % ⁽⁶⁾	400 % ⁽⁷⁾
Ljusbågs- ugnsanläggning	Två ljusbågs- ugnar (50 Hz)	Bålens position stående vid närmaste åtkomstpunkten till ugns fundament	70 % ⁽³⁾	12 % ⁽⁶⁾	700 % ⁽⁷⁾
Laboratorium för analystjänster	Kol- och svavel- analysator med RF-ugn (18 MHz)	20 cm från analysatorlådan yta	110 % ⁽⁸⁾		230 % ⁽⁹⁾
		22 cm från analysatorlådan yta	100 % ⁽⁸⁾		220 % ⁽⁹⁾

⁽¹⁾ Magnetisk flödestäthet för hög och låg insatsnivå med frekvensen 2,6 kHz: 115 µT.

⁽²⁾ Referensnivå i rådets rekommendation (1999/519/EG) för frekvensen 2,6 kHz: 6,25 µT.

⁽³⁾ Magnetisk flödestäthet låg insatsnivå i frekvensområdet 25–300 Hz: 1 000 µT.

⁽⁴⁾ Magnetisk flödestäthet hög insatsnivå med frekvensen 230 Hz: 1 300 µT.

⁽⁵⁾ Referensnivå i rådets rekommendation (1999/519/EG) med frekvensen 230 Hz: 21,7 µT.

⁽⁶⁾ Magnetisk flödestäthet hög insatsnivå med frekvensen 50 Hz: 6 000 µT.

⁽⁷⁾ Referensnivå i rådets rekommendation (1999/519/EG) med frekvensen 50 Hz: 100 µT.

⁽⁸⁾ Magnetisk flödestäthet insatsnivå i frekvensområdet 10–400 MHz: 0,2 µT.

⁽⁹⁾ Referensnivå i rådets rekommendation (1999/519/EG) i frekvensområdet 10–400 MHz: 0,092 µT.

Obs: Mätosäkerheten bedömdes vara ± 10 % och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till AL i procent.

Resultaten av den inledande exponeringsbedömningen gav företaget följande information:

- De höga och de låga insatsnivåerna överskreds upp till 80 cm från induktionsugnen i produktionsanläggningen för små volymer av legeringar och detta område var lättillgängligt för arbetstagarna under hela smältningsprocessen.
- Insatsnivån överskreds upp till 22 cm från kol- och svavelanalysatorn i laboratoriet för analystjänster och arbetstagarna hade inte någon del av kroppen i detta område då ugnen var i drift.
- Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) överskreds i tillgängliga delar av alla bedömda arbetsområden.

När det gäller kol- och svavelanalysatorn överskreds insatsnivån i ett begränsat område, så analysators funktionssätt gjorde att arbetstagarna sannolikt inte skulle exponeras för starkare elektriska fält och magnetfält än insatsnivåerna.

Med utgångspunkt i resultaten från den inledande exponeringsbedömningen utförde konsulten en mer ingående bedömning av induktionsugnen i produktionsanläggningen för små volymer av legeringar.

8.5.2 Ingående exponeringsbedömning av induktionsugn i en produktionsanläggning för små volymer av legeringar

Konsulten utförde en exponeringsbedömning och iakttog hur ugnen fungerade för att kunna hitta en praktisk lösning på problemet.

Flera mätningar av den magnetiska flödestätheten utfördes på olika ställen kring ugnen. Resultaten av dessa mätningar gjorde det möjligt att fastställa gränslinjer för insatsnivåerna och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG). På golvet markerades även det område där insatsnivåerna överskreds (figur 8.3). De viktigaste resultaten av den ingående exponeringsbedömningen sammanfattas i tabell 8.2. I figur 8.4 finns en skiss av ugnen med gränslinjer för insatsnivåerna och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG).

Tabell 8.2 – Sammanfattning av de viktigaste resultaten från den ingående exponeringsbedömningen av induktionsugn i produktionsanläggningen för små volymer av legeringar

Mätningplats	Exponeringskvot (procent)		
	Höga och låga insatsnivåer ⁽¹⁾	Insats-nivå för extremiteter ⁽²⁾	Referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) ⁽³⁾
45 cm från ugnskåpans kant (avstånd till insatsnivån för extremiteter)	300 %	100 %	5 500 %
80 cm från ugnskåpans kant (avstånd till insatsnivån för extremiteter)	100 %	33 %	1 800 %
300 cm från ugnskåpans kant (avstånd till referensnivån i 1999/519/EG)	5,4 %	1,8 %	100 %
Bålens position stående vid styrenheten	3,5 %	1,2 %	64 %
450 cm från ugnskåpans kant (bålens position stående i maskinskötarens hytt)	2,0 %	0,67 %	37 %

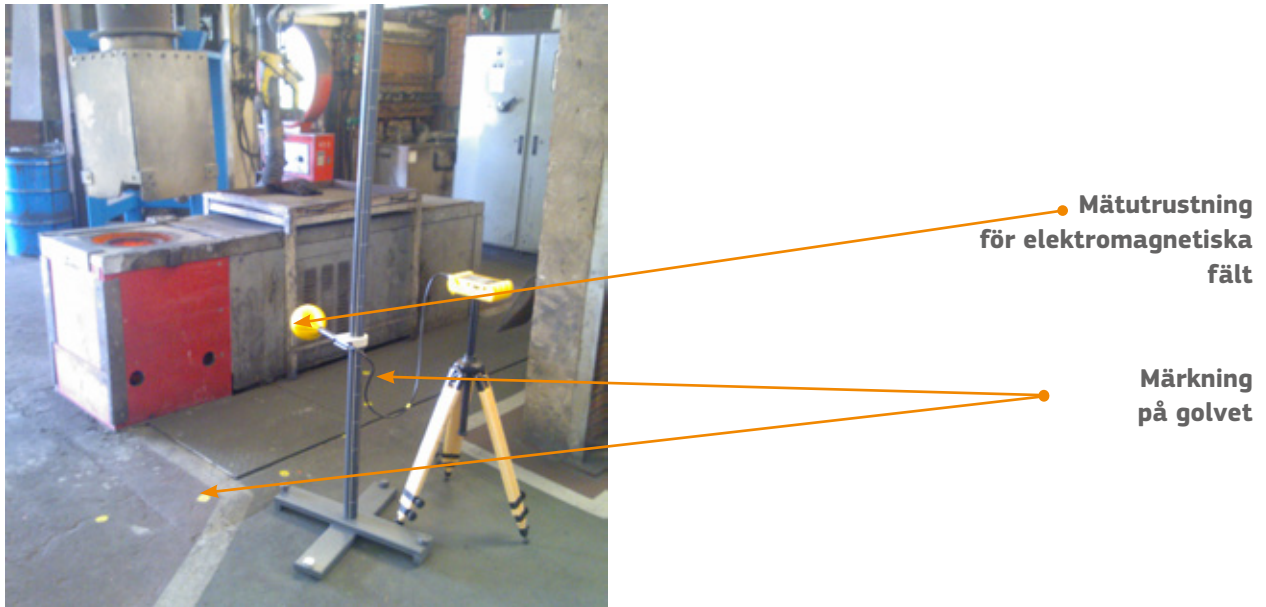
⁽¹⁾ Magnetisk flödestäthet för hög och låg insatsnivå vid frekvensen 2,6 kHz: 115 µT.

⁽²⁾ Magnetisk flödestäthet AL för extremiteter vid frekvensen 2,6 kHz: 346 µT.

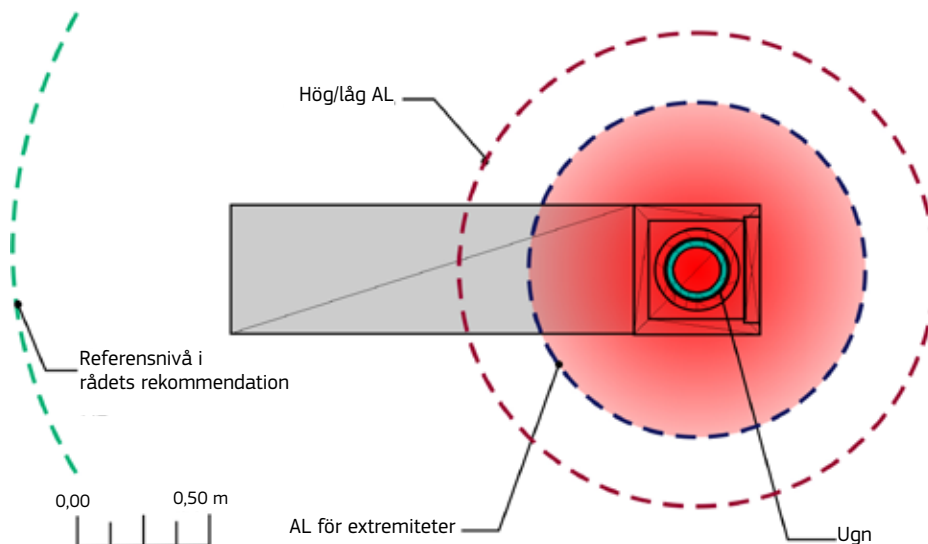
⁽³⁾ Referensnivå i rådets rekommendation (1999/519/EG) vid frekvensen 2,6 kHz: 6,25 µT.

Obs: Mätosäkerheten bedömdes vara ± 10 % och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till AL i procent.

Figur 8.3 – Märkning på golvet som avgränsar det område där de höga och de låga insatsnivåerna överskrids



Figur 8.4 – Planritning med gränslinjerna inom vilka insatsnivåerna och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) skulle kunna överskridas kring induktionsugnen i produktionsanläggningen för små volymer av legeringar



De cirkelformade gränslinjerna i figur 8.4 är centrerade på mitten av ugnen. Det observerades att maskinskötare inte behövde gå in i området med hög och låg insatsnivå när ugnen var i drift, eftersom alla arbetsuppgifter i detta område (föra in smältdegeln i ugnen före smältningen och ta ut den efter att smältningen har avslutats) utfördes när ugnen var avstängd (figur 8.5). Det pekade på att förbudet tillträde var den bästa lösningen för att begränsa exponeringen för starka magnetfält. Det gick dock inte att sätta upp barriärer kring ugnen, eftersom detta skulle hindra arbetet och öka risken för allvarigare olyckor i samband med hantering av smältdegelarna.

Figur 8.5 – Arbetsuppgifter nära ugnen utfördes när ugnen var avstängd

8.6 Riskbedömning

På grundval av konsultens exponeringsbedömning utförde företaget en riskbedömning av anläggningen när det gäller elektromagnetiska fält. Bedömningen följde den metod som rekommenderas av OiRA (Europeiska arbetsmiljöbyråns interaktiva onlineplattform för riskbedömning). I riskbedömningen drogs följande slutsatser:

- Det kan innebära en risk för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker att vistas i något av arbetsområdena i fabriken.
- Arbetstagarna, även arbetstagare som är utsatta för särskilda risker, hade obehindrat tillträde till ett område där insatsnivåerna överskreds i produktionsanläggningen för små volymer av legeringar.

Företaget utarbetade en åtgärdsplan med utgångspunkt i riskbedömningen och denna dokumenterades.

I tabell 8.3 finns ett exempel på en riskbedömning för elektromagnetiska fält i fabriken.

Tabell 8.3 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält i fabrik för metallurgisk tillverkning

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad			Sannolikhet			Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig	Osannolikt	Möjligt	Troligt		
Direkta effekter av magnetfält	Inga	Arbetstagare i produktionsanläggningen för små volymer av legeringar	✓					✓	Medel	Förhindra tillträde till områden där insatsnivåerna överskrids Sätta upp lämpliga varningsskyltar i arbetsområden där insatsnivåerna överskrids
		Arbetstagare i andra bedömda områden	✓			✓			Låg	Ge särskild varningsinformation åt arbetstägarna i samband med säkerhetsutbildningen
		Besökare	✓				✓		Låg	Sätta upp lämpliga varningsskyltar för personer med medicinska implantat vid ingångarna till andra arbetsområden
		Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker (bland annat gravida arbetstagare)		✓				✓		Medel
Indirekta effekter av magnetfält (interferens med medicinska implantat)	Inga	Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker		✓			✓		Medel	Se ovan

8.7 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder

Tillträdet till utrustningens transformatorer och samlingsskenor hade begränsats på grund av risken för elstötar, och detta skulle i viss mån även ha begränsat tillträdet till eventuella starka magnetfält, men inga särskilda säkerhetsåtgärder för elektromagnetiska fält hade vidtagits innan konsulten utförde exponeringsbedömningen.

En viktig iakttagelse var att insatsnivåerna inte överskreds på platser som normalt kunde nå kring de stora produktionsugnarna eller deras styrenheter, trots den mycket större effekten hos dessa. Detta var sannolikt resultatet av utrustningens fysiska storlek, som innebar att eventuella starka magnetfält inte kunde nås. Det framgick att områden där insatsnivåerna kan överskridas fanns kring mindre utrustning, helt enkelt eftersom man kunde komma närmare denna.

8.8 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen

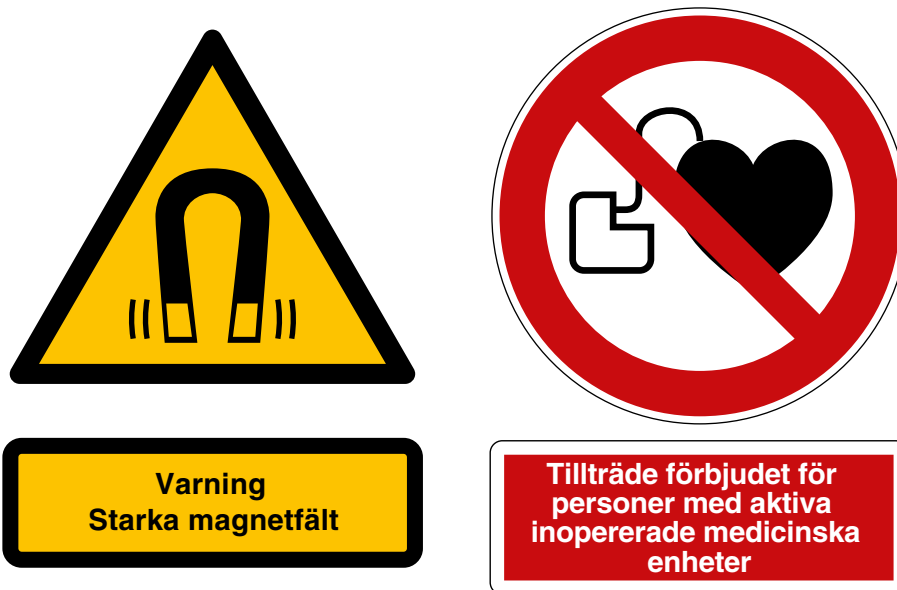
Företaget kunde med utgångspunkt i resultaten från exponeringsbedömningen vidta skyddsåtgärder och förebyggande åtgärder för att se till att arbetstagarna, däribland arbetstagare som är utsatta för särskilda risker, inte utsätts för skadliga elektromagnetiska fält. Vissa ytterligare säkerhetsåtgärder vidtogs omedelbart efter den inledande exponeringsbedömningen. Dessa åtgärder omfattade följande:

- Personer med medicinska implantat fick inte komma in i arbetsområdena.
- Företagets introduktionsfilm om hälsa och säkerhet uppdaterades med en varning för starka magnetfält och en varning riktad till personer med medicinska implantat.
- Varningsmärkningarna med piktogrammen för magnetfält och förbud mot medicinska implantat, samt lämpliga texter (figur 8.6), sattes upp vid ingångarna till de berörda arbetsområdena.

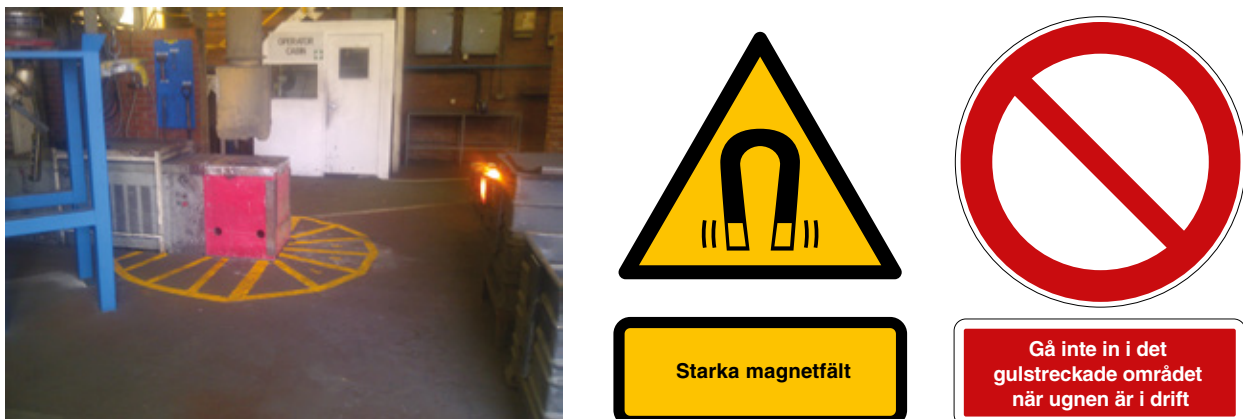
Ytterligare skyddsåtgärder och förebyggande åtgärder vidtogs efter den mer ingående exponeringsbedömningen:

- På golvet kring induktionsugnen i produktionsanläggningen för små volymer av legeringar markerades det område där insatsnivåerna överskreds (figur 8.7), och arbetstagarna anmodades att inte gå in i området när ugnen var i drift.
- Varningsmärkningarna med piktogrammen för magnetfält och förbud, samt lämpliga texter (figur 8.7), sattes upp nära induktionsugnen.

Figur 8.6 – Exempel på en varningsmärkning vid ingångarna till arbetsområdena



Figur 8.7 – Golvmarkeringar och tillhörande varningsmärkning för det område där insatsnivåerna kan överskridas



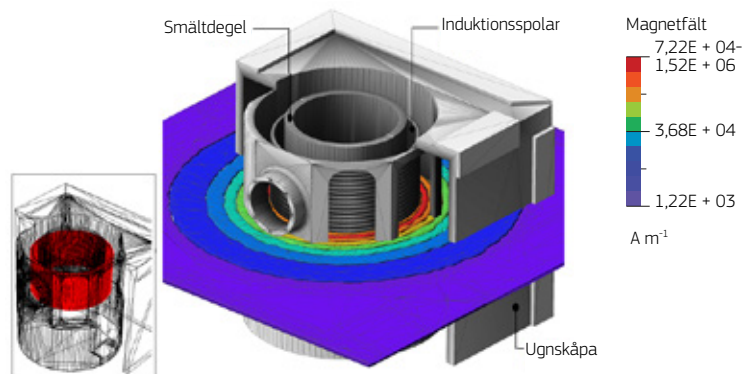
8.9 Ytterligare informationskällor

Som komplement lät företaget en expert genomföra en datormodellering av den möjliga ELV-exponeringen när en arbetstagare står inom det streckade området medan ugnen för produktion av små volymer av legeringar är i drift.

Syftet med datormodelleringen var att bedöma de interna elektriska fält som induceras i kroppen då maskinkötaren står intill en ugn som är i drift. Modelleringens parametrar ställdes in så att modellen genererade liknande värden för magnetisk fältstyrka som värdena från mätningarna i samband med exponeringsbedömningen.

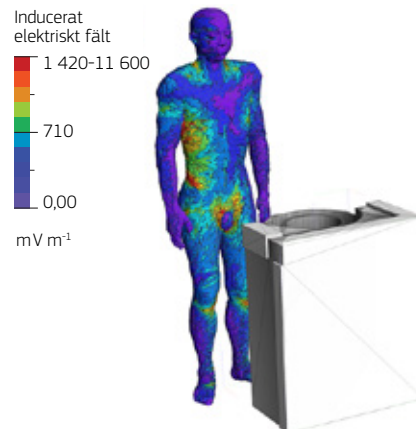
Magnetfältets rumsliga spridning i x–y-planet kring induktionsugnen visas i figur 8.8. Dessa beräknade fältvärden stämde väl överens med mätvärdena från exponeringsbedömningen och visade dessutom att den magnetiska fältstyrkan visserligen är relativt hög nära ugnens induktionsspole, men att dessa värden snabbt minskar på större avstånd.

Figur 8.8 – Magnetfältets rumsliga spridning i x-y-planet kring en genomskuren bild av induktionsugnen enligt modellen. Induktionsspolen är röd (infälld).



Beräkningarna av interna elektriska fält som induceras i kroppen avser en arbetstagare som står 65 cm från mitten av induktionsugnen. Spridningen av inducerade elektriska fält i en mänsklig modell visas i figur 8.9. Den högsta beräknade elektriska fältstyrkan i kroppen för denna exponeringssituation var $916\ mV\ m^{-1}$ (i benvävnad). Detta motsvarade 83 % av ELV för hälsoeffekter vid 2,43 kHz.

Figur 8.9 – Rumslig spridning av de maximala interna elektriska fälten som induceras i en mänsklig modell vid exponering för induktionsugnen

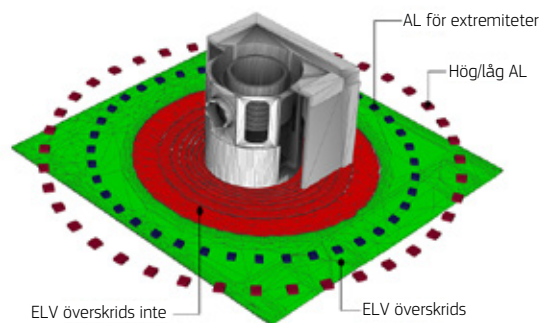


Området där ELV för hälsoeffekter skulle kunna överskridas på grund av exponering för induktionsugnen kan fastställas genom exponeringssimulationer med den mänskliga modellen på olika avstånd från ugnen.

Det konstaterades att ELV endast skulle överskridas om kroppen var inom en radie på ungefär 60 cm från ugnens mitt när den var i drift. Detta område är rödmarkerat i figur 8.10. Områdena där insatsnivåerna kan överskridas visas också (figur 8.4).

Med hänsyn till att ugnen hade en kåpa på ungefär 63 cm x 63 cm (dvs. täckte ett avstånd på 31,5 cm från mitten av ugnen), skulle arbetstagaren vara tvungen att stå så nära ugnskåpan för att gränsvärdena för exponering skulle överskridas att det betraktades som osannolikt. Därför konstaterade företaget att märkningen på golvet var en tillräcklig förebyggande åtgärd.

Figur 8.10 – Gränslinjer kring induktionsugnen med områden där ELV för hälsoeffekter skulle kunna överskridas (rött område). I figuren visas även områden där ELV för hälsoeffekter inte överskrids (grönt område och utanför) och områden där insatsnivåerna skulle kunna överskridas (blå och röda kvadrater).



9. RF-PLASMAUTRUSTNING

RF-plasmautrustning används normalt vid tillverkning av halvledare och integrerade kretsar. Den används även inom andra industrier för rengöring av optiska komponenter, spektroskopi och forskning. Denna fallstudie avser RF-plasmautrustning som används vid tillverkningen av kiselbrickor i en renrumsmiljö. Arbetsgivaren var orolig över den möjliga risken för en arbetstagare med pacemaker som skulle komma tillbaka till jobbet. Tillverkaren av pacemakern försåg arbetsgivaren med upplysningar om säkra gränsvärden för exponering för elektromagnetiska fält.

9.1 Arbetets art

Personen med pacemakern har normalt hand om att mata in kiselbrickor i RF-plasmautrustningen och sköta utrustningen (figur 9.1).

Figur 9.1 – Område för inmatning av kiselbrickor



Figur 9.2 – Reaktionskammare i serviceområdet



9.2 Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält

RF-plasmautrustningen på denna arbetsplats består normalt av en RF-källa och en lufttom reaktionskammare (figur 9.2). Vissa apparater i anläggningen har flera RF-källor och/eller flera reaktionskammare. Det alstrade RF-fältet används för att bilda ett plasma, som exempelvis används för etsning, deponering och fotoresistborttagning av kiselbrickan i kammaren. De alstrade RF-frekvenserna kan ligga mellan några hundra kHz och ett par GHz. Vanliga frekvenser är 400 kHz, 13,56 MHz och 2,45 GHz.

Med denna typ av utrustning skärmas normalt RF-fältet av genom utrustningens kåpa och reaktionskammare av metall. RF-läckage kan ske där det finns springor i kåpan, exempelvis på grund av feljusterade eller felmonterade paneler, saknade skruvar, felaktiga kabelförbindningar och skador på flexibla vågledare. Man lägger sannolikt

märke till att det finns hål i reaktionskammaren eller vågledarna genom vakuumbörlust. Vissa kammare har avskärmade siktfönster. Om skärmen saknas eller är skadad kan det uppstå RF-läckage.

Vissa apparater har även starka magneter som alstrar statiska magnetfält.

9.3 Användning

Personen med pacemakern uppehåller sig normalt i renrummets produktionsområde, där utrustningen sköts och kiselbrickorna matas in. Reaktionskammarna och RF-generatorerna till utrustningen finns i serviceområdet. Arbetstagaren kan gå in i serviceområdet men sysslar inte med service eller underhåll av utrustningen.

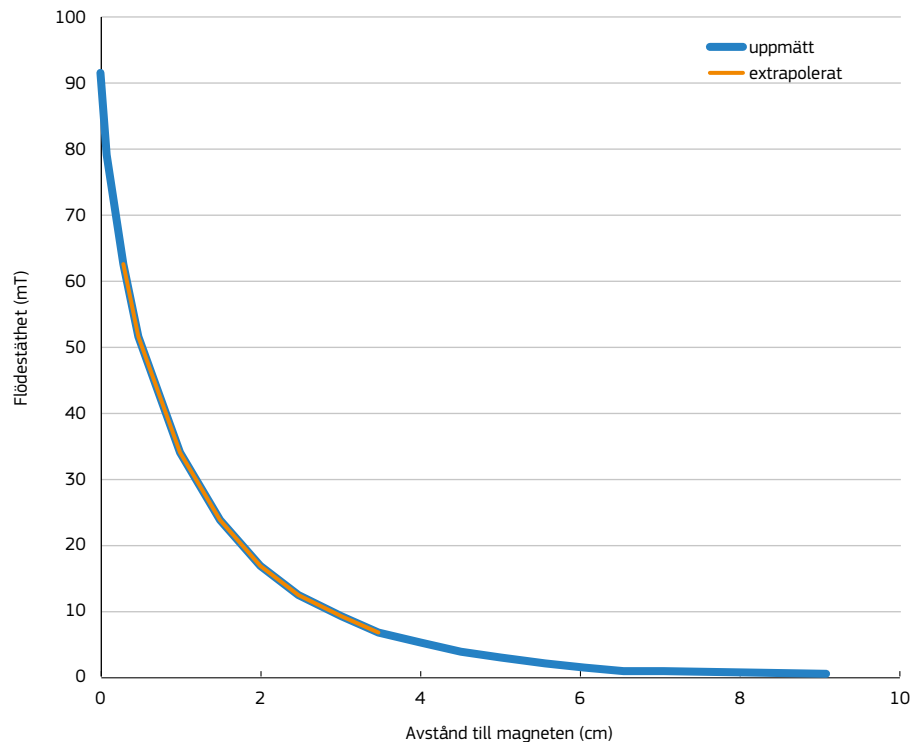
9.4 Sätt att bedöma exponering

Det är möjligt att mäta de elektromagnetiska fälten kring utrustningen. Detta kräver dock att man anlitar en expertkonsult med specialinstrument. På grund av de olika frekvenserna skulle det krävas flera mätapparater. För mellanfrekvensområdet (t.ex. 400 kHz och 13,56 MHz) skulle dessutom mätningarna behöva utföras i närfältet. Elektriska fält och magnetfält skulle behöva mätas separat. Vid högre frekvenser (2,45 GHz) utförs mätningarna i allmänhet i fjärrfältet. I detta fall breder de elektriska fälten och magnetfälten ut sig som en elektromagnetisk våg, så vanligtvis mäts endast det elektriska fältet. Magnetfältet kan man sedan sluta sig till, eftersom de båda fälten har samband med varandra.

Arbetsgivaren började med att kontakta tillverkarna av RF-plasmautrustningen och begära information om risken för RF-läckage från utrustningen, och hur långt bort från utrustningen detta skulle kunna innebära en risk.

En av tillverkarna översände ett diagram (figur 9.3) som visar hur det statiska magnetfältet minskar i styrka i förhållande till avståndet från de starka magneterna i utrustningen, och upplyste arbetsgivaren om att flödestätheten är mindre än 0,5 mT på 10 cm avstånd från magneterna.

Figur 9.3 – Diagram som visar hur den magnetiska flödestätheten minskar med avståndet



Tillverkaren av pacemakern försåg arbetsgivaren med upplysningar om säkra gränsvärden för olika källor till elektromagnetisk interferens (tabell 9.1). Arbetsgivaren noterade att värdet för statiska magnetfält angavs i gauss och skulle behöva räknas om till millitesla enligt direktivet om elektromagnetiska fält.

Tabell 9.1 – Säkra gränsvärden från tillverkaren av pacemakern (gränsvärdena avser den pacemaker som arbetstagaren har)

Källa till elektromagnetisk interferens	Gränsvärde för det elektromagnetiska fältets intensitet (effektivvärde)
Nätfrekvens (50/60 Hz)	10 000 V/m (6 000 V/m; utanför nominell)
Hög frekvens (150 kHz och uppåt)	141 V/m
Statiska magnetfält (DC)	10 gauss
Modulerade magnetfält	80 A/m upp till 10 kHz och 1 A/m över 10 kHz

Arbetsgivaren fick inte någon information från tillverkarna om RF-fälten, så arbetsgivaren anlät en konsult som skulle utföra vissa mätningar kring en del av RF-plasmautrustningen.

9.5 Resultat av exponeringsbedömningen

Arbetsgivaren räknade om tillämpliga gränsvärden från tillverkaren av pacemakern (tabell 9.1) till samma enheter som används i direktivet om elektromagnetiska fält (tabell 9.2). När mätresultaten jämfördes med dessa gränsvärden visade det sig att pacemakerns gränsvärden inte överskreds kring RF-plasmaetsaren.

Tabell 9.2 – Pacemakerns gränsvärden (enligt tillverkaren)

Frekvens	Gränsvärde
Elektriska fält, 150 kHz och över	141 Vm ⁻¹
Statiska magnetfält (DC)	1 mT
Magnetfält över 10 kHz	1,25 µT

Mätresultaten anges i nedanstående tabeller. I tabell 9.3 visas resultaten från mätningarna kring en RF-plasmaetsare på 400 kHz. Mätningarna utfördes kring hela apparaten, men de starkaste elektriska fälten och magnetfälten upptäcktes kring fogarna i RF-generatorns kåpa. Mätresultaten visar att insatsnivåerna (AL) i direktivet om elektromagnetiska fält inte överskreds.

Tabell 9.3 – Resultat av mätningarna kring RF-plasmaetsaren

Position	Frekvens	Magnetisk flödestäthet (µT)	Insatsnivå (µT)	Elektrisk fältstyrka (Vm ⁻¹)	Insatsnivå (Vm ⁻¹)
RF-generator	400 kHz	0,05	5	0,06	610

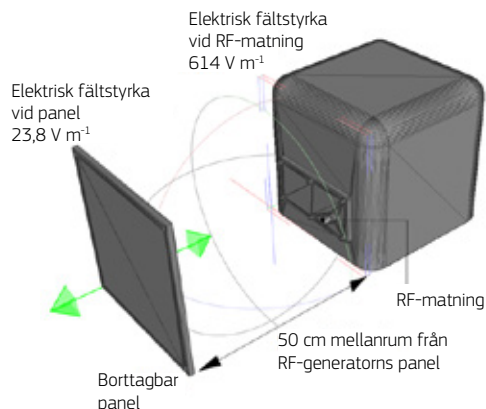
Obs: Mätosäkerheten bedömdes vara ± 2,7 dB och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till insatsnivåerna.

I tabell 9.4 visas resultaten från mätningarna kring en ångbeläggingsenhet på 13,56 MHz. Mätresultaten visar att insatsnivåerna i direktivet om elektromagnetiska fält och pacemakerns gränsvärden i tabell 9.2 överskreds nära RF-matningen till kammaren. De sistnämnda två mätpositionerna visas i figur 9.4.

Tabell 9.4 – Resultat av mätningarna kring ångbeläggingsenheten

Position	Generatorns frekvens	Magnetisk flödestäthet (μT)	Insatsnivå (μT)	Elektrisk fältstyrka (V m^{-1})	Insatsnivå (V m^{-1})
Kammarens övre yta	13,56 MHz	0,04	0,2	10	61
Nedanfö kammaren, nära RF-matningen till kammaren	13,56 MHz	2	0,2	614	61
Vid den borttagbara panelen, 0,5 m från RF-matningen	13,56 MHz	0,08	0,2	24	61

Obs: Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 2,7$ dB och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till insatsnivåerna.

Figur 9.4 – Mätpositioner nära RF-matningen till ångbeläggingsenheten

9.6 Riskbedömning

I fråga om de statiska magnetfälten kring magneterna kunde insatsnivån 0,5 mT för aktiva inopererade medicinska enheter överskridas upp till 10 cm från magneterna. Arbetsgivaren har dock getts det mindre restriktiva gränsvärdet 1 mT från pacemakerns tillverkare, vilket tillämpas på den berörda pacemakern (tabell 9.2). Därför använde arbetsgivaren detta gränsvärde i riskbedömningen. Enligt tillverkarens diagram (figur 9.3) kunde pacemakerns gränsvärde 1 mT överskridas på mindre än 10 cm avstånd från magneterna (uppskattningsvis ungefär 6 cm).

I fråga om de elektromagnetiska RF-fälten kunde pacemakertillverkarens specificerade gränsvärden och insatsnivåerna överskridas nära RF-matningen till kammaren i ångbeläggingsenheten. På 0,5 m avstånd från RF-matningen var nivåerna lägre än pacemakerns gränsvärden och insatsnivåerna.

Både statiska magnetfält och RF-fält minskade över ett kort avstånd till en nivå som var lägre än pacemakerns gränsvärden och insatsnivåerna.

Med utgångspunkt i denna information gjorde arbetsgivaren en riskbedömning för elektromagnetiska fält (tabell 9.5) för att fastställa riskerna för både personen med pacemaker och för andra arbetstagare, enligt den metod som rekommenderas av OiRA (Europeiska arbetsmiljöbyråns interaktiva onlineplattform för riskbedömning).

Som ett resultat av riskbedömningen avgjorde arbetsgivaren att det inte krävdes några förändringar av arbetsuppgifterna för personen med pacemaker. Personen sysslade inte med underhåll av utrustningen, så personen hade ingen anledning att uppehålla sig i områden (mycket nära utrustningen) där pacemakers gränsvärden skulle kunna överskridas. Det beslutades att tillträdet till serviceområdet inte behövde förbjudas, eftersom de höga fälten är mycket lokala. Riskbedömningen visade dock att man skulle behöva ta hänsyn till andra arbetstagare (t.ex. servicetekniker) och entreprenörer som kan ha aktiva inopererade medicinska enheter.

9.7 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder

Arbetsgivaren inspekterade utrustningen och granskade företagets rutiner och kom fram till att följande säkerhetsåtgärder redan hade vidtagits:

- Det fanns skydd kring RF-matningen till kamrarna för att förhindra tillträde (vid mätningen av ångbeläggningseenheten avlägsnades skyddet).
- Företaget ser till att all inköpt utrustning är välkonstruerad. Exempelvis är siktfönster tillräckligt avskärmade för att begränsa exponeringen för RF-fält.

Tabell 9.5 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält för RF-plasmautrustning

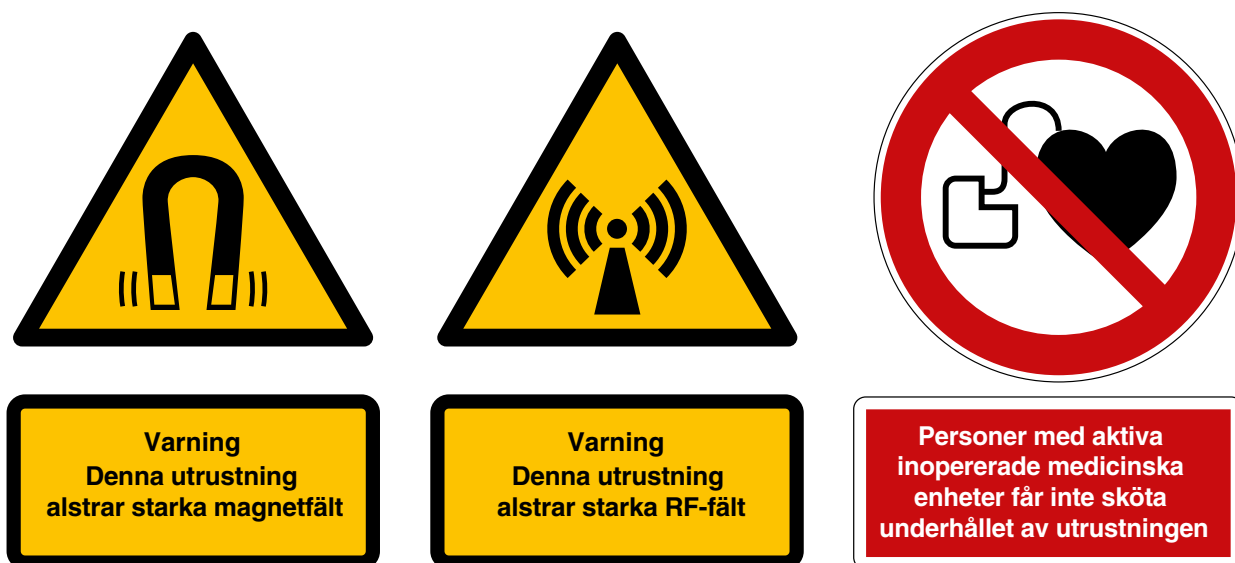
Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad			Sannolikhet	Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig			
Direkta effekter av elektromagnetiska fält:	Panel på ångbeläggningseenheten som förhindrar tillträde till det område där insatsnivån överskrids	Maskinskötare Service-tekniker	✓			✓	Låg	Information och fortbildning åt servicetekniker och maskinskötare Lämpliga varningsmärkningar ska finnas på utrustningen
Indirekta effekter av elektromagnetiska fält (effekt på aktiva inopererade medicinska enheter): Pacemakers gränsvärden kan överskridas nära de statiska magneterna och nära RF-matningen i serviceområdet	Panel på ångbeläggningseenheten som förhindrar tillträde till det område där pacemakers gränsvärden överskrids Fälten som överskrider pacemakers gränsvärden kring de statiska magneterna är mycket lokala	Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker		✓		✓	Låg	Alla arbetstagare ska informeras om risken Varningar ska ges i säkerhetsinformationen för anläggningen Lämplig varnings- och förbudsmärkning ska finnas på utrustningen

9.8 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen

Till följd av riskbedömningen beslutade arbetsgivaren att vidta ytterligare säkerhetsåtgärder, bland annat följande:

- Märka utrustning med starka magneter och borttagbara paneler som ger tillträde till eventuellt höga RF-fält (figur 9.5) med varningar om starka magnetfält/starka RF-fält och förbud för personer med aktiva inopererade medicinska enheter (AIMD).

Figur 9.5 – Exempel på varningsmärkning för starka magnetfält och starka RF-fält och en illustration av förbudssymbolen för personer med AIMD



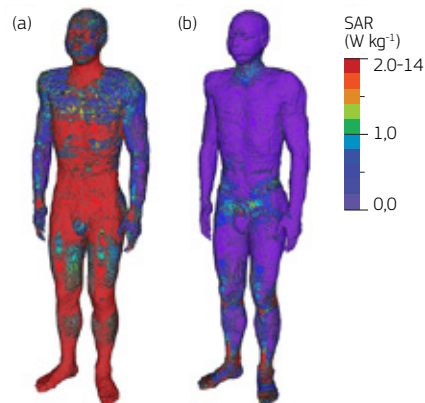
- Ge personen med pacemaker och företagshälsovården information, däribland om resultaten av riskbedömningen.
- Genom lämpliga induktionsprogram och kontakt med entreprenörer se till att arbetstagare och besökare är medvetna om riskerna.
- Se till att arbetstagarna känner till att utrustningen inte får användas med borttagna paneler och att skador på kåpan, vågledarna eller de avskärmade fönstren ska anmälas till arbetsledaren.

9.9 Ytterligare upplysningar

Mätresultaten användes som underlag för datormodellering av exponeringen för en arbetstagare i förhållande till gränsvärdena för exponering (ELV) i direktivet om elektromagnetiska fält (figur 9.5). Modellen visar att ELV skulle kunna överskridas nära RF-matningen. Medelvärdet för helkropps-SAR var 211 % av ELV för helkroppsvarmebelastning, och högsta lokal SAR som medelvärde i en massa på 10 g sammanhängande vävnad i extremiteterna var 147 % av ELV för varmebelastning i extremiteterna. ELV för lokal varmebelastning i huvudet och bålen överskreds inte. Högsta lokal SAR som medelvärde i en massa på 10 g sammanhängande vävnad i huvudet och bålen var 89 % av ELV för lokal varmebelastning i huvudet och bålen.

Den uppmätta elektriska fältstyrkan var lägre än insatsnivån 0,5 m från RF-matningen, så modellen visade som förväntat att värdena för helkropps-SAR och lokal SAR var mycket mindre än ELV (mindre än 0,5 %).

Figur 9.6 – SAR-spridning i en arbetstagare för a) kring RF-matningen och b) kring den borttagbara panelen, 50 cm från RF-generatorn



10. TAKANTENNER

10.1 Arbetsplats

Hustak utnyttjas ofta som praktiska plattformar för olika telekommunikationsantennerna, eftersom de är högt upp eller ger en bättre siktlinje. Denna fallstudie avser en sådan byggnad (figur 10.1), som nyligen hade bytt ägare. Den nye ägaren ville uppfylla sina rättsliga skyldigheter och bedöma alla risker för arbetstagarna på taket.

Figur 10.1 – Sektorantennerna för mobiltelefoni och en mikrovågsantenn på taket till lyftverkshuset



10.2 Arbetets art

Arbetstagare måste gå upp på taket för att utföra en rad arbetsuppgifter som har att göra med byggnadsbesiktning och underhåll. Arbetstagarna kan vara fönsterputsare, takentreprenörer, luftkonditioneringstekniker, besiktningsmän och antenninstallatörer. De sistnämnda grupperna kan ha fått omfattande utbildning om RF-strålningssäkerhet och kan ha med sig personliga exponeringslarm, medan de förstnämnda grupperna sannolikt inte har fått någon utbildning och därför har dålig kunskap om riskerna.

Vid installation av antenner bör operatören rätta sig efter principen om "säker placering". Det innebär att antennerna placeras så att arbetstagare som står i normal höjd på taket inte av misstag kan komma in i en antenskyddszon. Antenskyddszonen är det område nära antennen där exponeringen kan överskrida referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG).

En antenskyddszon bör endast vara tillgänglig för arbetstagare med klätterhjälpmedel som stegar eller ställningar. Om arbetstagarna behöver komma in i en skyddszon kan det bli nödvändigt att stänga av antennen. Om en antenskyddszon måste inkräkta på det område där man står på taket bör området avgränsas.

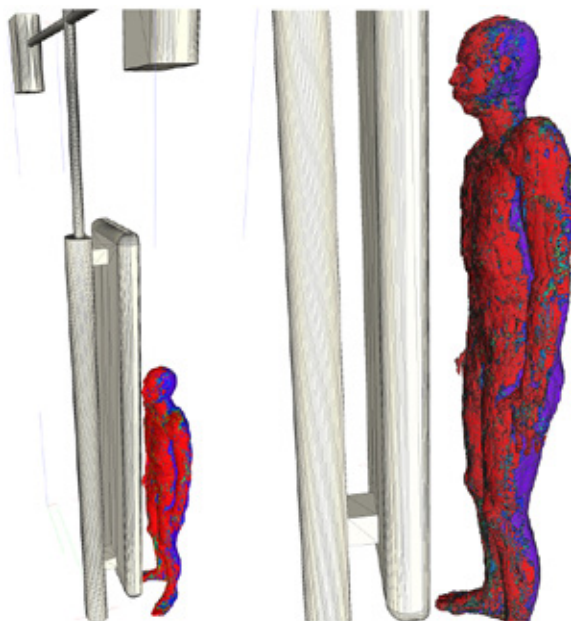
10.3 Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält

Antennerna på taket hörde i allmänhet till mobiltelefonisystem, bland annat basstationer och ett personsökarsystem. Utöver sektorantennerna omfattade basstationen även en punkt till punkt-förbindelse. Ägaren var medveten om att olika typer av antenner medför olika stora risker, i huvudsak att

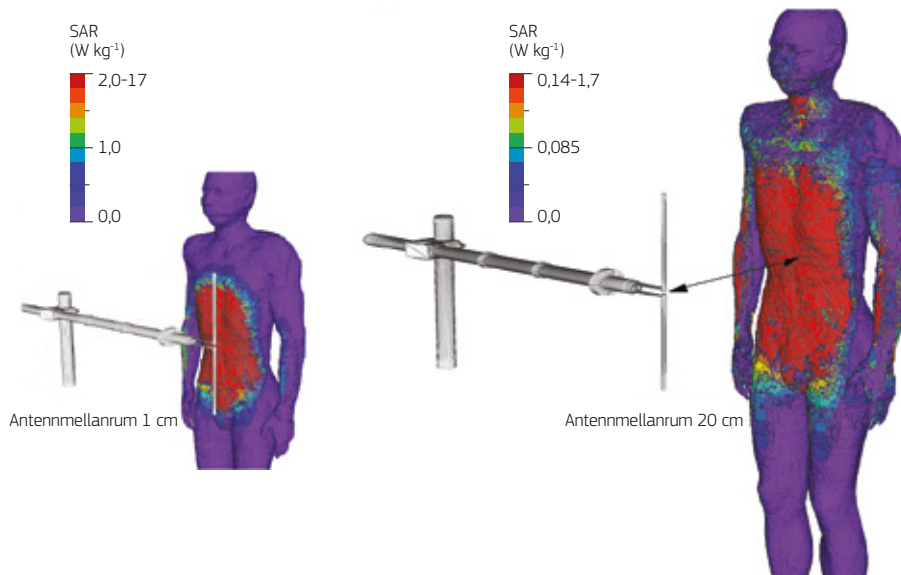
- sektorantenner för mobiltelefoni (800–2 600 MHz) kan innebära en risk upp till några meter framför och i mindre utsträckning på sidorna av och bakom antennen (figur 10.2),
- mikrovågsantenner (10–30 GHz) i basstationer inte brukar innebära någon större risk,
- dipol- och sprötantenner (80–400 MHz) kan innebära en risk en meter eller två från antennen.

Det sistnämnda illustreras av en datormodellering för en halvvågs dipolantenn på 400 MHz (figur 10.3). Tabell 10.1 visar att ELV för hälsoeffekter överskrids på ökande avstånd från antennen när den utstrålade effekten ökas från 25 W, till 100 W och därefter till 400 W.

Figur 10.2 – Spridning av specifik energiabsorption per tids- och massenhet (SAR) i en arbetstagare som står vid en sändande sektorantenn för mobiltelefoni



Figur 10.3 – Spridning av specifik energiabsorption per tids- och massenhet (SAR) i en mänsklig modell vid exponering för en halv vågs dipolantenn på 25 W, 20 cm från bålen. Infällt: 1 cm från bålen. I båda fallen är de beräknade SAR-värdena mindre än motsvarande ELV för hälsoeffekter.



Tabell 10.1 – Datormodellens värden för helkroppss-SAR (WBSAR) och högsta lokal SAR som medelvärde i en massa på 10 g sammanhängande vävnad (SAR_{10g cont}) för en halv vågs dipolantenn på 5 W, 25 W, 100 W och 400 W. SAR-värdena som överskrider motsvarande ELV för hälsoeffekter är angivna i rött.

Avstånd (cm)	SAR enligt modell (Wkg ⁻¹)							
	Antenn på 5 W		Antenn på 25 W		Antenn på 100 W		Antenn på 400 W	
	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

ELV för hälsoeffekter i frekvensområdet 100 kHz–6 GHz för medelvärdet för helkroppss-SAR: 0,4 Wkg⁻¹ och för lokal SAR som medelvärde i en massa på 10 g sammanhängande vävnad i huvudet och bålen: 10 Wkg⁻¹.

10.4 Användning

Utrustningen är automatisk och fjärrstyrd. Basstationen justerar uteffekten beroende på samtalstrafiken upp till ett maximalt värde som fastställs i spektrumlicensvillkoren. Detta gör det svårt för ägaren att förutsäga den faktiska uteffekten vid en viss tidpunkt. Även utfrekvenserna fastställs i spektrumlicensvillkoren.

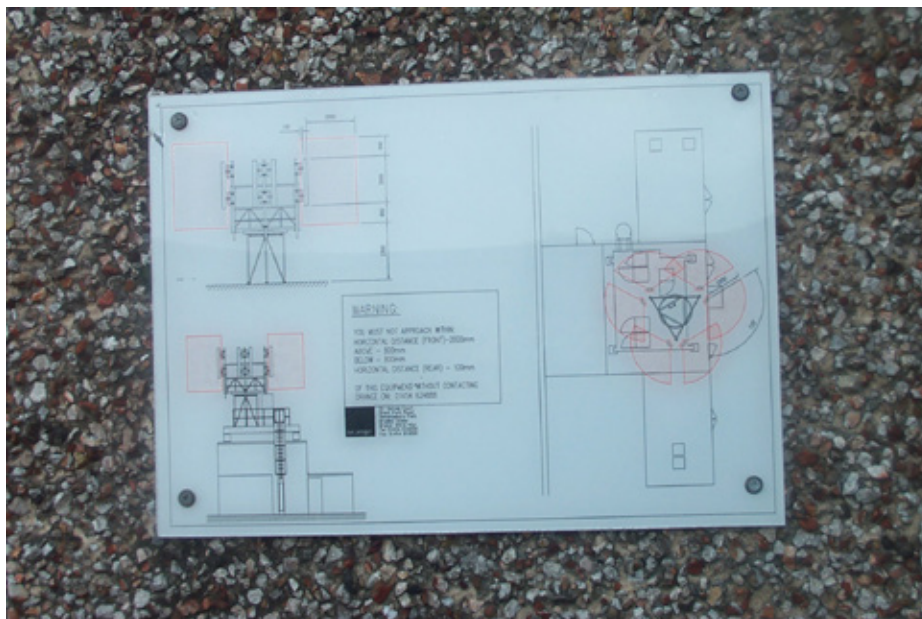
Ändringar av installationen och sporadiska underhållsarbeten utförs av underleverantörer som anlitas av operatörerna.

10.5 Sätt att bedöma exponering

En ingående teoretisk bedömning av exponeringen skulle kräva information om en rad faktorer, bland annat typ av antenn, utstrålningens egenskaper (t.ex. frekvens, utstrålad effekt, signalparametrar, grad av belastning, antal sända kanaler), arbetstagarens position i strålfältet, exponeringens varaktighet och påverkan av andra källor.

Det skulle även vara möjligt att mäta exponeringen på taket, men detta kräver dock att man anlitar en expertkonsult med specialinstrument. Ägaren var medveten om möjligheten att hyra eller köpa ett billigt instrument via internet, men att detta kanske inte skulle ge ett tillförlitligt resultat och att det kunde vara mottagligt för andra signaler. Ägaren visste också att det skulle bli dyrt att anlita en konsult och att det endast skulle ge en ögonblicksbild av exponeringen vid mättillfället.

Ägaren gjorde i stället en grundläggande visuell besiktning av taket för att identifiera antennerna och deras operatörer och ritade in dem i en planritning över taket. Därefter kontaktades operatörerna och ombads besöka platsen för att identifiera sina antenner och lämna tillhörande säkerhetsinformation. Ägaren gick även igenom besöksboken för att se vem som hade gått upp på taket och försökte enligt arbetets art fastställa var de hade uppehållit sig. Med hjälp av denna information identifierades platser där arbetstagarna kan komma in i områden med farliga fält eller skydds zoner (figur 10.4). Arbetstagarna bör inte gå nära strålande antenner och kunna utsättas för exponering som överskrider insatsnivåerna (AL), och de bör absolut inte kunna röra vid strålande antenner.

Figur 10.4 – Skiss över skyddszonerna på taket

10.6 Resultat av exponeringsbedömningen

Genom den visuella besiktningen och kontakten med operatörerna samlade ägaren in relevant säkerhetsinformation, som därefter gjordes tillgänglig för dem som arbetade på taket. Informationen omfattade en detaljerad antennförteckning med följande uppgifter: antenntyp (t.ex. sektorantenn, mikrovågsantenn, vikt dipol), operatör, plats (position, höjd, orientering), driftparametrar, skyddszoners utsträckning och installationsdatum (tabell 10.2).

Tabell 10.2 – Husägarens förteckning över takantenner

Antenntyp	Operatör	Plats på taket	Driftparametrar	Skyddszon	Installationsdatum
Sektorantenner för mobiltelefoni (6 st)	Vodafone	Mast på lyftverks- husets tak 6 m 0°, 120°, 240°	Frekvens 2 110–2 170 MHz Effekt 56 dBm per signal 85° strålbredd Förstärkning 17 dBi	2,5 m framför 0,25 m bakom 0,3 m ovanför och nedanför	Juni 2006
0,3 m mikrovågs- antenn	Vodafone	Stolpe på lyftverks- husets tak 5,5 m 220°	Frekvens 26 GHz Effekt 3 mW 1° strålbredd Förstärkning 44,5 dBi	Inga	Juni 2006
Vikt dipol	Pager Telecom	Nära gångbordet vid utgången på taket 2 m	Frekvens 138 MHz Effekt 100 W Rundstrålande Förstärkning 2,15 dBi	2,5 m runt hela antennen	Okänt

10.7 Riskbedömning

Husägaren var medveten om kravet att bedöma alla risker för arbetstagare på taket (det kunde röra sig om allmän halk-, snubbel- och fallrisk, rök från skorstenar, skorstensgrupper och rökgångar samt elektromagnetiska fält). Den metod som rekommenderas av OIRA (Europeiska arbetsmiljöbyråns interaktiva onlineplattform för riskbedömning) användes för att strukturera bedömningen. Inför bedömningen sammanställdes all information om antennerna från operatören eller tillverkaren. Kvantitativ information om den elektriska fältstyrkan från antennen, eller diagram över skyddszoner, gjorde det möjligt för ägaren att utvärdera risknivån. Om det tillgängliga fältet överskred insatsnivåerna var det nödvändigt att tänka ut och genomföra en åtgärdsplan för att avlägsna riskerna.

I tabell 10.3 finns ett exempel på en riskbedömning för elektromagnetiska fält.

Tabell 10.3 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält för takantenner

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad			Sannolikhet		Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig	Osannolikt	Möjligt		
Direkta effekter av RF-fält	Dörren till taket låst och nyckeln under kontroll	Fönsterputsare	✓				✓	Låg	Flytta bort personsökarsystemets antenn (vikt dipol) från gångbordet
	Varnings- och förbudsskyltar	Takentreprenörer	✓				✓	Låg	Montera en mekanisk stoppanordning som gör att plattformen för fönsterputsning inte kan firas upp framför sektorantennerna
	Sektorantenner monterade högt upp på taket och deras skyddszoner otillgängliga	Luftkonditioneringsstekniker	✓				✓	Låg	
	Stegen till lyftverkshusets tak spärrad	Besiktningmän	✓				✓	Låg	Utarbeta skriftliga säkerhetsinstruktioner som alla arbetstagare måste läsa (och underteckna) innan de får gå upp på taket
	Parabolantennerna monterade högt upp på stolpar och strållarna otillgängliga	Antenninstallatörer	✓				✓	Låg	
			Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker (gravida arbetstagare)	✓				✓	Låg
Indirekta effekter av RF-fält (interferens med medicinsk elektronisk utrustning)	Se ovan	Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker		✓		✓		Låg	Se ovan. Varning för personer med medicinsk elektronisk utrustning i de skriftliga säkerhetsinstruktionerna

10.8 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder

Vid husägarens visuella besiktning av taket framkom följande:

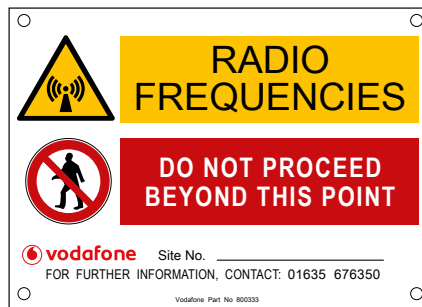
- Dörren till taket var låst och nyckeln kontrollerades av byggnadens säkerhetsansvarige. En varning för RF-antennerna satt på dörrens insida (figur 10.5a).
- Sektorantennerna för mobiltelefoni var placerade högst upp på lyftverkshuset och deras skydds zoner var otillgängliga. Varningsskyltar satt på stolparna (figur 10.5b) och på antennerna (figur 10.5c).
- Stegen till lyftverkshusets tak var spärrad och försedd med en varning (figur 10.5d).
- Mikrovågsantennerna var placerade högt upp på stolparna och strålarna var otillgängliga. (Husägaren hade i varje fall skriftlig information från operatören om att det inte fanns några skydds zoner.)

Figur 10.5 – Varningmärknings

a) på dörren till taket



b) på antennstolpen



c) på antennen



d) på stegen till lyftverkshusets tak



10.9 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen

Husägaren var inte nöjd med vissa delar av takinstallationerna och beslutade att vidta ytterligare säkerhetsåtgärder, bland annat följande:

- Kräva att personsökarsystemets operatör flyttar bort den vikta dipolantennen från gångbordet (figur 10.6a) och sätter upp en varningsskylt (figur 10.6b).
- Montera en mekanisk stoppanordning som gör att plattformen för fönsterputsning inte kan firas upp framför sektorantennerna (figur 10.6c).
- Utarbeta skriftliga säkerhetsinstruktioner som alla arbetstagare måste läsa (och underteckna) innan de får gå upp på taket. Detta omfattar beredskapsplaner för olyckor och incidenter som rimligen kan förutses.

Figur 10.6

a) personsökarsystemets antenn för nära gångbordet



b) den nya varningsskylten



c) plattformen för fönsterputsning kan inte längre firas upp framför antennerna



11. WALKIE-TALKIE

11.1 Arbetsplats

Denna fallstudie avser ett mindre byggföretag vars anställda är baserade på byggarbetsplatser. Förmannen hade hört talas om det nya direktivet om elektromagnetiska fält och ville ta reda på om arbetstagarna behöver vidta säkerhetsåtgärder när de använder walkie-talkie.

11.2 Arbetets art

Arbetstagarna kommunicerar med hjälp av walkie-talkie över det licensfria privata mobilradionätet PMR-446 (figur 11.1). Alla arbetstagare på platsen kan använda apparaterna.

Figur 11.1 – Arbetstagare som använder walkie-talkie



Efter att ha gått igenom tillverkarens instruktioner konstaterade förmannen att de handhållna enheterna använder frekvenser kring 446 MHz. I instruktionerna och i EU-försäkran om överensstämmelse (figur 11.2) saknades dock information om effektiv utstrålad effekt (ERP) eller om lämpliga användningssätt.

Efter att ha sökt på internet hittade förmannen information från tjänstens tillsynsmyndighet om att radioutrustning för PMR-446 ska vara handhållen, ha inbyggd antenn, ha en maximal effektiv utstrålad effekt på 500 mW och överensstämma med ETS 300 296.

Figur 11.2 – EU-försäkran om överensstämmelse till enheten

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 Användning

Arbetstagarna har inte fått någon utbildning om användning av utrustningen. Förmannen gjorde en informell undersökning av hur användarna håller enheten, och konstaterade att den antingen hålls framför eller vid sidan av ansiktet. Kommunikationen mellan arbetstagarna uppgavs även vara kortvarig, i allmänhet inte mer än ett tiotal sekunder per sändning.

11.4 Sätt att bedöma exponering

Vid bedömning av exponeringen för sändare nära kroppen måste det kontrolleras genom datormodellering att gränsvärdena för exponering (ELV) inte överskrids. Helst ska detta göras av tillverkaren. Om dessa uppgifter dock inte är tillgängliga kan en bedömning göras med hjälp av publicerad information om liknande apparater. (Det kan även vara värt att kontrollera i tabell 3.2 i kapitel 3 av volym 1 i vägledningen om utrustningen på förhand anses uppfylla kraven i direktivet om elektromagnetiska fält.)

11.5 Resultat av exponeringsbedömningen

Efter att ha ringt runt till olika myndigheter fick förmannen reda på att det hade publicerats uppgifter från en datormodellering för en liknande apparat med liknande frekvenser (Dimbylow m.fl.). Modellen visade att högsta specifika energiabsorption per tids- och massenhet (SAR) i en massa på 10 g sammanhängande vävnad är $3,9 \text{ Wkg}^{-1}$ per watt uteffekt, för alla sätt att hålla enheten nära ansiktet.

För en bedömning i förhållande till ELV för hälsoeffekter vid lokal exponering i huvudet med denna frekvens (10 Wkg^{-1}) krävs ett medelvärde av exponeringen över 6 minuter. Eftersom det rör sig om tvåvägskommunikation antog förmannen att den maximala arbetskvoten är 50 %. Av modellens data kunde förmannen dra slutsatsen att det krävs en enhet med effektiv utstrålad effekt över 5 W för att överskrida ELV.

Tillverkaren hade inte lämnat någon information om walkie-talkiens effektiva utstrålade effekt, men tillsynsmyndigheten hade redan angett att apparaterna inte får ha större uteffekt än 0,5 W. Förmannen kunde därför dra slutsatsen att exponeringen från enheterna inte skulle överskrida ELV för hälsoeffekter i direktivet om elektromagnetiska fält.

11.6 Riskbedömning

Resultaten av exponeringsbedömningen visar att användningen av walkie-talkie inte överskrider tillämpliga ELV för hälsoeffekter i direktivet om elektromagnetiska fält. Det finns dock en risk för interferens med medicintekniska produkter som bärs på kroppen. Arbetstagare med medicintekniska produkter ska genomgå en individuell riskbedömning, så att säkerhetsåtgärder som rekommenderas av deras läkare kan fastställas och genomföras.

11.7 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder

Inga säkerhetsåtgärder hade vidtagits.

11.8 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen

Förmannen beslutade att vidta några enkla åtgärder:

- Arbetstagarna samlades till ett kort informationsmöte där de upplystes om när och hur walkie-talkien ska användas och om rekommenderade sätt att hålla apparaten.
- Befintliga arbetstagare ombads anmäla om de är utsatta för särskilda risker, exempelvis om de har pacemaker.
- Alla nya arbetstagare undersöks nu för att ta reda på om de är utsatta för särskilda risker.

12. FLYGPLATS

Källorna till elektromagnetiska fält i denna fallstudie är följande:

- Flygplatsradar.
- Rundstrålande radiofyr.
- Avståndsmättningsutrustning.

12.1 Arbetsplats

Radarn, den rundstrålande radiofyren (NDB) och avståndsmättningsutrustningen (DME) användes på en internationell flygplats för passagerar- och transportflygplan. De berörda arbetsplatserna på flygplatsen var följande:

- Radarutrustningshytt med RF-generator.
- Fackverksstolpe av stål med radarantenn.
- Flygledartorn.
- NDB-hytt med RF-generator.
- Området där NDB-antennen var placerad.
- Flygplatsens brandstation nära den rundstrålande radiofyren.
- DME-hytt med RF-generator.
- Området kring DME-hytten med antennen.

12.2 Arbetets art

12.2.1 Radar

Det mesta av arbetet med radarn utfördes av flygledningstekniker i utrustningshytten. Dessa arbetstagare fick emellanåt även utföra arbeten på antennen. Annan flygplatspersonal i flygledartornet, som var beläget ungefär 80 m från radarn och ungefär lika högt, kan också ha exponerats för RF-strålning från antennen och hade uttryckt viss oro över detta.

12.2.2 Rundstrålande radiofyr

Det mesta av arbetet med radiofyren utfördes av tekniker i utrustningshytten. Dessa arbetstagare fick emellanåt även gå in i NDB-området för att ställa in radiofyren så att den uppfyller kraven. Avstämningen utfördes i ett skåp ett par meter från antennen. Att radiofyren var placerad så nära flygplatsens brandstation var också en källa till oro för brandmännen.

12.2.3 Avståndsmätningstrustning

Det mesta av arbetet med avståndsmätningstrustningen utfördes av tekniker i utrustningshytten. Dessa arbetstagare behövde sällan arbeta på själva antennen, men annan flygplatspersonal hade uttryckt viss oro över att antennen bara var placerad 2,5 m över marken utan att tillträdet begränsades.

12.3 Information om den utrustning som ger upphov till elektromagnetiska fält

12.3.1 Radar

Radarn bestod av en RF-generator, som sänder ut pulser av RF-strålning, och en roterande antenn. RF-generatorn var installerad i en utrustningshytt och antennen var placerad högst upp på en fackverksstolpe av stål. Signalen från RF-generatorn leddes till antennen via en rektangulär vågledare. I figur 12.1 visas ett exempel på en flygplatsradar, och radarns tekniska specifikation anges i tabell 12.1.

Figur 12.1 – Exempel på flygplatsradar



Tabell 12.1 – Teknisk specifikation för flygplatsradar

Driftparameter	Värde
Nominell sändningsfrekvens	3 GHz
Nominell topputeffekt	480–580 kW
Nominell genomsnittlig uteffekt	430 W
Pulslängd	0,75–0,9 μ s
Pulsfrekvens	995 Hz
Antennrotationshastighet	15 varv per minut

12.3.2 Rundstrålande radiofyr

Radiofyren bestod av en RF-generator som genererar en amplitudmodulerad RF-signal på 343 kHz med högsta effekt 100 W, och en självbärande sändare i form av en 15 m hög fackverksstolpe. Antennen var installerad i ett inhägnat område tillsammans med ett skåp med utrustning för avstämning. RF-generatorn var installerad i en utrustningshytt utanför antennområdet.

12.3.3 Avståndsmätning utrustning

Avståndsmätning utrustningen bestod av en RF-generator och en antenn, som var placerad på utrustningshytten. Utrustningen sänder ut pulser av RF-strålning som svar på signaler från flygplan som närmar sig flygplatsen. RF-signalerna sänds i frekvensområdet 978–1 213 MHz med pulslängden 3,5 μ s. Intervallet mellan pulserna är 12–36 μ s.

12.4 Användning

Radarn, radiofyren och avståndsmätning utrustningen är automatiska och fjärrstyrda. Ändringar av utrustningen och enstaka underhållsarbeten utförs av tekniker, som emellanåt kan behöva tillträde till antennerna. RF-generatorn stängs alltid av när arbete behöver utföras på antennen.

12.5 Sätt att bedöma exponering

Exponeringsmätningar utfördes av en expertkonsult med hjälp av specialinstrument (en hornantenn ansluten till en spektrumanalysator för detaljerad bedömning av exponeringen från de pulserande radarsignalerna på bestämda platser, och en sond med tre axlar för RF-risk). Mätningarna utfördes på platser som var tillgängliga för arbetstagarna medan utrustningen var i drift.

12.5.1 Radar

På grund av radarsignalernas karaktär (RF-signalen består av korta pulser och antennen roterar) är exponeringen på en viss plats inte kontinuerlig, så det krävdes en detaljerad exponeringsbedömning av två kvantiteter:

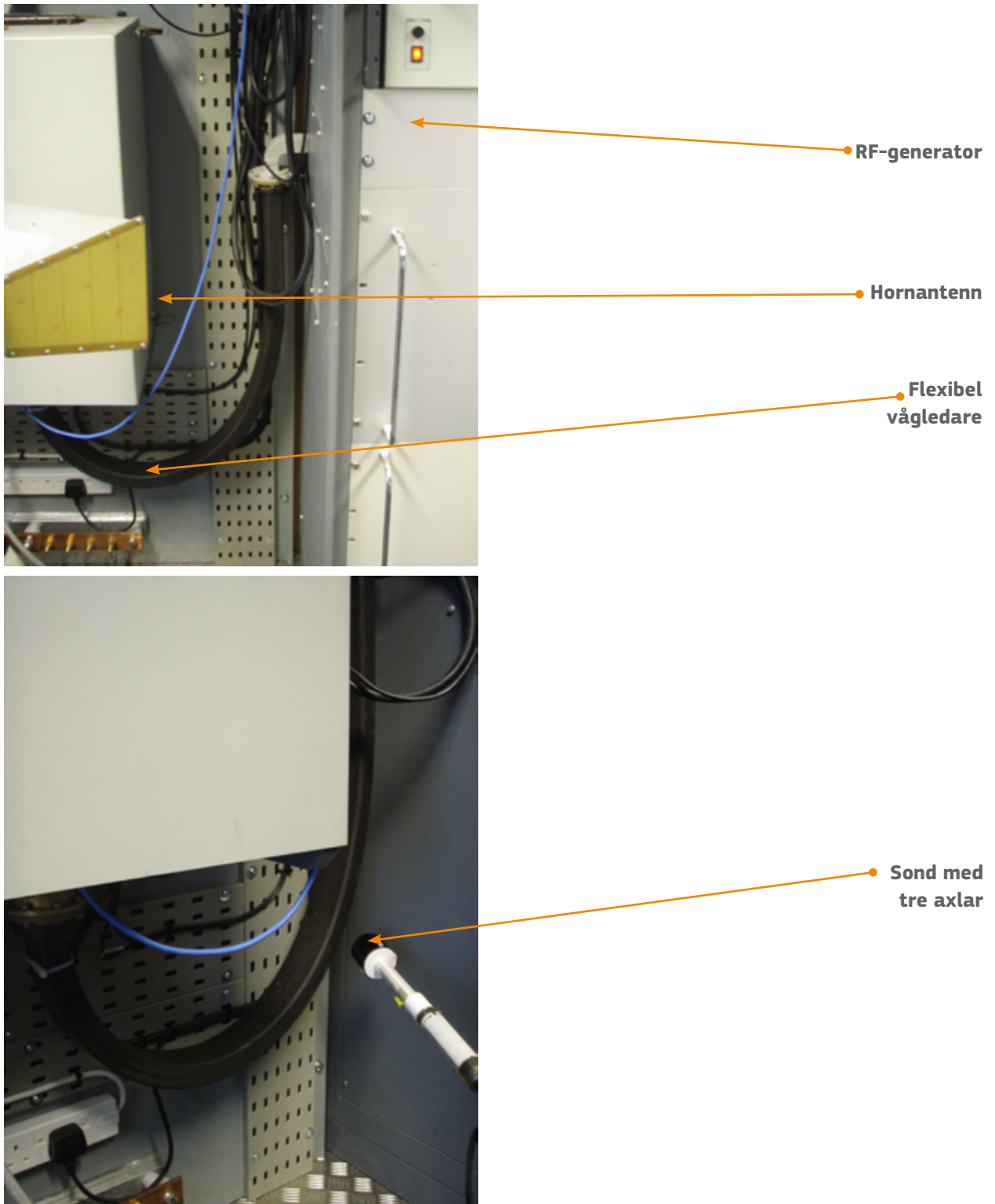
- Toppvärdet för effekttätheten, vilket är ett mått på den exponering som en arbetstagare kan bli utsatt för genom varje enskild puls av RF-signalen.
- Den genomsnittliga effekttätheten, som beräknas på grundval av toppvärdet och är ett mått på medelvärdet av exponeringen under flera minuter, med hänsyn tagen till radarsignalens pulsering och antennens rotationsperiod.

Mätningarna av effekttätheten utfördes på fyra platser i flygledartornet med hjälp av hornantennen och spektrumanalysatorn.

Även den elektriska fältstyrkan mättes på flera platser med hjälp av sonden för RF-risk.

Mätningar utfördes i utrustningshytten, på antennmasten, nära vågledaren (särskilt flänsanslutningar och eventuella sektioner med flexibel vågledare [figur 12.2]), flygledartornet och andra områden kring radarn som var tillgängliga för arbetstagarna, däribland personer som är utsatta för särskilda risker.

Figur 12.2 – Mätningar kring en flexibel vågledare i en radarutrustningshytt



12.5.2 Rundstrålande radiofyr

Den elektriska fältstyrkan mättes med hjälp av sonden för RF-risk på platser som var tillgängliga för arbetstagarna kring radiofyren, särskilt områden där flygledningsteknikerna och brandmännen uppehöll sig.

12.5.3 Avståndsmätningstrustning

Den elektriska fältstyrkan mättes med hjälp av sonden för RF-risk inuti utrustningshytten och vid närmaste åtkomstpunkten till antennen utanför hytten, vilket motsvarade en arbetstagare som står på marken och sträcker ut handen mot antennen.

12.6 Resultat av exponeringsbedömningen

Resultaten av mätningarna jämfördes med tillämpliga insatsnivåer (AL) och de viktigaste resultaten av exponeringsbedömningen anges i tabellerna 12.2, 12.3 och 12.4. Bedömningen av exponeringen för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker gjordes med hjälp av referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) (se bilaga E till volym 1 av vägledningen).

Tabell 12.2 – Sammanfattning av resultaten från exponeringsbedömningen av radarn

Plats	Mätkvantitet	Resultat	Exponeringskvot (procent)	
			Tillämplig insatsnivå ^(1, 2)	Referensnivå i 1999/519/EG ⁽³⁾
Flygledartornets tak	Toppvärde för effekttäthet	33 000 Wm ⁻²	66 %	330 %
	Genomsnittlig effekttäthet	0,012 Wm ⁻²	0,024 %	0,12 %
Utrustningshytt	Maximal elektrisk fältstyrka	< 0,1 Vm ⁻¹	< 0,1 %	< 0,2 %
10 cm från flexibel vägledare utanför utrustningshytten		29 Vm ⁻¹	21 %	48 %
Bålens position närmast antennen på antenmasten		31 Vm ⁻¹	22 %	51 %

⁽¹⁾ Det noterades att direktivet om elektromagnetiska fält inte innehöll insatsnivåer för RF-strålningens effekttäthet vid frekvenser under 6 GHz, vilket är av särskild betydelse för pulserande RF-signaler. I enlighet med skäl 15 i direktivet följde konsulten riktlinjerna från Internationella kommissionen för skydd mot icke-joniserande strålning (ICNIRP) vid exponeringsbedömningen av pulserande RF-strålning från radarn, vilket innebar följande:

Yrkesreferensnivå för toppeffekttäthet för pulserande RF-strålning i frekvensområdet 2–300 GHz: 50 000 Wm⁻².

Yrkesreferensnivå för genomsnittlig effekttäthet för frekvensområdet 2–300 GHz: 50 Wm⁻².

⁽²⁾ Elektrisk fältstyrka insatsnivå i frekvensområdet 2–6 GHz: 140 Vm⁻¹.

⁽³⁾ Referensnivåer i rådets rekommendation (1999/519/EG):

Toppeffekttäthet för pulserande RF-strålning i frekvensområdet 2–300 GHz: 10 000 Wm⁻².

Genomsnittlig effekttäthet för frekvensområdet 2–300 GHz: 10 Wm⁻².

Elektrisk fältstyrka i frekvensområdet 2–300 GHz: 61 Vm⁻¹.

Obs: Mätosäkerheten bedömdes vara ± 2,7 dB och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till insatsnivåerna/referensnivåerna.

Tabell 12.3 – Sammanfattning av resultaten från exponeringsbedömningen av radiofyren

Plats	Maximal elektrisk fältstyrka (Vm^{-1})	Exponeringskvot (procent)		
		Låg insatsnivå ⁽¹⁾	Hög insatsnivå ⁽²⁾	Referensnivå i 1999/519/EG ⁽³⁾
Utrustningshytt	100	59 %	17 %	120 %
Brandmännens rum	< 0,1	< 0,1 %	< 0,1 %	< 0,2 %
Stängsel kring NDB-området	270	160 %	45 %	310 %

⁽¹⁾ Elektrisk fältstyrka låg insatsnivå i frekvensområdet 3 kHz–10 MHz: $170 Vm^{-1}$.

⁽²⁾ Elektrisk fältstyrka hög insatsnivå i frekvensområdet 3 kHz–10 MHz: $610 Vm^{-1}$.

⁽³⁾ Referensnivå i rådets rekommendation (1999/519/EG) för elektrisk fältstyrka i frekvensområdet 150 kHz–1 MHz: $87 Vm^{-1}$.

Obs: Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 2,7$ dB och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till insatsnivåerna/referensnivåerna.

Tabell 12.4 – Sammanfattning av resultaten från exponeringsbedömningen av avståndsmätningstrustningen

Plats	Maximal elektrisk fältstyrka (Vm^{-1})	Exponeringskvot (procent)	
		Insatsnivå ⁽¹⁾	Referensnivå i 1999/519/EG ⁽²⁾
Utrustningshytt	< 0,1	< 0,2 %	< 0,3 %
2,5 m ovanför marken, 0,6 m från antennen	14	15 %	33 %

⁽¹⁾ Mest restriktiva insatsnivå för elektrisk fältstyrka i frekvensområdet 978–1 213 MHz: $94 Vm^{-1}$.

⁽²⁾ Mest restriktiva referensnivå i rådets rekommendation (1999/519/EG) för elektrisk fältstyrka i frekvensområdet 978–1 213 MHz: $43 Vm^{-1}$.

Obs: Mätosäkerheten bedömdes vara $\pm 2,7$ dB och i enlighet med "riskdelningsmetoden" (se bilaga D5 till volym 1 i vägledningen) ställdes resultaten i direkt förhållande till insatsnivåerna/referensnivåerna.

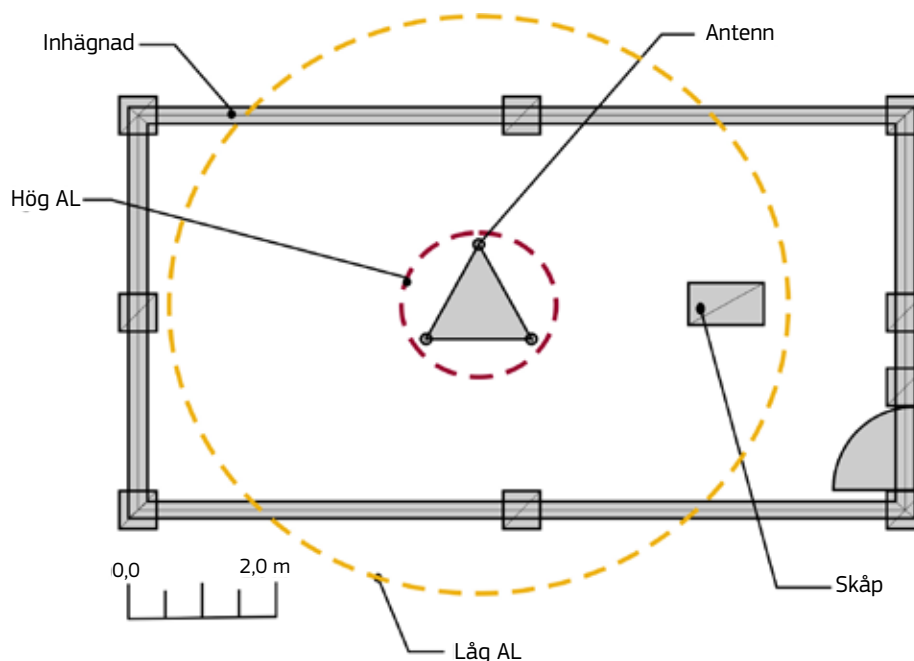
12.6.1 Radar

Resultaten från exponeringsbedömningen visade att exponeringen för radarns RF-strålning var lägre än insatsnivåerna i direktivet om elektromagnetiska fält. Bedömningen visade dock att referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) överskreds i vissa områden, men arbetstagare som är utsatta för särskilda risker skulle sannolikt inte uppehålla sig i dessa områden.

12.6.2 Rundstrålande radiofyr

Resultaten från exponeringsbedömningen visade att exponeringen för RF-strålning från radiofyren överskred den låga insatsnivån för elektriska fält (figur 12.3) och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) i områden utanför stängslet kring radiofyren. Arbetstagare, däribland personer som är utsatta för särskilda risker, skulle kunna uppehålla sig i dessa områden.

Figur 12.3 – Planritning med gränslinjerna inom vilka insatsnivåerna skulle kunna överskridas kring radiofyren



12.6.3 Avståndsmättningsutrustning

Resultaten från exponeringsbedömningen visade att exponeringen för RF-strålning från utrustningen var lägre än insatsnivån och lägre än referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) i alla tillgängliga områden kring utrustningen.

12.7 Riskbedömning

Flygplatsens ledningsenhet gjorde riskbedömningar av radarn, radiofyren och avståndsmättningsutrustningen med utgångspunkt i konsultens exponeringsbedömning. Bedömningen följde den metod som rekommenderas av OIRA (Europeiska arbetsmiljöbyråns interaktiva onlineplattform för riskbedömning). I riskbedömningen drogs följande slutsatser:

- Radarn på taket till flygledartornet kan innebära en risk för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker.
- Arbetstagarna, däribland personer som är utsatta för särskilda risker, hade fritt tillträde till områden kring radiofyren där den låga insatsnivån för sensoriska effekter överskreds, eftersom stängslet hade satts upp för nära sändaren.
- Avståndsmättningsutrustningen innebar sannolikt inte någon risk för arbetstagarna.

Flygplatsens ledningsenhet utarbetade en åtgärdsplan med utgångspunkt i riskbedömningarna och denna dokumenterades.

Exempel på riskbedömningar för elektromagnetiska fält för radarn, radiofyren och avståndsmättningsutrustningen finns i tabellerna 12.5, 12.6 och 12.7.

Tabell 12.6 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält för radiofyr

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad			Sannolikhet			Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig	Osannolikt	Möjligt	Troligt		
Direkta effekter av radiofrekvens	Fysiska hinder för obehöriga persons tillträde till området	Tekniker	✓				✓		Låg	Flytta stängslet så att det omger hela det område där den elektriska fältstyrkan överskrider den låga insatsnivån
	En enkel rutin som ser till att sändaren stängs av när arbete behöver utföras på antennen	Flygplatspersonal	✓				✓		Låg	Infoga särskilda varningar i säkerhetsinformationen för anläggningen
	Endast varningsmärkningar för risken för elstötar	Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker (bland annat gravida arbetstagare)	✓				✓		Låg	Sätta upp lämpliga varningar för RF-risk vid ingångarna till området Ta fram en rutin för avstämning av radiofyren Ge tekniker som stämmer av NDB-signalen utbildning i RF-säkerhet
Indirekta effekter av radiofrekvens (interferens med medicinska implantat)	Endast varningsmärkningar för risken för elstötar Alla arbetstagare anmodas att informera flygplatsens ledningsenhet om de har ett medicinskt implantat	Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker		✓			✓		Medel	Se ovan

Tabell 12.7 – Riskbedömning för elektromagnetiska fält för avståndsmätningstrustning

Risker	Redan vidtagna förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder	Personer i riskzonen	Svårighetsgrad			Sannolikhet		Riskbedömning	Nya förebyggande åtgärder och säkerhetsåtgärder
			Mindre	Allvarlig	Livsfarlig	Osannolikt	Möjligt		
Direkta effekter av radiofrekvens	En enkel rutin som ser till att sändaren stängs av när arbete behöver utföras på antennen	Tekniker	✓			✓		Låg	Inga
		Flygplatspersonal	✓			✓		Låg	
		Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker (bland annat gravida arbets-tagare)	✓			✓		Låg	
Indirekta effekter av radiofrekvens (interferens med medicinska implantat)	Alla arbetstagare anmodas att informera flygplatsens ledningsenhet om de har ett medicinskt implantat	Arbetstagare som är utsatta för särskilda risker		✓		✓		Låg	Inga

12.8 Redan vidtagna säkerhetsåtgärder

12.8.1 Radar

En rad olika skyddsåtgärder och förebyggande åtgärder hade vidtagits för radarn, bland annat följande:

- Utrustningshytten och antennmasten var inhägnade i ett område omgett av ett skyddsstängsel.
- Dörren till utrustningshytten och grinden till området var låsta när ingen var där, och endast behörig personal hade tillgång till nycklarna.
- En särskild låst grind på området ledde till trappan till antennmasten.
- Varningsskyltar (figur 12.4) var uppsatta på grinden till radarområdet och på grinden till antennmastens trappa.
- Spärrmekanismer på RF-generatorskåpet i utrustningshytten.
- En enkel rutin som ser till att RF-generatorn stängs av när arbete behöver utföras på antennmasten.
- En säkerhetsanordning som ser till att RF-generatorn stängs av om radarn slutar rotera.
- All flygplatspersonal anmodades att informera flygplatsens ledningsenhet om de har ett medicinskt implantat.

Figur 12.4 – Varningsskyltar på grinden till radarområdet (vänster) och på grinden till antennmasten (höger)



12.8.2 Rundstrålande radiofyr

Före konsultens exponeringsbedömning hade mycket få skyddsåtgärder och förebyggande åtgärder vidtagits. Dessa var begränsade till

- ett stängsel kring sändaren,
- varningsmärkningar för risken för elstötar på stängslet kring radiofyren,
- en enkel rutin som ser till att RF-generatorn stängs av när arbete behöver utföras på antennmasten,
- en skyldighet för all flygplatspersonal att informera flygplatsens ledningsenhet om de har ett medicinskt implantat.

12.8.3 Avståndsmätningstrustning

Före exponeringsbedömningen fanns en enkel rutin som ser till att RF-generatorn stängs av när arbete behöver utföras på antennen.

12.9 Ytterligare säkerhetsåtgärder till följd av bedömningen

12.9.1 Radar

De befintliga skyddsåtgärderna och förebyggande åtgärderna såg till att den exponering som flygplatspersonalen utsattes för i allmänhet var lägre än tillämpliga insatsnivåer och referensnivåerna i rådets rekommendation (1999/519/EG) för de områden där mätningarna utfördes. Enda undantaget var flygledartornets tak, som på grund av exponering för RF-strålning från radarn kan innebära en risk för arbetstagare som är utsatta för särskilda risker, även om det ansågs vara osannolikt att sådana arbetstagare skulle behöva uppehålla sig i området.

Till följd av exponeringsbedömningen genomförde flygplatsens ledningsenhet vissa mindre rekommendationer på konsultens inrådan:

- Varningsmärkningar med ett piktogram som avbildade en strålande antenn och texten "Varning – icke-joniserande strålning" sattes upp på dörren till flygledartornets tak.

- Flygplatspersonalen påmindes om vikten av att informera flygplatsens ledningsenhet om de har ett medicinskt implantat.
- Särskilda varningar för riskerna med icke-joniserande strålning från radarn infogades i säkerhetsinformationen för anläggningen.

En ytterligare skyddsåtgärd, som i detta fall dock inte behövde genomföras, är "Sector Blanking", vilket innebär att radarsändningens effekt minskas över ett visst rotationsavsnitt. Detta kan övervägas om exponeringsbedömningen visar att det finns stor risk för exponering för RF-strålning från en radar. Det skulle innebära att radarn programmeras så att RF-strålningens effekt minskas eller stängs av under den period av rotationen då antennen är riktad mot det berörda området. Användningen av "Sector Blanking" måste dock övervägas mycket noga, och fördelarna måste vägas mot riskerna med bristen på övervakningsdata på grund av radarns minskade effekt.

12.9.2 Rundstrålande radiofyr

De befintliga skyddsåtgärderna och förebyggande åtgärderna konstaterades vara otillräckliga, och flera nya åtgärder vidtogs.

Till följd av exponeringsbedömningen genomförde flygplatsens ledningsenhet flera rekommendationer på konsultens inrådan:

- Stängslet kring radiofyren flyttades längre ut från sändaren, så att det område där den elektriska fältstyrkan överskred den låga insatsnivån rymdes innanför. Ett alternativ till att flytta stängslet skulle ha varit att utbilda de arbetstagare som kan behöva gå in i området, men det var enklare och mer ändamålsenligt att flytta stängslet.
- Varningsmärkning med ett piktogram som avbildade en strålande antenn och texten "Varning – icke-joniserande strålning" sattes upp på grinden till området.
- En rutin för avstämning av radiofyrens signal togs fram.
- Tekniker som kan behöva stämma av radiofyren på området utbildades i RF-säkerhet.
- Flygplatspersonalen påmindes om vikten av att informera flygplatsens ledningsenhet om de har ett medicinskt implantat.
- Särskilda varningar för riskerna med icke-joniserande strålning från radiofyren infogades i säkerhetsinformationen för anläggningen.

12.9.3 Avståndsmätning utrustning

- Inga ytterligare skyddsåtgärder och förebyggande åtgärder vidtogs, eftersom de befintliga åtgärderna bedömdes vara tillräckliga.

I direktiv 2013/35/EU fastställs minimikrav för arbetstagares hälsa och säkerhet vid exponering för risker som har samband med elektromagnetiska fält. Denna praktiska vägledning är tänkt att visa arbetsgivarna, särskilt små och medelstora företag, vad de måste göra för att uppfylla kraven i direktivet. Den kan dock även vara användbar för arbetstagare, arbetstagarorganisationer och tillsynsmyndigheter i medlemsstaterna. Den består av två volymer och en särskild vägledning för små och medelstora företag.

Volym 1 av den praktiska vägledningen innehåller råd om hur man gör riskbedömningar och ytterligare råd om vilka möjligheter som står till buds när arbetsgivarna vill vidta ytterligare skyddsåtgärder eller förebyggande åtgärder.

Volym 2 innehåller tolv fallstudier som visar hur arbetsgivarna kan utföra bedömningarna och illustrerar vissa av de möjliga förebyggande åtgärderna och skyddsåtgärderna. Fallstudierna avser generiska arbetsplatser, men sammanställdes med utgångspunkt i verkliga arbetssituationer.

Vägledningen för små och medelstora företag hjälper dig att göra en inledande bedömning av riskerna förenade med elektromagnetiska fält på din arbetsplats. Med ledning av resultatet från bedömningen kan du avgöra om ytterligare åtgärder måste vidtas till följd av direktivet om elektromagnetiska fält.

Denna publikation finns tillgänglig i elektroniskt format på EU:s alla officiella språk.

Du kan ladda ner våra publikationer eller prenumerera kostnadsfritt på <http://ec.europa.eu/social/publications>

Vill du få regelbundna uppdateringar från generaldirektoratet för sysselsättning, socialpolitik och inkludering? Registrera dig för att få det kostnadsfria *e-nyhetsbrevet Social Europe* på

<http://ec.europa.eu/social/e-newsletter>



<https://www.facebook.com/socialeurope>



https://twitter.com/EU_Social

