



Komisja
Europejska

Praktyczny poradnik
dobrych praktyk
wdrażania
dyrektywy 2013/35/UE

o polach elektromagnetycznych

Tom 2. Studia przypadku

Niniejsza publikacja otrzymała wsparcie finansowe ze środków Europejskiego programu na rzecz zatrudnienia i innowacji społecznych na lata 2014–2020.

Szczegółowe informacje dostępne są pod adresem <http://ec.europa.eu/social/easi>

Praktyczny poradnik
dobrych praktyk
wdrażania
dyrektywy 2013/35/UE

o polach elektromagnetycznych

Tom 2
Studia przypadku

Komisja Europejska
Dyrekcja Generalna
ds. Zatrudnienia, Spraw Społecznych i Włączenia Społecznego
Dział B3

Tekst ukończono w listopadzie 2014 r.

Komisja Europejska, ani żadna osoba działająca w jej imieniu, nie ponosi odpowiedzialności za sposób wykorzystania informacji zawartych w niniejszej publikacji.

Hiperłącza w niniejszej publikacji działały prawidłowo w momencie ukończenia rękopisu.

Fotografia na okładce: © corbis

W celu wykorzystania lub powielania zdjęć, które nie są objęte prawami autorskimi Unii Europejskiej, należy wystąpić o zgodę bezpośrednio od posiadacza (posiadaczy) praw autorskich.

Europe Direct to serwis, który pomoże Państwu znaleźć
odpowiedzi na pytania dotyczące Unii Europejskiej.

Numer bezpłatnej infolinii (*):
00 800 6 7 8 9 10 11

(* Informacje są udzielane nieodpłatnie, większość połączeń również jest bezpłatna (niektórzy operatorzy, hotele lub telefony publiczne mogą naliczać opłaty).

Więcej informacji o Unii Europejskiej można znaleźć w portalu Europa (<http://europa.eu>).

Luksemburg: Urząd Publikacji Unii Europejskiej, 2015

ISBN 978-92-79-45938-2

doi:10.2767/868625

© Unia Europejska, 2015

Powielanie materiałów dozwolone pod warunkiem podania źródła.

SPIS TREŚCI

Studia przypadku	7
1. Biuro	9
1.1 Stanowisko pracy	9
1.2 Charakter pracy.....	9
1.3 Podejście do analizy	10
1.4 Wyniki analizy	10
1.5 Analiza ryzyka.....	11
1.6 Wdrożone środki ostrożności.....	11
1.7 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z analizy.....	11
2. Spektrometr do spektroskopii metodą magnetycznego rezonansu jądrowego (MRJ).....	12
2.1 Stanowisko pracy	12
2.2 Charakter pracy.....	12
2.3 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne.....	12
2.4 Podejście do oceny narażenia.....	13
2.5 Wyniki oceny narażenia.....	14
2.6 Analiza ryzyka.....	14
2.7 Wdrożone środki ostrożności.....	15
2.8 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny	16
3. Elektroliza.....	17
3.1 Stanowisko pracy	17
3.2 Charakter pracy.....	17
3.3 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne.....	17
3.3.1 Pomieszczenie elektrolizerów.....	17
3.3.2 Komora szafy zespołu prostownikowego	18
3.4 Zasada stosowania	20
3.5 Podejście do oceny narażenia.....	20
3.5.1 Pomieszczenie elektrolizerów.....	21
3.5.2 Komora szafy zespołu prostownikowego	21
3.6 Wyniki oceny narażenia.....	22
3.6.1 Pomieszczenie elektrolizerów.....	23
3.6.2 Komora prostownika.....	27
3.7 Analiza ryzyka.....	29
3.8 Wdrożone środki ostrożności.....	31
3.9 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny	31
3.10 Źródła dodatkowych informacji.....	31
4. Medycyna.....	32
4.1 Stanowisko pracy	32
4.2 Charakter pracy.....	32
4.3 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne.....	32
4.3.1 Urządzenia do elektrochirurgii	32
4.3.2 Przewodząca stymulacja magnetyczna.....	33
4.3.3 Diatermia krótkofalowa.....	34
4.4 Sposoby korzystania z urządzeń	34
4.4.1 Urządzenia do elektrochirurgii	34

4.4.2	Przecczaszkowa stymulacja magnetyczna.....	34
4.4.3	Diatermia krótkofalowa.....	35
4.5	Podejście do oceny narażenia.....	35
4.6	Wyniki oceny narażenia.....	36
4.6.1	Urządzenie do elektrochirurgii.....	36
4.6.2	Urządzenie do TMS.....	39
4.6.3	Diatermia krótkofalowa.....	43
4.7	Analiza ryzyka.....	43
4.7.1	Urządzenie do elektrochirurgii.....	43
4.7.2	Urządzenie do TMS.....	43
4.8	Wdrożone środki ostrożności.....	46
4.9	Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny.....	46
4.9.1	Urządzenie do elektrochirurgii.....	46
4.9.2	Urządzenie do TMS.....	46
4.9.3	Diatermia krótkofalowa.....	47
5.	Zakład mechaniczny.....	48
5.1	Stanowisko pracy.....	48
5.2	Charakter pracy.....	48
5.3	Sposoby korzystania z urządzeń.....	48
5.3.1	Proszkowa defektoskopia magnetyczna.....	48
5.3.2	Demagnetyzator.....	49
5.3.3	Szlifierka do płaszczyzn.....	50
5.3.4	Inne narzędzia wykorzystywane w warsztacie.....	50
5.4	Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne.....	51
5.5	Podejście do oceny narażenia.....	51
5.6	Wyniki oceny narażenia.....	51
5.6.1	Proszkowa defektoskopia magnetyczna.....	51
5.6.2	Demagnetyzator.....	52
5.6.3	Szlifierka do płaszczyzn.....	54
5.6.4	Inne narzędzia wykorzystywane w warsztacie.....	54
5.7	Analiza ryzyka.....	55
5.8	Wdrożone środki ostrożności.....	59
5.9	Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny.....	59
5.10	Odniesienia do źródeł dodatkowych informacji.....	61
6.	Przemysł motoryzacyjny.....	63
6.1	Stanowisko pracy.....	63
6.2	Charakter pracy.....	63
6.3	Sposoby korzystania z urządzeń.....	63
6.4	Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne.....	65
6.5	Podejście do oceny narażenia.....	67
6.6	Wyniki ocen narażenia.....	68
6.6.1	Wyniki oceny warsztatowych zgrzewarek punktowych pod kątem narażenia.....	69
6.6.2	Wyniki oceny nagrzewnic indukcyjnych wykorzystywanych w warsztacie blacharsko-lakierniczym pod kątem narażenia.....	71
6.7	Wnioski z oceny narażenia.....	72
6.8	Analiza ryzyka.....	74
6.9	Wdrożone środki ostrożności.....	74
6.10	Dodatkowe środki ostrożności wynikające z ocen.....	75
6.11	Zgrzewarki punktowe stosowane w produkcji pojazdów.....	76
6.11.1	Ocena przemysłowej zgrzewarki punktowej.....	76
6.11.2	Wyniki pomiarów przemysłowej zgrzewarki punktowej.....	78
6.11.3	Wyniki pomiarów dotyczące przemysłowej zgrzewarki punktowej w kontekście IPN.....	80
6.11.4	Wyniki pomiarów dotyczące przemysłowej zgrzewarki punktowej w kontekście GPO.....	80

7. Zgrzewanie.....	83
7.1 Stanowisko pracy.....	83
7.2 Charakter pracy.....	83
7.3 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne.....	83
7.3.1 Zgrzewarki punktowe.....	83
7.3.2 Zgrzewarka liniowa.....	84
7.4 Sposoby korzystania z urządzeń.....	85
7.5 Podejście do oceny narażenia.....	85
7.6 Wyniki oceny narażenia.....	86
7.6.1 Stołowa zgrzewarka punktowa.....	86
7.6.2 Przenośna podwieszana zgrzewarka punktowa.....	87
7.6.3 Zgrzewarka liniowa.....	89
7.7 Analiza ryzyka.....	90
7.8 Wdrożone środki ostrożności.....	94
7.9 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny.....	94
7.10 Odniesienia do źródeł dodatkowych informacji.....	95
7.10.1 Stołowa zgrzewarka punktowa.....	95
7.10.2 Przenośna podwieszana zgrzewarka punktowa.....	96
7.10.3 Zgrzewarka liniowa.....	96
8. Przemysł metalurgiczny.....	98
8.1 Stanowisko pracy.....	98
8.2 Charakter pracy.....	98
8.3 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne i sposobu ich eksploatacji.....	98
8.3.1 Instalacja do produkcji stopów na małą skalę.....	98
8.3.2 Instalacja do produkcji żelazotytanu.....	99
8.3.3 Duża instalacja do przetapiania w piecach elektrycznych.....	99
8.3.4 Instalacja pieca łukowego.....	100
8.3.5 Laboratorium analityczne.....	100
8.4 Podejście do oceny narażenia.....	101
8.4.1 Instalacja do produkcji stopów na małą skalę.....	101
8.4.2 Instalacja do produkcji żelazotytanu.....	101
8.4.3 Duża instalacja do przetapiania w piecach elektrycznych.....	101
8.4.4 Instalacja pieca łukowego.....	102
8.4.5 Laboratorium analityczne.....	102
8.5 Wyniki oceny narażenia.....	102
8.5.1 Wstępna ocena narażenia.....	102
8.5.2 Szczegółowa ocena narażenia w przypadku pieca indukcyjnego instalacji do produkcji stopów na małą skalę.....	104
8.6 Analiza ryzyka.....	106
8.7 Wdrożone środki ostrożności.....	108
8.8 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny.....	108
8.9 Odniesienia do źródeł dodatkowych informacji.....	109
9. Urządzenia plazmowe częstotliwości radiowej.....	112
9.1 Charakter pracy.....	112
9.2 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne.....	112
9.3 Sposób korzystania z urządzeń.....	113
9.4 Podejście do oceny narażenia.....	113
9.5 Wyniki oceny narażenia.....	115
9.6 Analiza ryzyka.....	116
9.7 Wdrożone środki ostrożności.....	117
9.8 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny.....	118
9.9 Dalsze informacje.....	119

10. Anteny dachowe	120
10.1 Stanowisko pracy	120
10.2 Charakter pracy	120
10.3 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne	121
10.4 Sposób korzystania z urządzeń	123
10.5 Podejście do oceny narażenia	123
10.6 Wyniki oceny narażenia	124
10.7 Analiza ryzyka	125
10.8 Wdrożone środki ostrożności	126
10.9 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny	127
11. Krótkofalówki	128
11.1 Stanowisko pracy	128
11.2 Charakter pracy	128
11.3 Sposób korzystania z urządzeń	130
11.4 Podejście do oceny narażenia	130
11.5 Wyniki oceny narażenia	130
11.6 Analiza ryzyka	130
11.7 Wdrożone środki ostrożności	131
11.8 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny	131
12. Porty lotnicze	132
12.1 Stanowisko pracy	132
12.2 Charakter pracy	132
12.2.1 Radar	132
12.2.2 Radiolatarnia bezkierunkowa	132
12.2.3 Urządzenia do pomiaru odległości	133
12.3 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne	133
12.3.1 Radar	133
12.3.2 Radiolatarnia bezkierunkowa	134
12.3.3 Urządzenia do pomiaru odległości	134
12.4 Sposoby korzystania z urządzeń	134
12.5 Podejście do oceny narażenia	134
12.5.1 Radar	134
12.5.2 Radiolatarnia bezkierunkowa	136
12.5.3 Urządzenia do pomiaru odległości	136
12.6 Wyniki oceny narażenia	136
12.6.1 Radar	137
12.6.2 Radiolatarnia bezkierunkowa	137
12.6.3 Urządzenia do pomiaru odległości	138
12.7 Analiza ryzyka	138
12.8 Wdrożone środki ostrożności	141
12.8.1 Radar	141
12.8.2 Radiolatarnia bezkierunkowa	142
12.8.3 Urządzenia do pomiaru odległości	142
12.9 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny	142
12.9.1 Radar	142
12.9.2 Radiolatarnia bezkierunkowa	143
12.9.3 Urządzenia do pomiaru odległości	143

STUDIA PRZYPADKU

Tom 2 niewiążącego poradnika dobrych praktyk wdrażania dyrektywy w sprawie zagrożenia polami elektromagnetycznymi (2013/35/UE) zawiera zbiór studiów przypadku. Niniejszy poradnik należy interpretować w połączeniu z częścią zasadniczą poradnika, która znajduje się w tomie 1.

Opisane poniżej studia przypadku zostały opracowane dla różnych grup zawodowych, do których należą głównie pracownicy małych i średnich przedsiębiorstw. Studia przypadku opierają się na rzeczywistych ocenach w rzeczywistych sytuacjach. Z powodu swojej złożoności niektóre z tych ocen zostały jednak uproszczone lub streszczone w celu zwiększenia ich przydatności dla czytelnika oraz w celu ograniczenia całkowitej długości niniejszego tomu. Celem studiów przypadku jest przedstawienie rozmaitych praktycznych rozwiązań, które pracodawcy mogą zastosować w celu ograniczenia ryzyka wynikającego z narażenia na działanie pól elektromagnetycznych. Ujęto w nich przykłady dobrych praktyk.

Niektóre studia przypadku zawierają wykresy konturowe, których celem jest schematyczne przedstawienie (rzut poziomy) mierzonych (lub obliczanych) poziomów narażenia wokół przedstawionych elementów wyposażenia.

W niektórych studiach przypadku uwzględniono wyniki modelowania komputerowego przedstawione w postaci barwnych wykresów rozkładu maksymalnego indukowanego pola elektrycznego lub szybkości pochłaniania właściwego energii w wokselałach o objętości 2 mm³, tworzących model ciała ludzkiego. Wykresy te mają na celu schematyczne przedstawienie miejsc, w których pole jest pochłaniane przez ciało ludzkie, a nie przedstawienie dokładnych informacji na temat wielkości tych pól. Na wykresach niskiej częstotliwości przedstawiono maksymalne indukowane pola elektryczne, a nie 99. percentyl indukowanych pól elektrycznych (wykorzystywany do porównania z GPO).

W niniejszym tomie przedstawiono następujące studia przypadku:

- 1 **Biuro**
- 2 **Spektrometr do spektroskopii metodą magnetycznego rezonansu jądrowego (MRJ)**
- 3 **Elektroliza**
- 4 **Medycyna**
- 5 **Warsztat mechaniczny**
- 6 **Przemysł motoryzacyjny**
- 7 **Spawanie**
- 8 **Hutnictwo**
- 9 **Urządzenia plazmowe częstotliwości radiowej**
- 10 **Anteny dachowe**
- 11 **Krótkofalówki**
- 12 **Porty lotnicze**

1. BIURO

1.1 Stanowisko pracy

Niniejsze studium przypadku dotyczy grupy pomieszczeń biurowych średniej wielkości przedsiębiorstwa robót instalacyjnych. W pomieszczeniach biurowych znajdują się typowe elektryczne urządzenia biurowe zasilane z sieci elektrycznej. Komputery obejmują: komputery stacjonarne, podłączone do lokalnej sieci komputerowej (LAN); laptopy korzystające z systemu Wi-Fi oraz serwera sieciowego. Znajduje się tam również kuchnia, z której korzystają pracownicy. Wyposażenie kuchni w urządzenia elektryczne obejmuje między innymi czajnik, chłodziarkę i kuchenkę mikrofalową. W oddzielnym pomieszczeniu znajduje się również większy centralny serwer sieciowy. Pomieszczenia biurowe są zabezpieczone za pomocą systemu kontroli dostępu opartego na identyfikacji radiowej (RFID). Każdy pracownik biura posiada token zapewniający dostęp do tego systemu. Kiedy kierownik biura dowiedział się od kolegów o nowych przepisach wdrażających dyrektywę o polach elektromagnetycznych, podjął decyzję o przeprowadzeniu analizy ryzyka w biurze.

1.2 Charakter pracy

Pracownicy biurowi spędzają dużo czasu, pracując przy komputerze i wykonując połączenia telefoniczne z wykorzystaniem telefonów bezprzewodowych pracujących w cyfrowym udoskonalonym systemie telekomunikacji (DECT) i telefonów komórkowych. Umieszczone na smyczy tokeny, po zbliżeniu ich na małą odległość do zamków zabezpieczonych systemem RFID w drzwiach, umożliwiają dostęp do pomieszczeń biurowych. Niektóre z wymienionych źródeł pól elektromagnetycznych przedstawiono na rys. 1.1. Wszyscy pracownicy mogli korzystać z kuchni, aby przygotować gorące napoje i podgrzać posiłki w kuchenke mikrofalowej.

Rysunek 1.1 – Źródła pól elektromagnetycznych w biurze



1.3 Podejście do analizy

Kierownik biura obszedł pomieszczenia biurowe, sporządzając wykaz urządzeń pobierających energię elektryczną, łącznie z tymi, które generują pola elektromagnetyczne, i przeprowadził z pracownikami rozmowy, aby mieć pewność, że nie przeoczył żadnego urządzenia. Po zapoznaniu się z pierwszą sekcją niewiążącego poradnika dobrych praktyk w zakresie wdrażania dyrektywy 2013/35/UE w sprawie zagrożenia polami elektromagnetycznymi kierownik stwierdził, że najlepszym podejściem do przeprowadzenia analizy ryzyka jest sprawdzenie, czy zidentyfikowane urządzenia wymieniono w tabeli 3.2 w rozdziale 3 tomu 1 poradnika. Jeżeli urządzenia nie zostały wymienione w przedmiotowej tabeli, wymagane może być przeprowadzenie dalszej analizy.

1.4 Wyniki analizy

Kierownik sporządził wykaz wszystkich urządzeń elektrycznych (tabela 1.1) i odnotował, czy urządzenia te są wymienione w tabeli 3.2 w rozdziale 3 tomu 1 poradnika.

Tabela 1.1 – Wykaz sprzętu elektrycznego znajdującego się w pomieszczeniach biurowych

Urządzenie	Niewielkie zagrożenie dla wszystkich pracowników (tabela 3.2, rozdział 3)	Wymaga oceny w odniesieniu do pracowników posiadających aktywny wyrób medyczny do implantacji lub wyroby medyczne przeznaczone do wprowadzenia w części do ludzkiego ciała (tabela 3.2, rozdział 3)	Uwagi
Komputery	✓		
Serwer sieciowy wraz z powiązaniem zasilaczem awaryjnym UPS i okablowaniem	✓		Moc wyjściowa zasilacza awaryjnego UPS będzie podobna, jak przy normalnym zasilaniu energią elektryczną
Laptopy (podłączone do Wi-Fi)		✓	
Telefony bezprzewodowe działające w cyfrowym udoskonalonym systemie telekomunikacji (DECT)		✓	
Przewody podłączone do sieci elektrycznej	✓		
Telefony komórkowe		✓	
Fotokopiarka	✓		
Koncentratory Wi-Fi		✓	
Czajnik	✓		
Chłodziarka	✓		
Kuchenka mikrofalowa	✓		Kuchenkę należy utrzymywać w dobrym stanie
Zabezpieczenie dostępu w oparciu o technologię RFID		✓	

1.5 Analiza ryzyka

Wyniki analizy wskazują, że korzystanie ze sprzętu biurowego wyszczególnionego w tabeli 3.2 w rozdziale 3 tomu 1 poradnika nie przekroczy odpowiedniego górnego GPO określonego w dyrektywie o polach elektromagnetycznych. Istnieje jednak możliwość, że pozostałe urządzenia wymienione w tabeli 3.2 mogą powodować u pracowników zakłócenia działania aktywnych wyrobów medycznych do implantacji lub przeznaczonych do wprowadzenia w części do ludzkiego ciała. Ogólną analizę ryzyka w pomieszczeniach biurowych uzupełniono analizą ryzyka w związku z polem elektromagnetycznym przedstawioną w tabeli 1.2.

1.6 Wdrożone środki ostrożności

Okresowe kontrole ogólnego stanu kuchenki mikrofalowej przeprowadza się w ramach rutynowych badań bezpieczeństwa biurowego.

1.7 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z analizy

Kierownik biura wdraża kilka prostych środków:

- każde nowe urządzenie innego rodzaju wymaga weryfikacji pod kątem zgodności z przepisami dyrektywy o polach elektromagnetycznych w celu sprawdzenia, czy przedmiotowe urządzenie wpływa na zmianę wyniku analizy ryzyka;
- w przypadku zgłoszenia przez pracownika biura, że jest szczególnie narażony na ryzyko z powodu aktywnego wyrobu medycznego do implantacji, kierownik biura dokona wspólnie z tym pracownikiem przeglądu informacji, których udzielił lekarz odpowiedzialny za opiekę nad tą osobą.

Tabela 1.2 – Szczegółowe uzupełnienia ogólnej analizy ryzyka związanego z oddziaływaniem pola elektromagnetycznego w pomieszczeniach biurowych

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień do- tkliwości			Prawdopo- dobieństwo	Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach			
Promieniowanie elektromagnetyczne wytwarzane przez kuchenkę mikrofalową	Okresowe kontrole ogólnego stanu kuchenki obejmujące uszkodzenia uszczelek drzwi, siatki w szybie drzwiczek i działania blokad	Wszyscy pracownicy	✓			✓	Niski	Niewymagane
Zakłócenia działania aktywnych wyrobów medycznych do implantacji lub wyrobów medycznych przeznaczonych do wprowadzenia w części do ludzkiego ciała spowodowane promieniowaniem pola elektromagnetycznego	Brak	Pracownicy szczególnie zagrożeni	✓			✓	Niski	Należy zadbać, aby pracownicy korzystający z medycznego sprzętu elektrycznego lub urządzeń elektrycznych zostali poddani indywidualnej analizie ryzyka po powrocie do zakładu pracy, w którym można określić i wdrożyć środki ostrożności zalecone przez ich lekarza Każde nowe urządzenie wymaga poddania go analizie

2. SPEKTROMETR DO SPEKTROSKOPII METODĄ MAGNETYCZNEGO REZONANSU JĄDROWEGO (MRJ)

2.1 Stanowisko pracy

Spektrometry do spektroskopii metodą magnetycznego rezonansu jądrowego (MRJ) mogą stanowić zagrożenie z powodu silnych statycznych pól magnetycznych. Urządzenia te są wykorzystywane do badania właściwości materiałów, na przykład w przemyśle wytwórczym do analizy związków chemicznych. W niniejszym studium przypadku opisano firmę farmaceutyczną, w której urządzenia MRJ są zainstalowane w wydzielonym laboratorium spektroskopii. Planowano zakup nowego urządzenia, a specjalista ds. bhp chciał przeprowadzić analizę ryzyka przed opracowaniem planu działania.

2.2 Charakter pracy

Niewielkie próbki przeznaczonego do analizy materiału są wprowadzane pojedynczo ręcznie lub partiami automatycznie przy użyciu karuzeli do pionowego otworu urządzenia do magnetycznego rezonansu jądrowego (rys. 2.1).

Rysunek 2.1 – Urządzenie do MRJ wyposażone w karuzelę na próbki i pomost do wprowadzania próbek

Karuzela na próbki

Kriostat

Pomost do wprowadzania próbek



2.3 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne

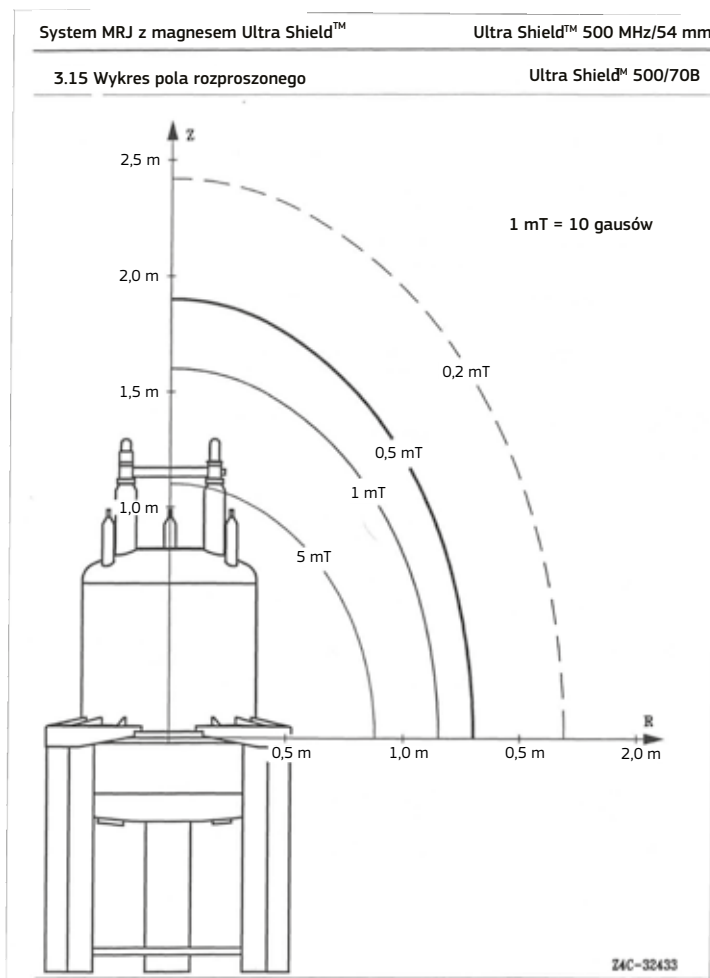
Przygotowując się do oceny, specjalista ds. bhp zgromadził ogólne informacje na temat urządzeń do MRJ i zauważył, że:

- elektromagnes generuje silne statyczne pole magnetyczne (0 Hz) o gęstościach strumienia wynoszących ok. 0,5–20 T w zależności od urządzenia; w małych urządzeniach laboratoryjnych raczej korzysta się z magnesów trwałych wykonanych z pierwiastków ziem rzadkich, natomiast w urządzeniach wolnostojących stosowane są magnesy nadprzewodnikowe. Aby poprawić stabilność pola, do magnesu doprowadzane jest przez długi czas pełne zasilanie prądem elektrycznym, a więc zmniejszenie natężenia pola w momencie zbliżenia się pracowników jest niemożliwe;
- producenci stopniowo poprawiali konstrukcję swojego urządzenia, wprowadzając ekran bierny i czynny w celu ograniczenia natężenia pola magnetostatycznego oddziałującego na pracownika. Zatem można prawie całkowicie zamknąć w obrębie kriostatu pole magnetyczne stwarzające zagrożenie. W starszych lub nie tak dobrze ekranowanych urządzeniach pole magnetyczne stwarzające zagrożenie może rozciągać się w zasięgu kilku metrów na obszarze roboczym;
- takie zewnętrzne pola magnetyczne ulegają zakłóceniom i rozchodzą się w budynku po konstrukcjach stalowych (np. dźwigarach).

2.4 Podejście do oceny narażenia

Specjalista ds. bhp wiedział, że producent nowego urządzenia mógł dostarczyć informacje na temat natężenia pola magnetostatycznego, do którego pracownicy mogą mieć dostęp. Co ważniejsze, producent mógł opisać zakres każdego zagrożenia wynikającego ze skutków pośrednich, takiego jak zagrożenie gwałtownym przemieszczaniem się przedmiotów ferromagnetycznych lub zakłócenie działania elektronicznego sprzętu medycznego i elektronicznych wyrobów medycznych. Kierując się zasadami dobrej praktyki, producent był w stanie dostarczyć wykres pola magnetostatycznego rozproszonego wokół urządzenia (rys. 2.2).

Rysunek 2.2 – Wykres pola magnetostatycznego rozproszonego wokół urządzenia MRJ



Specjalista ds. bhp wiedział, że możliwe byłoby również dokonanie oceny natężenia pola magnetostatycznego wokół sprzętu przy użyciu odpowiedniego magnetometru i że uzyskanie wiarygodnego rezultatu byłoby dużo łatwiejsze przy użyciu sondy izotropowej (trójosiowej) niż sondy jednoosiowej. Podejście to wymagałoby jednak czasu i pieniędzy oraz rozważenia zagrożeń związanych z przeprowadzeniem pomiarów, w szczególności jeżeli instrument posiadał metalową okładzinę. Podczas oceny specjalista ds. bhp wykluczył wykonanie pomiarów na podstawie założenia, że producent dostarczy prawidłowe informacje.

Specjalista ds. bhp zastanawiał się również, które grupy pracowników będą miały dostęp do laboratorium MRJ oraz jakie zadania będą mieli prawdopodobnie wykonywać. Ustalił, że personel obsługi technicznej producentów urządzeń do MRJ otrzymałby pozwolenie na sporadyczny dostęp i wchodziłby do obszarów o dużym natężeniu pola, na przykład w pobliżu podstawy kriostatu, w celu wykonania czynności związanych z dostrojeniem spektrometru. Zauważył jednak, że jego firma wymagałaby od wspomnianych techników przedstawienia pisemnej analizy ryzyka i procedur bezpieczeństwa w odniesieniu do ich pracy oraz oczekiwano by od nich, aby przed przybyciem potwierdzili swoje kompetencje (np. dostarczając dokumenty poświadczające odbycie odpowiedniego szkolenia i doświadczenie praktyczne). Na tej podstawie ocenił, że zagrożenie związane z pracą jest niskie. Zauważył również, że pracownicy firmy sprzątajacej nie mieliby pozwolenia na wejście do laboratorium.

2.5 Wyniki oceny narażenia

Na podstawie przeglądu istniejących urządzeń w laboratorium MRJ specjalista ds. bhp stwierdził, że w zależności od konstrukcji, a w szczególności ekranowania, mogą występować znaczne różnice dotyczące odległości, do której występuje zagrożenie: w przypadku starszych urządzeń o dużym natężeniu pola odległość ta może wynosić kilka metrów, natomiast w przypadku nowoczesnego, dobrze ekranowanego sprzętu, odległość ta może być bliska zeru. Natężenie pola nie miało jednak przekraczać granicznych poziomów oddziaływania (GPO) pod względem skutków bezpośrednich w miejscach dostępnych dla pracowników firmy. Pomimo tego, że wzmacniacz częstotliwości radiowej miał znaczną moc wyjściową, przewidywano, że pole częstotliwości radiowej nie będzie wydostawać się poza obręb urządzenia i będzie niedostępne dla pracowników.

Z informacji dostarczonych przez producenta (rys. 2.2) specjalista ds. bhp wywnioskował, że interwencyjne poziomy narażenia (IPN) skutków pośrednich mogły wykraczać na odległość 1,3 m poza powierzchnię kriostatu.

2.6 Analiza ryzyka

Specjalista ds. bhp wiedział o tym, że analiza ryzyka laboratorium MRJ znajduje się już w dokumentacji i zauważył, że była ona zgodna z metodyką proponowaną w ramach OiRA (interaktywnego narzędzia on-line do oceny ryzyka opracowanego przez Europejską Agencję Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy). Ocenie poddawane są zagrożenia dotyczące wszystkich pracowników laboratorium, w tym powodowane przez:

- pracę na wysokości podczas wprowadzania próbek;
- ciecze kriogeniczne i „schładzanie” magnesów nadprzewodzących;
- duszącą atmosferę azotu w zamkniętych przestrzeniach poniżej kriostatu, takich jak zbiorniki wymiany próbek;
- gwałtownie przemieszczające się przedmioty ferromagnetyczne (np. narzędzia lub instrumenty);
- zakłócenia działania elektronicznego sprzętu medycznego i elektronicznych wyrobów medycznych.

Prostą sprawą byłoby zatem zapisanie nowego planu działania wynikającego z obecnego przeglądu w istniejącej analizie ryzyka. W tabeli 2.1 przedstawiono przykładową analizę ryzyka w związku z polem elektromagnetycznym w laboratorium MRJ.

2.7 Wdrożone środki ostrożności

Specjalista ds. bhp stwierdził, że w laboratorium MRJ przyjęto szereg środków organizacyjnych mających na celu zapobieganie zagrożeniu lub jego ograniczenie. Pierwszym z nich było wybranie urządzeń MRJ, których bierne lub aktywne ekranowanie jest zgodne ze stanem techniki. Inne środki z zakresu dobrych praktyk obejmowały:

- umieszczenie urządzenia MRJ w wydzielonym laboratorium z kontrolą fizycznego dostępu w postaci klawiatury do wprowadzania hasła;
- umieszczanie ostrzeżeń i zakazów spełniających wymogi dyrektywy 92/58/EWG na drzwiach wejściowych do laboratorium (rys. 2.3). Obejmuje to ostrzeżenie dla osób noszących elektroniczne wyroby medyczne;
- zakazanie wnoszenia do laboratorium narzędzi i innych przedmiotów ferromagnetycznych;
- oddzielenie urządzeń MRJ od innego sprzętu laboratoryjnego i stanowisk pracy;
- odgrodzenie łańcuchem i oznaczenie podłogi po obrysie odpowiadającym mocy 0,5 mT w celu kontroli dostępu (rys. 2.4);
- zapewnienie informacji, instruktażu i szkoleń osobom pracującym w laboratorium oraz zapewnienie odpowiedniego nadzoru;
- wymóg przedstawienia przez personel obsługi technicznej pisemnej dokumentacji dotyczącej bezpieczeństwa i wykazania swoich kompetencji przed przybyciem do laboratorium.

Rysunek 2.3 – Ostrzeżenia i zakazy umieszczane na drzwiach do laboratorium MRJ



Rysunek 2.4 – Wyznaczenie obszaru zastrzeżonego za pomocą łańcucha i oznaczenia podłogi



Tabela 2.1 – Analiza ryzyka w związku z polem elektromagnetycznym w laboratorium MRJ

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby narażone na ryzyko	Stopień dotkliwości			Prawdopodobieństwo	Ocena stopnia zagrożenia	Nowe działania zapobiegawcze i ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach			
Skutki bezpośrednie oddziaływania pola magnetostatycznego	Wydzielone laboratorium, w którym fizyczny dostęp podlega kontroli	Pracownicy laboratorium	✓			✓	Niski	
	Ostrzeżenia i zakazy							
	Informacje, instruktaż i szkolenie							Szkolenie przypominające Umieszczenie artykułu w biuletynie bezpieczeństwa
	Wymagane przedstawienie pisemnej dokumentacji dot. bezpieczeństwa i wykazanie kompetencji	Personel obsługi technicznej	✓			✓	Niski	
Skutki pośrednie oddziaływania pola magnetostatycznego (zakłócenia działania implantów medycznych, zagrożenie gwałtownym przemieszczaniem się przedmiotów)	Osobom sprzątającym nie wolno wchodzić na ten obszar	Osoby sprzątające	✓			✓	Niski	Uświadomienie zagrożenia osobom sprzątającym
	Zapobieganie wnoszeniu przedmiotów ferromagnetycznych	Wszyscy pracownicy wymienieni powyżej	✓			✓	Niski	Uświadomienie zagrożenia pracownikom obsługi technicznej
Pole częstotliwości radiowej	Zob. powyżej	Pracownicy szczególnie zagrożeni	✓			✓	Niski	Zob. powyżej
	Całkowicie pozostaje w obrębie sprzętu i jest niedostępne	Wszyscy pracownicy wymienieni powyżej	✓			✓	Niski	Brak

2.8 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny

Specjalista ds. bhp był ogólnie zadowolony z przeglądu analizy ryzyka i oceny zagrożeń związanych z nowym urządzeniem. Środki organizacyjne uznano za wystarczające, chociaż od czasu ostatniego szkolenia pracowników w zakresie zagrożeń i środków ostrożności związanych z pracą w laboratorium MRJ minęło pięć lat. Specjalista ds. bhp opracował zatem plan działania obejmujący następujące elementy:

- szkolenie przypominające dla pracowników laboratorium oparte na krótkich sesjach informacyjnych, w szczególności w przypadku nowych pracowników;
- dopilnowanie, aby pracownicy obsługi technicznej zostali poinformowani o zagrożeniach, w szczególności powodowanych przez „latające narzędzia ferromagnetyczne”;
- dopilnowanie, aby firmy sprzątające wiedziały o zakazie wstępu do laboratorium;
- umieszczenie artykułu na temat zagrożeń związanych z pracą w laboratorium w następnym biuletynie bezpieczeństwa firmy.

3. ELEKTROLIZA

W niniejszym studium przypadku źródłami pola elektromagnetycznego są następujące urządzenia:

- elektrolizery;
- prostowniki tyrystorowe;
- szyny zbiorcze;
- transformatory.

3.1 Stanowisko pracy

Urządzenia zostały zainstalowane w dużym zakładzie produkcji chloru. Stanowiska pracy będące przedmiotem zainteresowania obejmowały:

- pomieszczenia elektrolizerów;
- komory szaf zespołów prostownikowych.

3.2 Charakter pracy

Większość prac przy urządzeniach wykonywali wykwalifikowani i doświadczeni pracownicy techniczni, którzy mogą być skierowani do pracy przy dowolnym urządzeniu w zakładzie produkcji chloru. Praca może polegać na okresowym demontażu i konserwacji elektrolizera w trakcie działania sąsiednich elektrolizerów.

Instalacja jest stosunkowo nowa, a na etapie projektowania uwzględniono zabezpieczenia w kontekście oddziaływania pola elektromagnetycznego. Niniejsze studium przypadku stanowi zatem przykład dobrych praktyk i podkreśla się w nim znaczenie uwzględnienia narażenia na oddziaływania pola elektromagnetycznego na etapach planowania dużego projektu.

3.3 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne

3.3.1 Pomieszczenie elektrolizerów

W pomieszczeniu znajduje się 20 elektrolizerów wytwarzających chlor poprzez doprowadzenie prądu elektrycznego do solanki z wykorzystaniem metody elektrolizy membranowej. Do każdego elektrolizera doprowadzany jest prąd stały 450 V, 16,5 kA. Wokół elektrolizerów zainstalowano osłony z Perspexu w celu uniemożliwienia dostępu do przewodów elektrycznych będących pod napięciem.

Uwzględniając osłony, każdy elektrolizer ma długość 17,2 m i szerokość 4,4 m i składa się z 138 ogniw podzielonych na dwa „zestawy” po 69 ogniw w każdym, które są połączone szeregowo. Odstępy między elektrolizerami wynoszą około 1,1 m. Rozmieszczenie elektrolizerów przedstawiono na rys. 3.1.

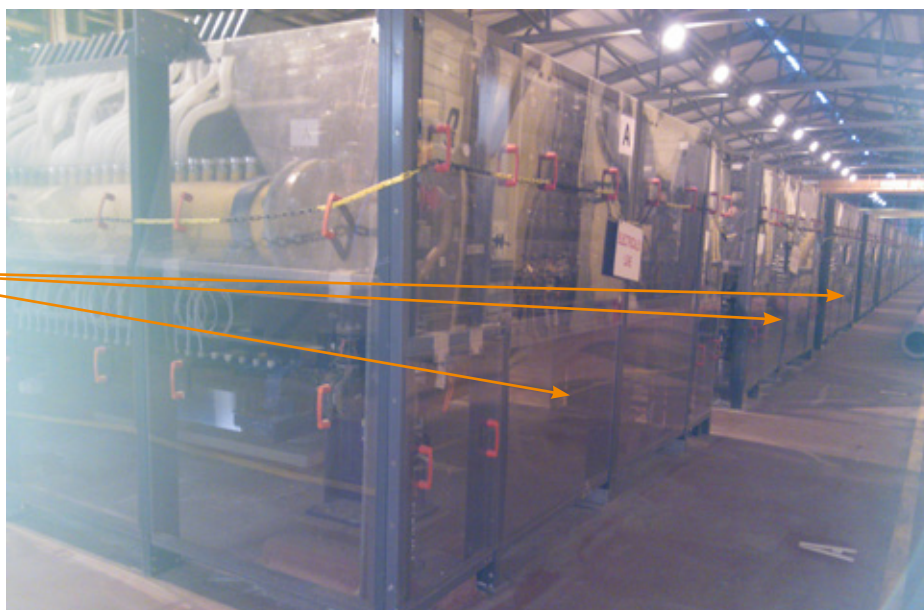
Aby uzyskać pewność, że narażenie na oddziaływanie pola elektromagnetycznego zostanie ograniczone do minimum, na etapie projektowania przeprowadzono ocenę z wykorzystaniem teoretycznego modelu, polegającą na obliczeniu pól magnetycznych wytwarzanych wokół elementów instalacji przewodzących prąd elektryczny.

Rysunek 3.1 – Elektrolizery w hali elektrolizy

**Pojedynczy elektrolizer,
w widoku podłużnym**



**Szereg
elektrolizerów**



3.3.2 Komora szafy zespołu prostownikowego

W każdej komorze zespołu prostownikowego (rys. 3.2) znajduje się prostownik tyrystorowy zasilający prądem stałym dwa elektrolizery. Szyny zbiorcze doprowadzające zasilanie do elektrolizerów biegną górną na wysokości ok. 4,2 m nad poziomem podłogi. Komory zostały odgradzone, aby odciąć dostęp z zewnątrz budynku, a drzwi do każdej komory zamknięto na klucz i umieszczono obok nich ostrzeżenie (rys. 3.3). Podczas pracy elektrolizerów zazwyczaj nie wolno wchodzić do komór.

Transformatory zaopatrujące halę elektrolizy znajdowały się na zewnątrz komór zespołów prostownikowych, po przeciwnej stronie od prostowników. Komory transformatorów również odgradzono, aby uniemożliwić dostęp (rys. 3.4).

Rysunek 3.2 – Komora szafy zespołu prostownikowego



Szyny zbiorcze
podwieszane

Prostownik tyrystorowy

Rysunek 3.3 – Ograniczenie dostępu do komory szafy zespołu prostownikowego



Zamknięte drzwi do
komory szafy zespołu
prostownikowego

Rysunek 3.4 – Komory transformatorów

3.4 Zasada stosowania

Proces produkcji chloru jest zautomatyzowany i sterowany zdalnie ze sterowni znajdującej się w pobliskim budynku.

3.5 Podejście do oceny narażenia

Ekspert-konsultant przeprowadził pomiary narażenia z wykorzystaniem specjalistycznych przyrządów. Ponieważ instalację zaprojektowano z uwzględnieniem bezpieczeństwa w kontekście oddziaływania pól elektromagnetycznych i projekt obejmował ocenę teoretycznego modelu polegającą na obliczeniu pól magnetycznych wokół elementów przewodzących prąd elektryczny, pomiary miały na celu potwierdzenie, czy wdrożone środki ochronne i środki zapobiegawcze są skuteczne pod względem ograniczenia narażenia na działanie pola elektromagnetycznego.

Wykonano zarówno pomiary indukcji magnetostatycznej, ze względu na zasilanie elektrolizerów prądem stałym, jak i zmiennej w czasie indukcji magnetycznej, ponieważ prąd stały był wytwarzany w wyniku prostowania prądu przemiennego, w związku z czym oczekiwano drobnej pulsacji prądu stałego doprowadzanego do elektrolizerów. Częstotliwość drobnej pulsacji prądu potwierdzono również podczas oceny narażenia.

Przed wykonaniem pomiaru konsultant przeprowadził badanie „czasu i ruchu”, aby zapewnić wykonywanie pomiarów w miejscach odpowiadających normalnym stanowiskom pracy. Pomiary wykonywano przy pracy elektrolizerów ze stałym obciążeniem.

Wyniki pomiarów porównano z odpowiednimi górnymi granicznymi poziomami oddziaływania (GPO) i interwencyjnymi poziomami narażenia (IPN) pod względem skutków bezpośrednich oraz z IPN pod względem skutków pośrednich oddziaływania pól magnetostatycznych (zakłócenia działania aktywnych wyrobów medycznych do implantacji oraz zagrożenie związane z przyciąganiem i gwałtownym przemieszczaniem się przedmiotów w rozproszonym polu magnetycznym źródeł silnego pola).

Podczas oceny narażenia pracowników szczególnie zagrożonych na konkretne zagrożenie przeprowadzono porównanie poziomów odniesienia podanych w zaleceniu Rady (1999/519/WE) (zob. dodatek E do tomu 1 poradnika).

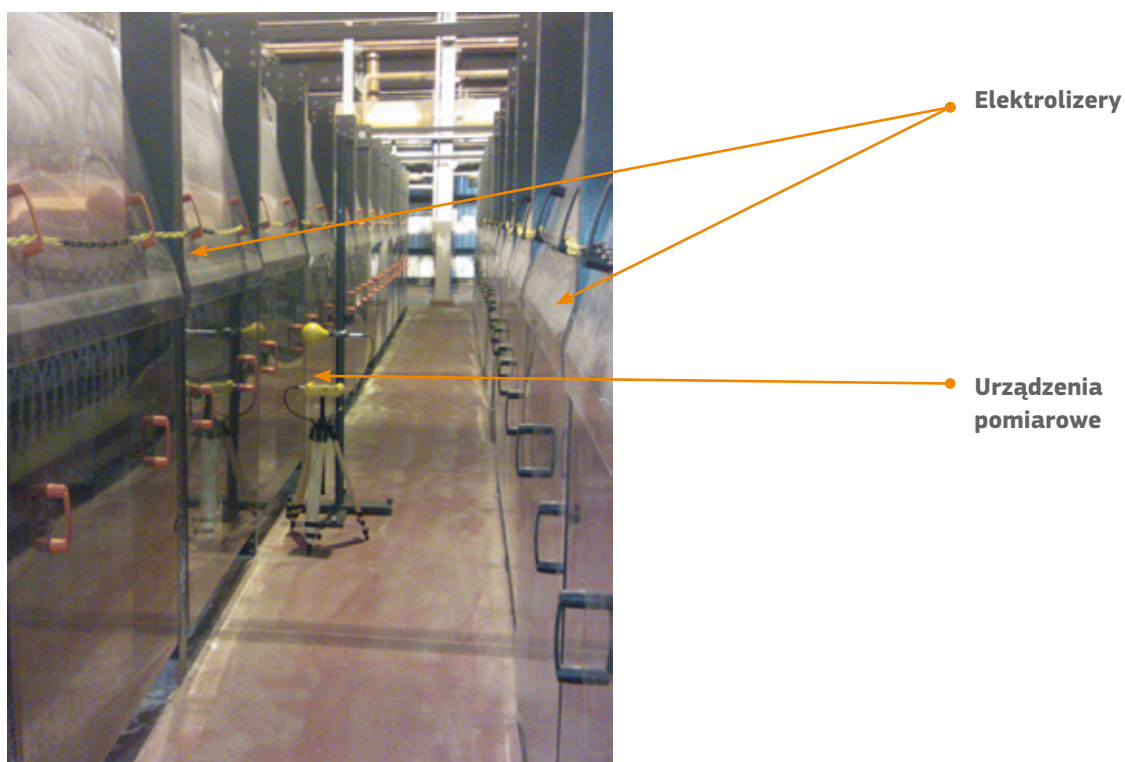
3.5.1 Pomieszczenie elektrolizerów

Przeprowadzono pomiary zmiennej w czasie indukcji magnetycznej i indukcji magnetostatycznej dla dwóch elektrolizerów (rys. 3.5). Wykonano trzy zestawy pomiarów:

- w określonych punktach przestrzeni oddzielającej dwa elektrolizery;
- w określonych punktach na całej długości osi odstępu między jednym a drugim końcem elektrolizerów;
- w płaszczyźnie pionowej biegnącej wzdłuż jednego z elektrolizerów.

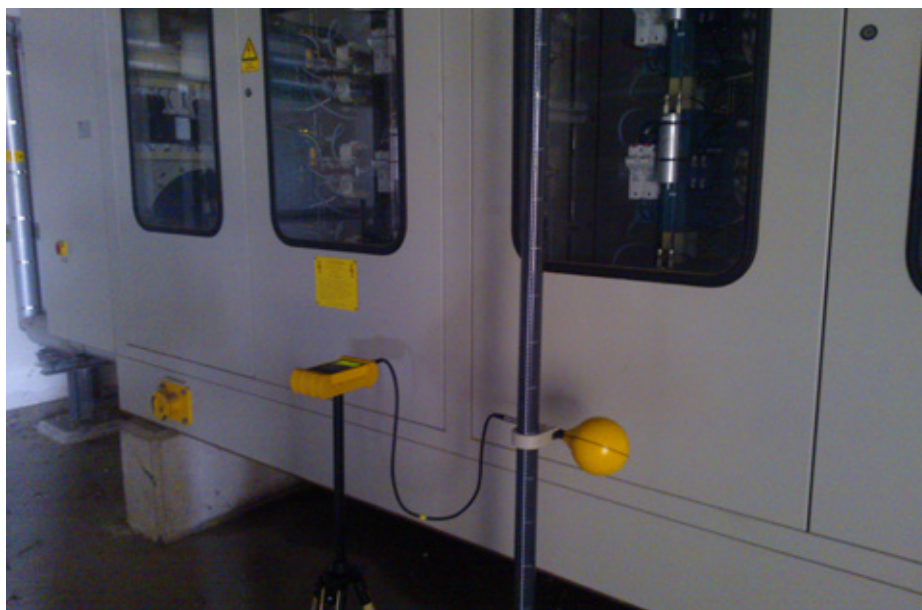
Pomiary zilustrowały narażenie pracownika przechodzącego między dwoma elektrolizerami znajdującymi się w hali elektrolizy, co uznaje się za najgorszy scenariusz narażenia.

Rysunek 3.5 – Pomiary wykonywane między dwoma elektrolizerami



3.5.2 Komora szafy zespołu prostownikowego

Przeprowadzono pomiary zmiennej w czasie indukcji magnetycznej i indukcji pola magnetostatycznego w pobliżu prostownika tyrystorowego (rys. 3.6), pod szynami zbiorczymi i blisko ściany oddzielającej prostownik od transformatora.

Rysunek 3.6 – Wykonywanie pomiarów w pobliżu prostowników tyrystorowych

3.6 Wyniki oceny narażenia

Wyniki pomiarów narażenia porównano z odpowiednimi GPO i IPN. Ważnymi wartościami, z którymi dokonuje się porównania wyników pomiarów, w przypadku elektrolizy są:

- w odniesieniu do pól magnetostatycznych:
 - GPO indukcji magnetycznej pól magnetostatycznych (normalne warunki pracy);
 - interwencyjny poziom narażenia dotyczący indukcji magnetycznej pól magnetostatycznych (zakłócenia działania aktywnych wyrobów medycznych do implantacji, takich jak stymulatory serca);
 - interwencyjny poziom narażenia dotyczący indukcji pól magnetostatycznych (przyciąganie i gwałtowne przemieszczanie się przedmiotów w polu rozproszonym przy źródłach pola o dużym natężeniu);
- w odniesieniu do pól magnetycznych zmiennych w czasie:
 - interwencyjne poziomy narażenia dotyczące indukcji pól magnetycznych zmiennych w czasie;
 - poziomy odniesienia podane w zaleceniu Rady (1999/519/WE) w odniesieniu do pól magnetycznych zmiennych w czasie (w odniesieniu do pracowników szczególnie zagrożonych).

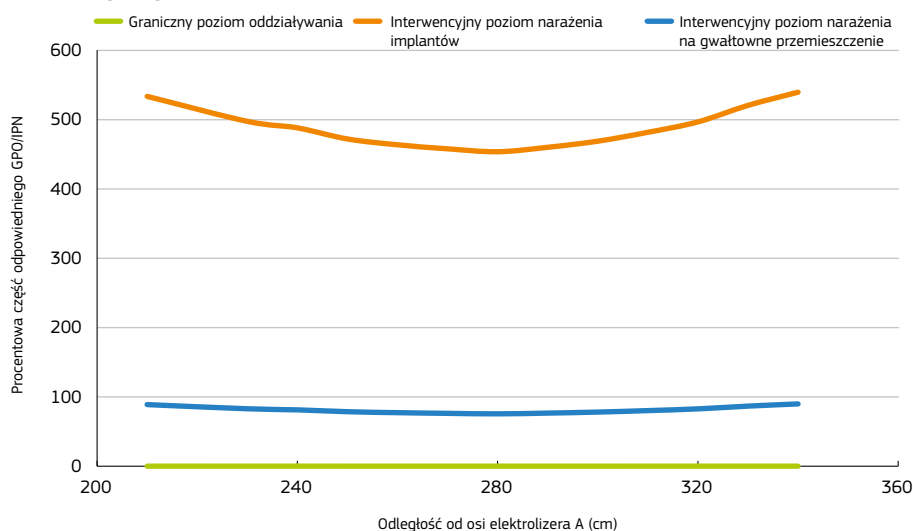
Istotne ustalenia oceny narażenia oraz przykłady wykresów sporządzonych w ramach oceny modelowania teoretycznego przedstawiono na rys. 3.7–3.17.

Należy zauważyć, że wyników oceny narażenia nie można bezpośrednio porównać z oceną modelowania, ponieważ ocena modelowania została wykonana przed opublikowaniem dyrektywy o polach elektromagnetycznych i opierała się na poziomach odniesienia w miejscu pracy ICNIRP, które były bardziej restrykcyjne niż interwencyjne poziomy narażenia przedstawione w dyrektywie o polach elektromagnetycznych.

3.6.1 Pomieszczenie elektrolizerów

Na poniższych wykresach przedstawiono zmiany indukcji magnetycznej w stosunku do opisanych powyżej obowiązkowych GPO i IPN. Potwierdzono, że częstotliwość drobnej pulsacji prądu w sieci prądu stałego wynosi 300 Hz. Urządzenia pomiarowe wykryły również harmoniczne przy częstotliwościach 600 Hz i 900 Hz, chociaż w tym przypadku wpływ harmonicznych na łączne narażenie nie był znaczący.

Rysunek 3.7 – Zróżnicowanie indukcji magnetostatycznej w przestrzeni rozdzielającej dwa elektrolizery



Uwaga: Pomiary wykonano na wysokości 120 cm nad poziomem podłogi.

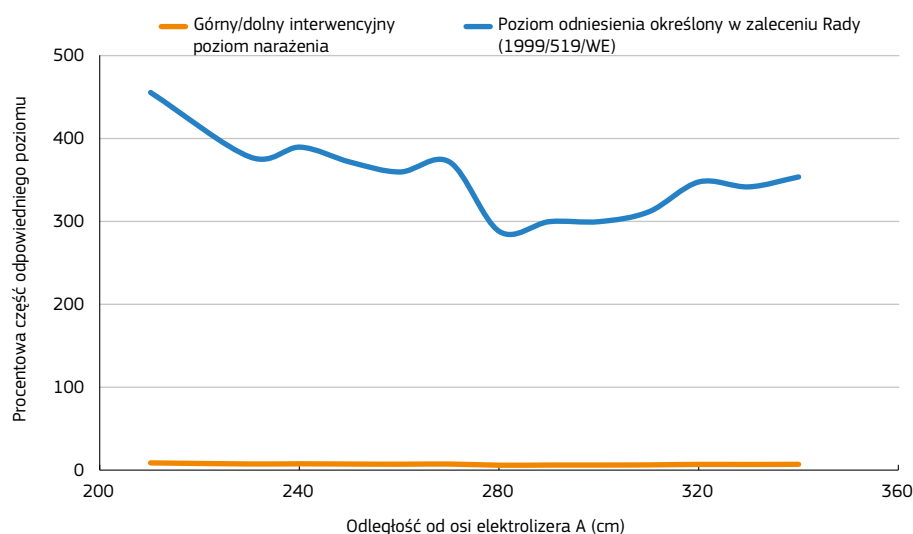
Graniczny poziom oddziaływania (normalne warunki pracy): 2 mT

Interwencyjny poziom narażenia implantów: 0,5 mT

Interwencyjny poziom narażenia na gwałtowne przemieszczenie: 3 mT

Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 5\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały przyjęte jako bezpośrednie wartości procentowe GPO/IPN.

Rysunek 3.8 – Zróżnicowanie zmiennej w czasie indukcji magnetycznej o częstotliwości 300 Hz w przestrzeniach oddzielających dwa elektrolizery



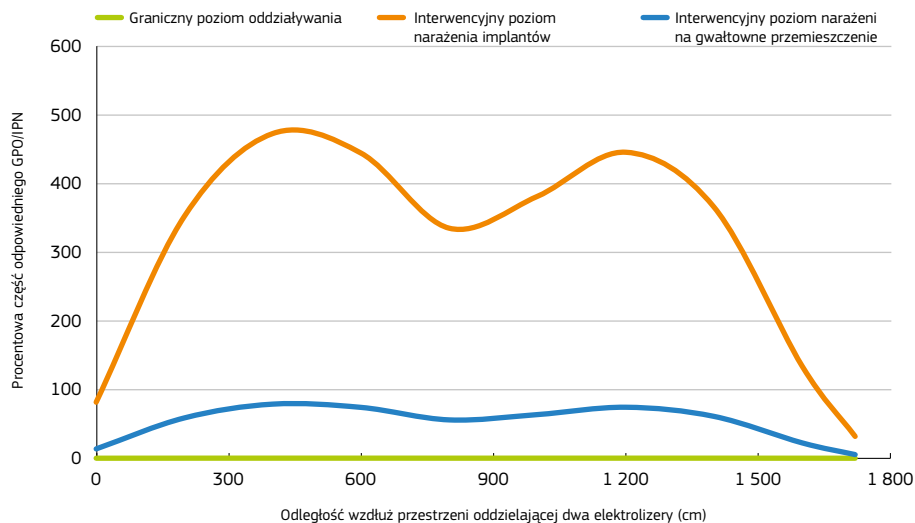
Uwaga: Pomiary wykonano na wysokości 120 cm nad poziomem podłogi.

Górny i dolny interwencyjny poziom narażenia dotyczą pola magnetycznego o częstotliwości 300 Hz: 1000 μ T

Określony w zaleceniu Rady (1999/519/WE) poziom odniesienia dla pola magnetycznego o częstotliwości 300 Hz: 16,7 μ T

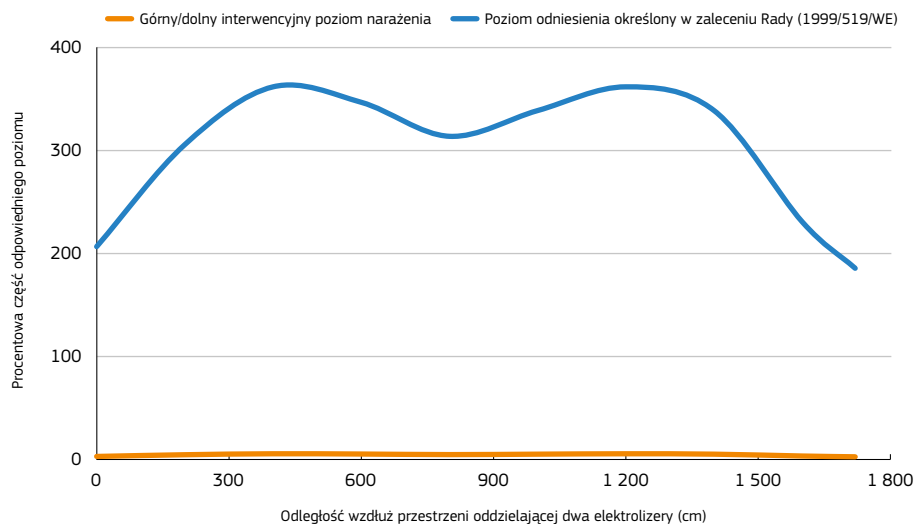
Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 10\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały przyjęte jako bezpośrednie wartości procentowe IPN/PO.

Rysunek 3.9 – Zróżnicowanie indukcji magnetostatycznej wzdłuż przestrzeni oddzielającej dwa elektrolizery



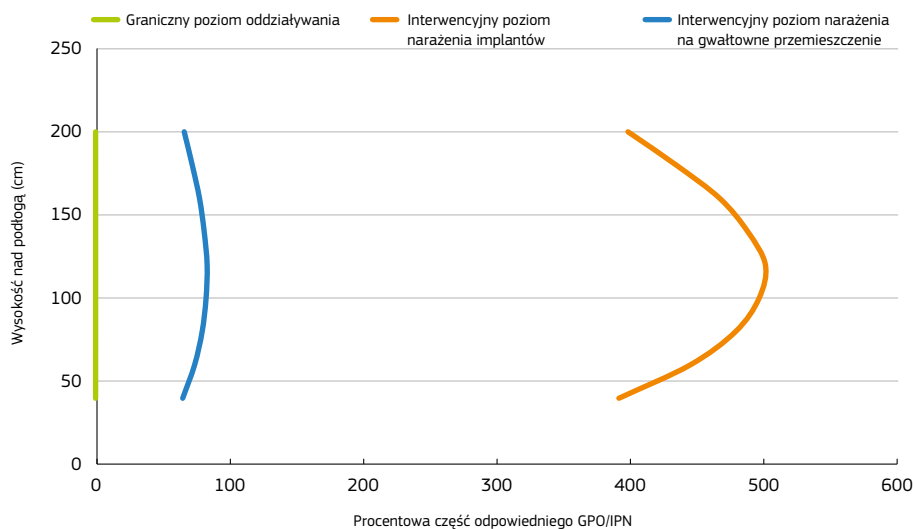
Uwaga: Pomiary wykonano na wysokości 120 cm nad poziomem podłogi.
 Interwencyjny poziom narażenia implantów: 0,5 mT
 Interwencyjny poziom narażenia na gwałtowne przemieszczenie: 3 mT
 Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 5\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały przyjęte jako bezpośrednie wartości procentowe GPO/IPN.

Rysunek 3.10 – Zróżnicowanie zmiennej w czasie indukcji magnetycznej o częstotliwości 300 Hz wzdłuż przestrzeni oddzielającej dwa elektrolizery



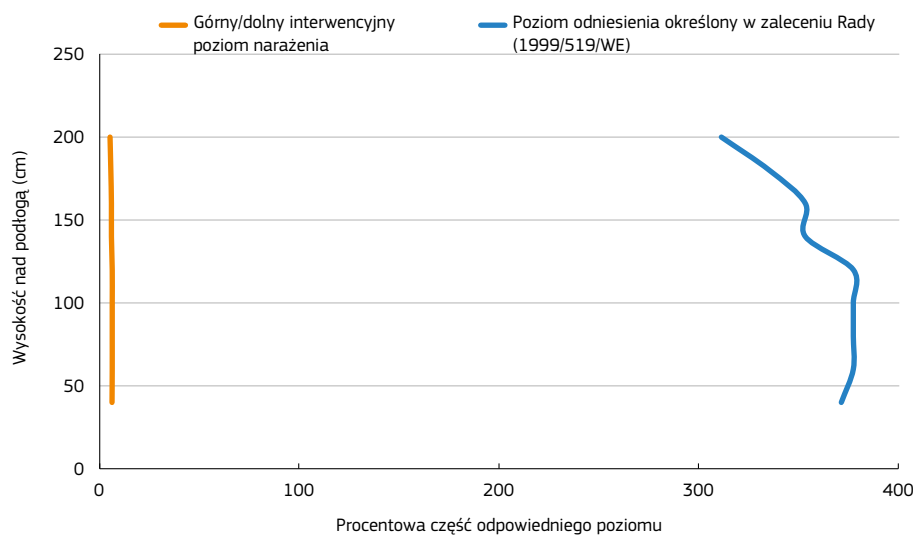
Uwaga: Pomiary wykonano na wysokości 120 cm nad poziomem podłogi.
 Górny i dolny interwencyjny poziom narażenia dotyczący pola magnetycznego o częstotliwości 300 Hz: 1000 μT
 Określony w zaleceniu Rady (1999/519/WE) poziom odniesienia dla pola magnetycznego o częstotliwości 300 Hz: 16,7 μT
 Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 10\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały przyjęte jako bezpośrednie wartości procentowe IPN/PO.

Rysunek 3.11 – Zróżnicowanie indukcji magnetostaticznej wraz ze zmianą wysokości wzdłuż jednego elektrolizera



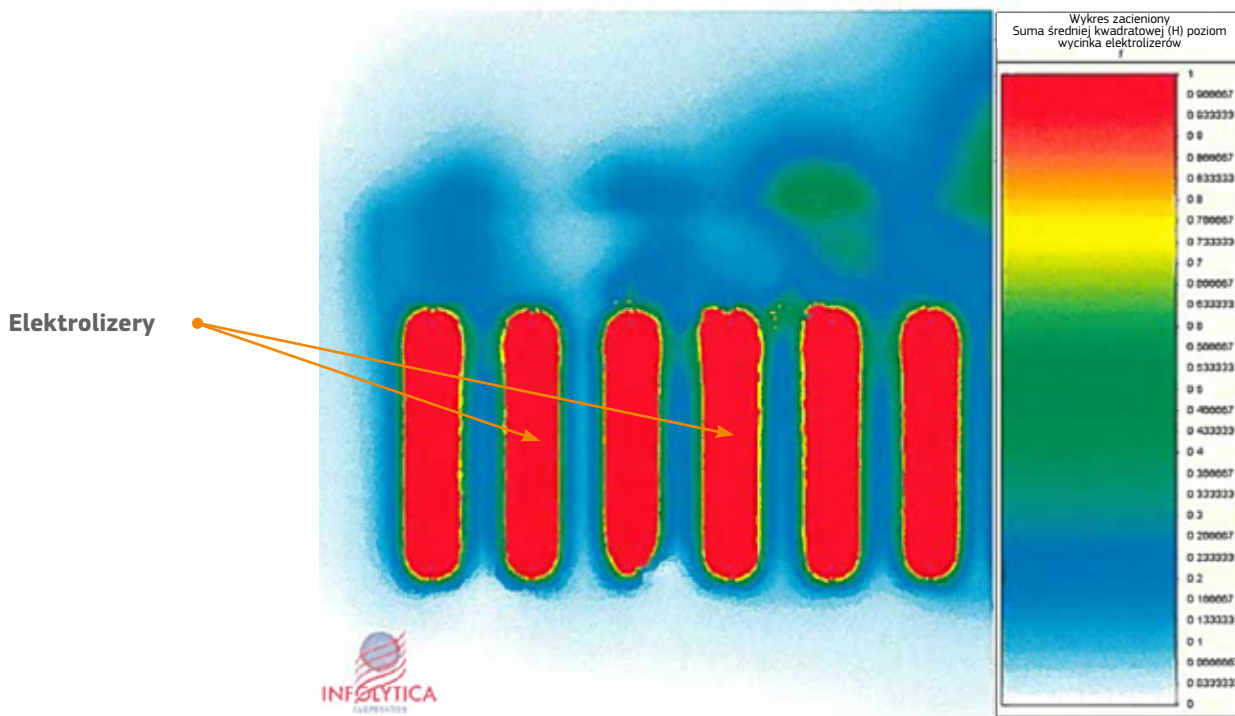
Uwaga: Pomiary wykonano na wysokości 230 cm, licząc od osi jednego z elektrolizerów.
 Graniczny poziom oddziaływania (normalne warunki pracy): 2 mT
 Interwencyjny poziom narażenia implantów: 0,5 mT
 Interwencyjny poziom narażenia na gwałtowne przemieszczenie: 3 mT
 Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 5\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały przyjęte jako bezpośrednie wartości procentowe GPO/IPN.

Rysunek 3.12 – Zróżnicowanie zmiennej w czasie indukcji magnetycznej o częstotliwości 300 Hz wraz ze zmianą wysokości przy jednym elektrolizerze



Uwaga: Pomiary wykonano na wysokości 230 cm, licząc od osi jednego z elektrolizerów.
 Górny i dolny interwencyjny poziom narażenia dotyczący pola magnetycznego o częstotliwości 300 Hz: 1000 μ T
 Określony w zaleceniu Rady (1999/519/WE) poziom odniesienia dla pola magnetycznego o częstotliwości 300 Hz: 16,7 μ T
 Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 10\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały przyjęte jako bezpośrednie wartości procentowe IPN/PO.

Rysunek 3.13 – Przykład wykresu oceny z wykorzystaniem teoretycznego modelu pomieszczenia elektrolizerów (rzut poziomy)



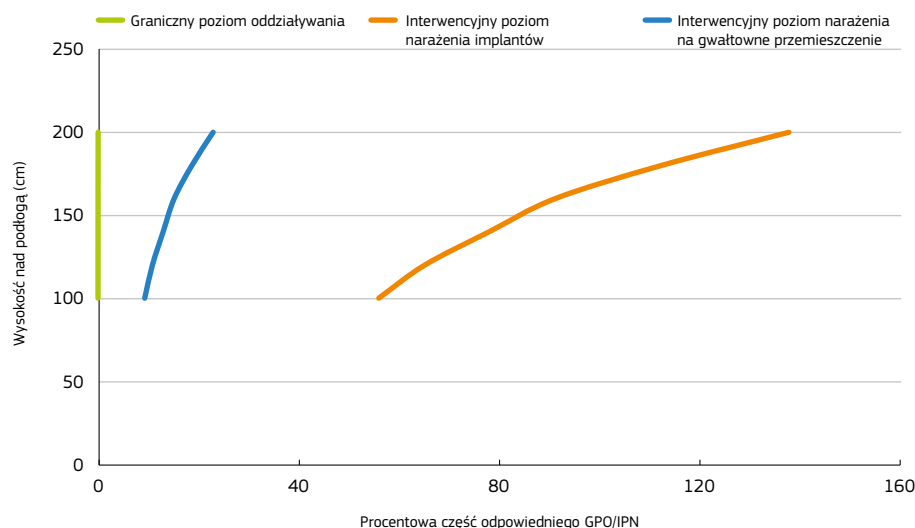
Na podstawie wyników oceny narażenia w pomieszczeniu elektrolizerów firma uzyskała następujące informacje:

- narażenie na działanie pól magnetycznych wytwarzanych przez elektrolizery było poniżej odpowiednich GPO i skutków bezpośrednich IPN;
- osoby posiadające aktywne wyroby medyczne do implantacji mogą być narażone na zagrożenie ze strony pól magnetostatycznych w hali elektrolizy;
- poziomy odniesienia podane w zaleceniu Rady (1999/519/WE) zostały przekroczone na długości elektrolizerów w odniesieniu do zmiennych w czasie pól magnetycznych. Istniało jednak niewielkie prawdopodobieństwo, aby w pomieszczeniu elektrolizerów przebywali pracownicy szczególnie zagrożeni.

3.6.2 Komora prostownika

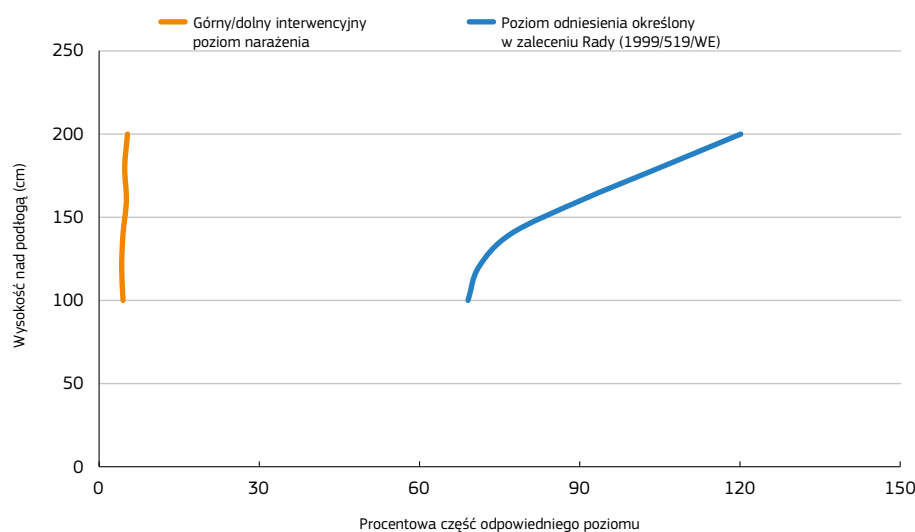
Na poniższych wykresach przedstawiono zmiany indukcji magnetycznej w stosunku do opisanych powyżej obowiązujących GPO i IPN. Potwierdzono, że częstotliwość drobnej pulsacji prądu w sieci prądu stałego wynosi 300 Hz, a także wykryto pola o częstotliwości 50 Hz pochodzące od znajdującego się na zewnątrz transformatora.

Rysunek 3.14 – Zróżnicowanie indukcji magnetostatycznej wraz ze zmianą wysokości poniżej wyłącznika zasilania prądem stałym szyny zbiorczej



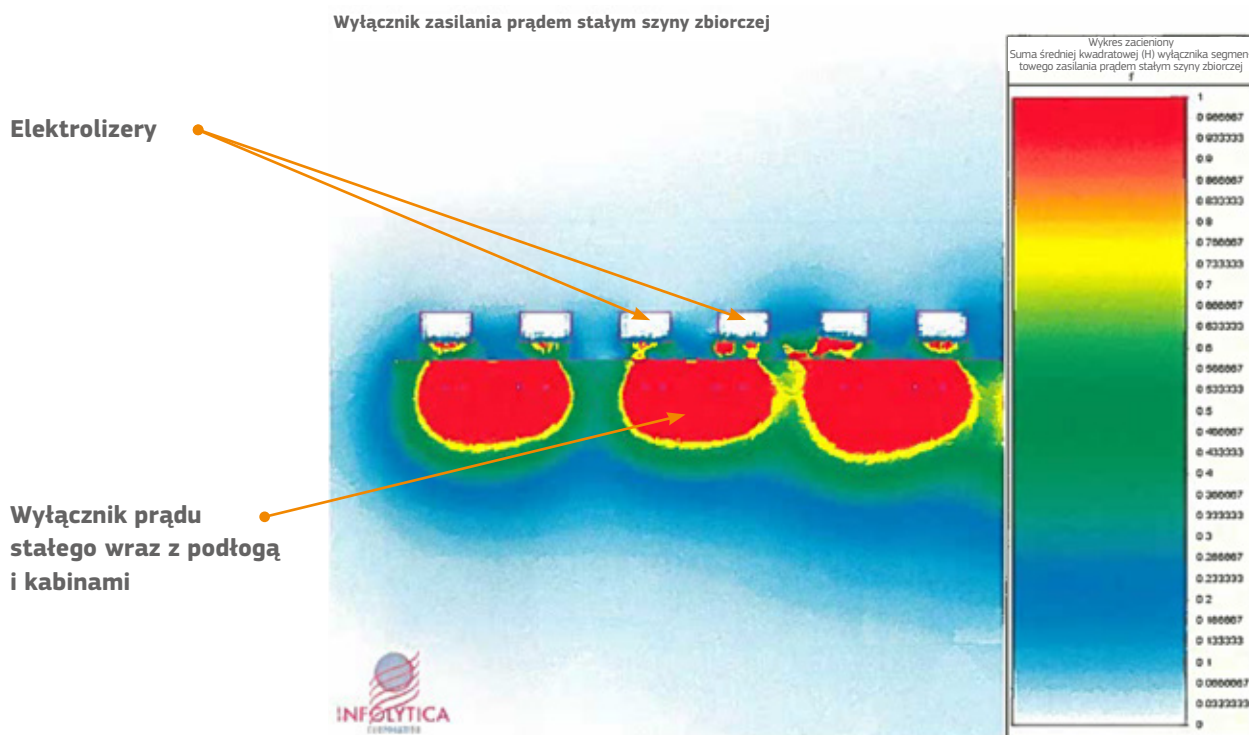
Uwaga: Wyłącznik zasilania prądem stałym szyny zbiorczej znajdował się na wysokości ok. 420 cm nad poziomem terenu. Graniczny poziom oddziaływania (normalne warunki pracy): 2 mT
Interwencyjny poziom narażenia implantów: 0,5 mT
Interwencyjny poziom narażenia na gwałtowne przemieszczenie: 3 mT
Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 5\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały przyjęte jako bezpośrednie wartości procentowe GPO/IPN.

Rysunek 3.15 – Zróżnicowanie zmiennej w czasie indukcji magnetycznej o częstotliwości 300 Hz wraz ze zmianą wysokości poniżej wyłącznika zasilania prądem stałym szyny zbiorczej

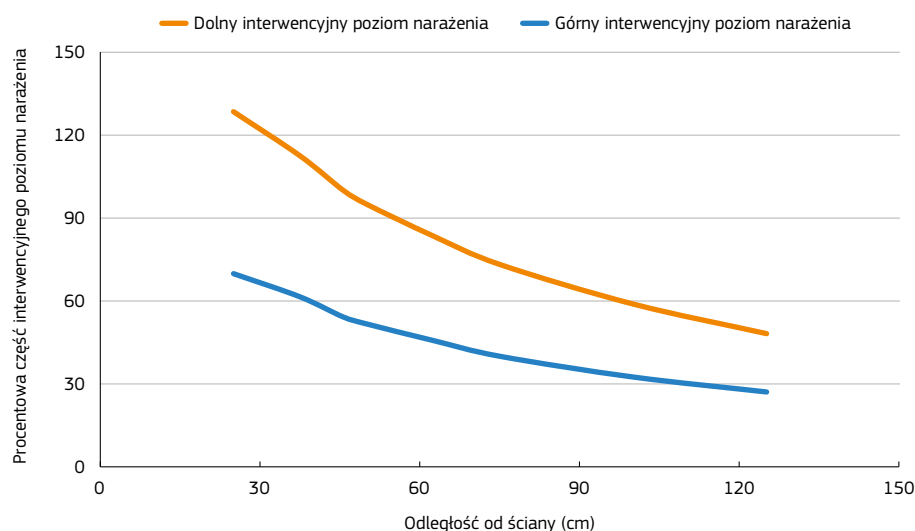


Uwaga: Wyłącznik zasilania prądem stałym szyny zbiorczej znajdował się na wysokości ok. 420 cm nad poziomem terenu. Górny i dolny interwencyjny poziom narażenia dotyczący pola magnetycznego o częstotliwości 300 Hz: 1000 μ T
Określony w zaleceniu Rady (1999/519/WE) poziom odniesienia dla pola magnetycznego o częstotliwości 300 Hz: 16,7 μ T
Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 10\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały przyjęte jako bezpośrednie wartości procentowe IPN/PO.

Rysunek 3.16 – Przykład wykresu oceny modelowania teoretycznego w odniesieniu do obszarów znajdujących się w okolicy wyłącznika zasilania prądem stałym szyny zbiorczej (przekrój)



Rysunek 3.17 – Zróżnicowanie zmiennej w czasie indukcji magnetycznej o częstotliwości 50 Hz wraz ze zmianą odległości od ściany między prostownikiem tyrystorowym a transformatorem



Uwaga: Pomiar wykonano na wysokości 120 cm nad poziomem terenu.

Dolny interwencyjny poziom narażenia na działanie pola magnetycznego o częstotliwości 50 Hz: 1000 μ T

Górny interwencyjny poziom narażenia na działanie pola magnetycznego o częstotliwości 50 Hz: 6000 μ T

Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 10\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały przyjęte jako bezpośrednie wartości procentowe IPN/PO.

Na podstawie wyników oceny narażenia w komorze prostownika firma uzyskała następujące informacje:

- narażenie na działanie pól magnetycznych wytwarzanych przez szyny zbiorcze i prostowniki tyrystorowe było poniżej interwencyjnych poziomów narażenia skutków bezpośrednich na poziomie terenu;
- narażenie na działanie zmiennych w czasie pól magnetycznych wytwarzanych przez transformator znajdujący się po przeciwnej stronie ściany w stosunku do prostownika było wyższe niż dolny interwencyjny poziom narażenia zmiennej w czasie indukcji magnetycznej do odległości 37 cm od powierzchni ściany wewnątrz komory prostownika;
- narażenie na działanie zmiennych w czasie pól magnetycznych wytworzonych przez transformator było niższe od górnego interwencyjnego poziomu narażenia zmiennej w czasie indukcji magnetycznej w komorze prostownika;
- osoby posiadające aktywne wyroby medyczne do implantacji mogą być narażone na zagrożenie polami magnetostatycznymi w każdym miejscu w komorach prostowników. Uznano jednak, że ostrzeżenia i informacje dotyczące bezpieczeństwa na terenie zakładu są odpowiednie;
- poziomy odniesienia podane w zaleceniu Rady (1999/519/WE) zostały przekroczone w odniesieniu do zmiennych w czasie pól magnetycznych. Istniało jednak niewielkie prawdopodobieństwo, aby w komorach prostowników przebywali pracownicy szczególnie zagrożeni.

3.7 Analiza ryzyka

Na podstawie przeprowadzonej przez konsultanta oceny narażenia firma przeprowadziła analizę ryzyka w związku z polem elektromagnetycznym w zakładzie produkcji chloru. Działanie to było spójne z metodyką proponowaną w ramach OiRA (interaktywnego narzędzia on-line do oceny ryzyka opracowanego przez Europejską Agencję Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy). Na podstawie analizy ryzyka stwierdzono, że:

- pracownicy szczególnie zagrożeni przebywający w pobliżu elektrolizerów mogą być narażeni;
- pracownicy przebywający w pobliżu komór szaf zespołów prostownikowych, w tym pracownicy szczególnie zagrożeni, mogą być narażeni na działanie pól magnetycznych.

W tabeli 3.1 przedstawiono przykładową analizę ryzyka w związku z polem elektromagnetycznym w zakładzie produkcji chloru.

Tabela 3.1 – Analiza ryzyka w związku z polem elektromagnetycznym w zakładzie produkcji chloru

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień do- tkliwości			Prawdo- podobień- stwo	Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach			
Skutki bezpośrednie oddziaływania pola magnetycznego	Projekt zakładu produkcji chloru wykonany z zachowaniem ostrożności w celu zminimalizowania natężenia pól magnetycznych	Personel techniczny	✓			✓	Niski	Niewymagane
	Ograniczenie dostępu do komór szaf zespołów prostownikowych Umieszczenie odpowiednich ostrzeżeń w widocznych miejscach Szkolenia pracowników	Pracownicy szczególnie zagrożeni (w tym pracownice w ciąży)	✓			✓	Niski	
Skutki pośrednie oddziaływania pola magnetycznego (zakłócenia działania implantów medycznych)	Zakaz wstępu pracowników posiadających implanty medyczne do zakładu produkcji chloru Umieszczenie odpowiednich ostrzeżeń w widocznych miejscach Szkolenia pracowników	Pracownicy szczególnie zagrożeni		✓		✓	Niski	Niewymagane

3.8 Wdrożone środki ostrożności

Ochrona przed oddziaływaniem pola elektromagnetycznego stanowiła priorytet, począwszy od wczesnych etapów projektu obiektu, w związku z czym wdrożono szereg środków ochronnych i zapobiegawczych:

- natężenie pól magnetycznych zmiennych w czasie, które mogą być generowane przez drobną pulsację prądu stałego doprowadzanego do elektrolizerów, zostało zminimalizowane, na przykład przy użyciu prostowników 12-pulsowych zamiast prostowników sześciopulsowych;
- zakład był dostatecznie duży, aby można było łatwo odizolować pracowników od obszarów działania silnych pól magnetycznych;
- w widocznych miejscach w obiekcie rozmieszczono odpowiednie znaki ostrzegające przed występowaniem silnych pól magnetycznych;
- pracownicy zostali poinformowani o możliwym narażeniu na działanie pola elektromagnetycznego i zostali poinstruowani, aby powiadomić pracodawcę, jeżeli posiadają implant medyczny.

3.9 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny

W ocenie narażenia potwierdzono, że obiekt został dobrze zaprojektowany pod względem narażenia na pole elektromagnetyczne, a więc w wyniku oceny narażenia nie było konieczności podejmowania dodatkowych środków ostrożności.

3.10 Źródła dodatkowych informacji

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

4. MEDYCyna

4.1 Stanowisko pracy

Oddział fizyki medycznej został poproszony o poddanie ocenie wpływu wdrożenia dyrektywy o polach elektromagnetycznych na pracę wykonywaną w szpitalu.

4.2 Charakter pracy

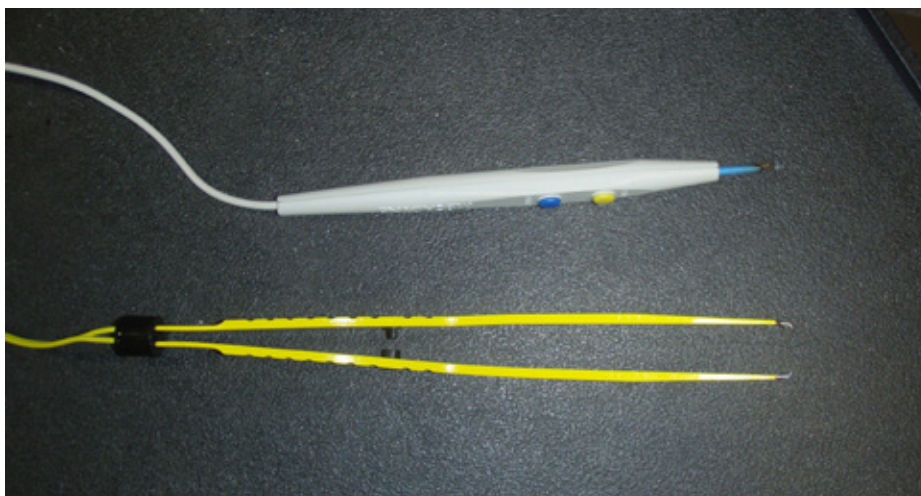
Urządzenia elektryczne są powszechnie stosowane do leczenia, monitorowania i diagnozowania pacjentów. Zespół fizyki medycznej rozpoczął ocenę od ustalenia, które urządzenia mogą potencjalnie generować silne pola elektromagnetyczne. Zespół dokonał przeglądu urządzeń będących na wyposażeniu szpitala i wskazał trzy rodzaje urządzeń, co do których orientował się, że generują silne pola elektromagnetyczne. Urządzeniami tymi były: urządzenia do elektrochirurgii, urządzenia do przezczaszkowej stymulacji magnetycznej (TMS) i urządzenia do diatermii krótkofalowej. W danym momencie szpital nie korzystał z urządzeń do diatermii krótkofalowej, mimo to uwzględnił je w ocenie. Zespół chciał również sprawdzić potencjał urządzeń do monitorowania pacjentów wrażliwych, którzy mogą zostać poddani oddziaływaniu pola elektromagnetycznego, w szczególności urządzeń, które mogą być używane w pobliżu urządzeń generujących silne pola elektromagnetyczne. Zespół stwierdził, że do urządzeń najbardziej podatnych na zakłócenia wywołane oddziaływaniem pola elektromagnetycznego należały wrażliwe urządzenia medyczne wykorzystywane podczas zabiegów elektrochirurgii (np. respiratory i elektrokardiografy).

4.3 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne

4.3.1 Urządzenia do elektrochirurgii

Urządzenia do elektrochirurgii wykorzystuje się w szpitalach do przecinania lub koagulacji tkanki ludzkiej i są one wykorzystywane w licznych zabiegach chirurgicznych. Ich działanie polega na przepuszczaniu przez operowaną tkankę prądu o wysokim napięciu. Urządzenia te pracują zwykle w pośrednim zakresie częstotliwości około 300 kHz – 1 MHz i pobierają moc 50–300 W. Urządzenia do elektrochirurgii składają się z elektrody czynnej, generatora, przewodów łączących generator z elektrodą czynną i z elektrody biernej lub uziemionej płytki umieszczonej na ciele pacjenta (rys. 4.1). Zasilanie do elektrody czynnej (sondy elektrochirurgicznej) jest doprowadzane za pomocą przewodów, które mogą być nieekranowane. Prąd przepływa przez tkankę pacjenta i wraca do urządzenia elektrochirurgicznego przez elektrodę bierną.

Rysunek 4.1 – Elektroda czynna i bierna wraz z przewodami



4.3.2 Przechraszkowa stymulacja magnetyczna

Urządzenie do przechraszkowej stymulacji magnetycznej (TMS) wytwarza impulsowe pola elektromagnetyczne w celu indukowania impulsów elektrycznych w [mózgu](#) i może mieć szereg zastosowań (np. w diagnozowaniu chorób lub urazów mózgu, jako sposób leczenia depresji lub, od niedawna, jako metoda leczenia migrenowych bólów głowy). Typowe urządzenie do TMS składa się z części głównej, wytwarzającej impulsy wielkopiędowe, oraz ręcznej cewki stymulacyjnej (rys. 4.2). W urządzeniach dostępnych na rynku energia przechowywana jest w dużych kondensatorach wysokonapięciowych. Rozładowanie kondensatorów następuje za pomocą tyrystora przez cewkę, która może przekształcać duże prądy w czasie kilku sekund. W szpitalach powszechnie używane są dwa rodzaje cewek: cewka okrągła i ósemkowa (choć istnieją również cewki o innych kształtach).

Rysunek 4.2 – Cewka ósemkowa do TMS



4.3.3 Diatermia krótkofalowa

Urządzenia do diatermii krótkofalowej emitują promieniowanie częstotliwości radiowej, zwykle o częstotliwości 27,1 MHz. Urządzenia te wykorzystują fizjoterapeuci w leczeniu mięśni i stawów. Występują dwa tryby pracy: kondensatorowy, w którym pacjent umieszczany jest w polu o częstotliwości radiowej pomiędzy dwoma płytkami stanowiącymi elektrody (rys. 4.3), oraz indukcyjny, w przypadku którego pole elektromagnetyczne jest wytwarzane za pomocą cewki.

Rysunek 4.3 – Diatermia krótkofalowa kondensatorowa



4.4 Sposoby korzystania z urządzeń

4.4.1 Urządzenia do elektrochirurgii

Używając sondy zabiegowej, chirurg zwykle trzyma ją w pobliżu górnej części swojego ciała. Przewody mogą znajdować się blisko pracowników sali operacyjnej, a w szczególności blisko rąk i przedramion chirurga.

4.4.2 Przechaszkowa stymulacja magnetyczna

Cewkę umieszcza się w pobliżu głowy pacjenta i wytwarza impuls elektromagnetyczny lub szereg impulsów w celu indukowania przepływu prądu w mózgu pacjenta. Lekarz może zamocować lub trzymać sondę we właściwym położeniu (rys. 4.4).

Rysunek 4.4 – Korzystanie z cewki okrągłej do TMS

4.4.3 Diatermia krótkofalowa

Zespół poinformowano, że diatermia krótkofalowa nie była obecnie stosowana w szpitalu, chociaż w przeszłości była wykorzystywana przez fizjoterapeutów. Zespół nie znał w pełni procedur roboczych stosowanych podczas korzystania z urządzenia, lecz zdecydował o przeprowadzeniu oceny, gdyby szpital planował ponowne wykorzystanie tego urządzenia w przyszłości.

4.5 Podejście do oceny narażenia

Zespół fizyki medycznej był świadomy tego, że wszystkie trzy zidentyfikowane wyroby medyczne generowały silne pola elektromagnetyczne. Nie był jednak pewien, czy urządzenia te generowały pola, które mogłyby powodować narażenie pracowników na pole w wartości przekraczającej graniczny poziom oddziaływania (GPO). W związku z tym stwierdził, że wymagana jest dalsza ocena i konieczne będzie wykonanie pomiarów pól elektromagnetycznych. Do przeprowadzenia pomiarów zespół wybrał dwa urządzenia: urządzenie do elektrochirurgii ConMed 5000 i urządzenie do TMS 200 Magstim. Zdecydowano, że w tym czasie nie będą wykonywane pomiary w odniesieniu do żadnych urządzeń do diatermii krótkofalowej.

Oddział fizyki medycznej posiada szereg sond pomiarowych służących do monitorowania pól elektromagnetycznych. Do wykonania pomiarów zespół użył sondy izotropowej (trójosiowej). Z powodu różnych częstotliwości generowanych pól elektromagnetycznych wymagane było użycie różnych sond w odniesieniu do każdego urządzenia.

4.6 Wyniki oceny narażenia

4.6.1 Urządzenie do elektrochirurgii

Urządzenie do elektrochirurgii ConMed 5000 było stosowane w trybie monopolarnym. Urządzenie może pracować w trybie cięcia i koagulacji. Ze wstępnych pomiarów wynika jednak, że pola elektromagnetyczne wytwarzane w trybie cięcia były wyższe niż w trybie koagulacji, w związku z czym większość pomiarów wykonano w tym właśnie trybie. Częstotliwość pola, która, jak stwierdzono, wynosiła 391 kHz, oceniono, wykonując pomiar i przedstawiając kształt fali na oscyloskopie. Moc doprowadzona wynosiła ok. 200 W.

Pomiary pola elektrycznego i magnetycznego wykonano w pobliżu przewodów elektrody czynnej i elektrody biernej. Jeżeli chodzi o porównanie mierzonych pól z interwencyjnymi poziomami narażenia (IPN), z uwagi na pole pośredniej częstotliwości zastosowanie mają zarówno IPN w odniesieniu do skutków nietermicznych, jak i skutków termicznych.

Przedstawione w tabeli 4.1 wyniki pomiarów przedstawiają natężenie pola magnetycznego w różnych odległościach w poziomie w połowie długości przewodu elektrody czynnej. Z podanych wyników zespół ekstrapolował pole magnetyczne w odległości 1 cm od przewodu i obliczył, że wynosi ono 7% IPN kończyny.

Na podstawie oceny pola magnetycznego wokół sprzętu zespół stwierdził, że narażenie chirurga lub innych pracowników medycznych znajdujących się w sali operacyjnej nie przekraczały wartości IPN określonych w dyrektywie o polach elektromagnetycznych ani poziomów odniesienia podanych w zaleceniu Rady (1999/519/WE).

Tabela 4.1 – Natężenie pola magnetycznego w różnej odległości od przewodu elektrody czynnej wyrażone jako procentowa część interwencyjnego poziomu narażenia i poziomów odniesienia podanych w zaleceniu Rady (1999/519/WE)

Odległość od przewodu (cm)	Natężenie pola magnetycznego ($A\cdot m^{-1}$)	Indukcja magnetyczna (μT)	Skutki nietermiczne		Skutki termiczne	
			Procentowa część górnego/dolnego interwencyjnego poziomu narażenia (%) ¹	Procentowa część interwencyjnych poziomów narażenia kończyn (%) ²	Procentowa część interwencyjnych poziomów narażenia (%) ³	Procentowa część poziomów odniesienia określonych w zaleceniu Rady (1999/519/WE) (%) 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 Górny/dolny interwencyjny poziom narażenia na indukcję magnetyczną pola o częstotliwości 391 kHz: 100 μT

² Interwencyjny poziom narażenia kończyn na indukcję magnetyczną pola o częstotliwości 391 kHz: 300 μT

³ Interwencyjny poziom narażenia na indukcję magnetyczną pola o częstotliwości 391 kHz: 5,12 μT

⁴ Określony w zaleceniu Rady (1999/519/WE) poziom odniesienia dotyczący indukcji magnetycznej pola o częstotliwości 391 kHz: 2,35 μT

Uwaga: Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 2,7$ dB i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały porównane bezpośrednio z IPN/PO.

Pole elektryczne zmierzono w obszarze zajmowanym przez przewód elektrody czynnej i przewód elektrody biernej. Ustalono, że pole elektryczne wytwarzane przez przewód elektrody biernej było znacznie silniejsze od pola wytwarzanego przez przewód elektrody czynnej, co wskazuje, że przewód elektrody czynnej jest ekranowany. Natężenie pola elektrycznego wyrażone w funkcji odległości od przewodu elektrody biernej szczegółowo opisano w tabeli 4.2. Pomiaru te dotyczą różnych odległości w poziomie w połowie długości przewodu. Najsilniejsze zmierzone pole, które znajdowało się w odległości 10 cm od przewodu, było słabsze niż interwencyjne poziomy narażenia. Wyniki wskazują jednak, że poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogły zostać przekroczone w odległości ok. 20 cm od tego przewodu.

Tabela 4.2 – Natężenie pola elektrycznego w różnej odległości od przewodu elektrody biernej wyrażone jako procentowa część interwencyjnego poziomu narażenia i poziomów odniesienia podanych w zaleceniu Rady (1999/519/WE)

Odległość od przewodu drutowego (cm)	Natężenie pola elektrycznego (Vm^{-1})	Skutki nietermiczne		Skutki termiczne	
		Procentowa część dolnego interwencyjnego poziomu narażenia (%) ¹	Procentowa część górnego interwencyjnego poziomu narażenia (%) ²	Procentowa część interwencyjnych poziomów narażenia (%) ³	Procentowa część poziomów odniesienia podanych w zaleceniu Rady (1999/519/WE) (%) 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 Dolny interwencyjny poziom narażenia w odniesieniu do natężenia pola elektrycznego o częstotliwościach 3 kHz – 10 MHz: $170 Vm^{-1}$

² Górny interwencyjny poziom narażenia w odniesieniu do natężenia pola elektrycznego o częstotliwościach 3 kHz – 10 MHz: $610 Vm^{-1}$

³ Górny interwencyjny poziom narażenia w odniesieniu do natężenia pola elektrycznego o częstotliwościach 3 kHz – 10 MHz: $610 Vm^{-1}$

⁴ Określony w zaleceniu Rady (1999/519/WE) poziom odniesienia dotyczący natężenia pola elektrycznego o częstotliwościach mieszczących się w zakresie 150 kHz – 1 MHz: $87 Vm^{-1}$

Uwaga: Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 0,8$ dB i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały porównane bezpośrednio z IPN/PO.

W celu zachowania kompletności zespół wykorzystał oprogramowanie modelujące, aby przewidzieć narażenie pacjenta, i zrekonfigurował je w taki sposób, aby stworzyć model narażenia chirurga pod kątem GPO. Obliczono zarówno indukowane pola elektryczne, jak i wartości SAR w odniesieniu do sytuacji narażenia, w której używane było urządzenie do elektrochirurgii, a przewody biegnęły wzdłuż ramienia chirurga w odległości 1 cm.

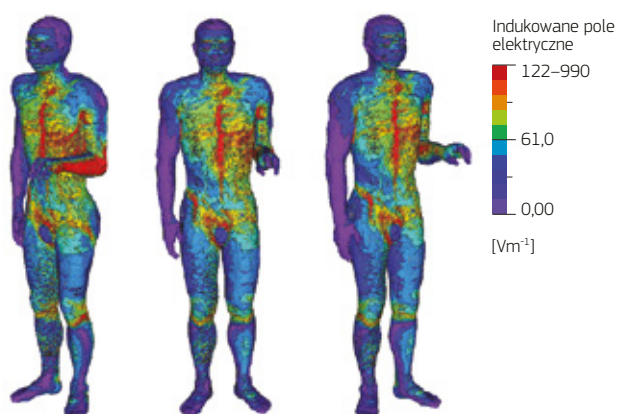
Obliczono indukowane pole elektryczne w różnych tkankach (tabela 4.3). Najwyższa obliczona wartość, wynosząca $628 mVm^{-1}$, dotyczyła kości. Wartość ta stanowi 0,6% górnego granicznego poziomu oddziaływania, co utwierdza zespół w przekonaniu, że GPO w odniesieniu do skutków nietermicznych nie zostanie przekroczony w odniesieniu do chirurga. Rozkład indukowanego pola elektrycznego w modelu ciała ludzkiego przedstawiono na rys. 4.5. Oczywiście istnieje możliwość, że przewody urządzenia do elektrochirurgii znajdują się w odległości mniejszej niż 1 cm od chirurga lub nawet będą się z nim stykać. Zespół stwierdził jednak, że niskie wartości indukowanego pola elektrycznego oznaczają, że górny graniczny poziom oddziaływania nie zostanie przekroczony w okolicy badanego sprzętu.

Tabela 4.3 – Indukowane pole elektryczne przedstawione jako procentowa część górnego granicznego poziomu oddziaływania

Tkanka	Indukowane pole elektryczne (mVm^{-1}) ¹	% górnego GPO
Kość	628	0,60%
Tłuszcz	493	0,47%
Skóra	461	0,44%
Mózg	146	0,14%
Rdzeń kręgowy	275	0,26%
Siatkówka	103	0,10%

¹ Górny graniczny poziom oddziaływania natężenia wewnętrznego pola elektrycznego o częstotliwościach 3 kHz – 10 MHz: 105 Vm^{-1} (średnia kwadratowa)

Rysunek 4.5 – Rozkład indukowanego pola elektrycznego w modelu ciała ludzkiego w wyniku narażenia na wpływ przewodu urządzenia do elektrochirurgii wytwarzającego pole o częstotliwości 391 kHz

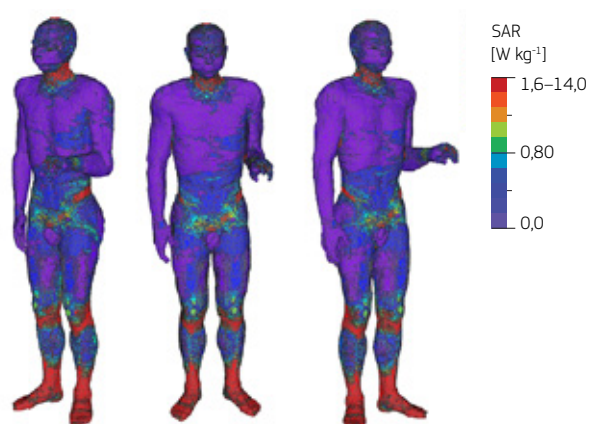


Obliczono wartości SAR dla całego ciała i jego wybranych regionów (tabela 4.4) i wykazano, że GPO na stanowisku chirurga nie zostaną przekroczone. Na rysunku przedstawiono rozkład SAR w modelu ciała ludzkiego (rys. 4.6).

Tabela 4.4 – Najwyższe wartości SAR dla rozpatrywanego stanowiska narażenia i porównanie z GPO

Stanowisko	SAR (Wkg^{-1})	GPO (Wkg^{-1})	% GPO
SAR uśredniona względem całego ciała	0,0338	0,4	8,4
Miejscowa szczytowa wartość SAR względem 10 g zwartej tkanki w głowie i tułowiu	0,780	10	7,8
Miejscowa szczytowa wartość SAR względem 10 g zwartej tkanki w kończynach	1,75	20	8,7

Rysunek 4.6 – Rozkład szybkości pochłaniania właściwego energii (SAR) w modelu ciała ludzkiego w wyniku narażenia na działanie pola o częstotliwości 391 kHz wytwarzanego przez sprzęt do elektrochirurgii



Na podstawie oceny zespół upewnił się, że jest mało prawdopodobne, aby chirurg lub inni pracownicy szpitala zostali narażeni na pola przekraczające GPO. Wzięli jednak pod uwagę fakt, że pacjent może być narażony na oddziaływanie pól przekraczających poziomy odniesienia podane w zaleceniu Rady (1999/519/WE), w szczególności w pobliżu elektrody biernej. Zasadniczo nie uznano tego za problem, ponieważ narażenie stanowiłoby uzasadnioną część zabiegu. Należy jednak wziąć to pod uwagę w przypadku, gdy pacjent posiada aktywny wyrób medyczny do implantacji. Kolejnym zidentyfikowanym potencjalnym zagrożeniem były zakłócenia elektromagnetyczne działania wyrobów medycznych w sali operacyjnej; zespół wiedział, że miało to miejsce w sytuacjach, w których sonda zabiegowa była umieszczona w pobliżu tych wyrobów.

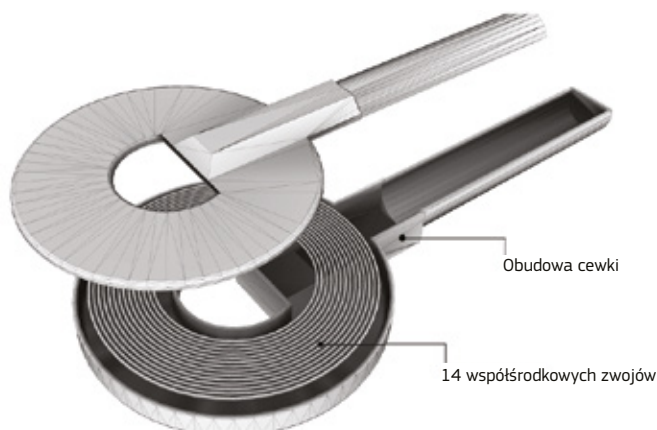
4.6.2 Urządzenie do TMS

Urządzenie do TMS 200 Magstim posiada dwa uchwyty, przy czym jeden zawiera okrągłą cewkę, a drugi dwie okrągłe cewki ułożone w „ósemkę”. Moc wyjściową generatora ustala lekarz jako procentową wartość maksymalnej mocy wyjściowej. Urządzenie można ustawić tak, aby wytwarzało pojedynczy impuls lub serię impulsów.

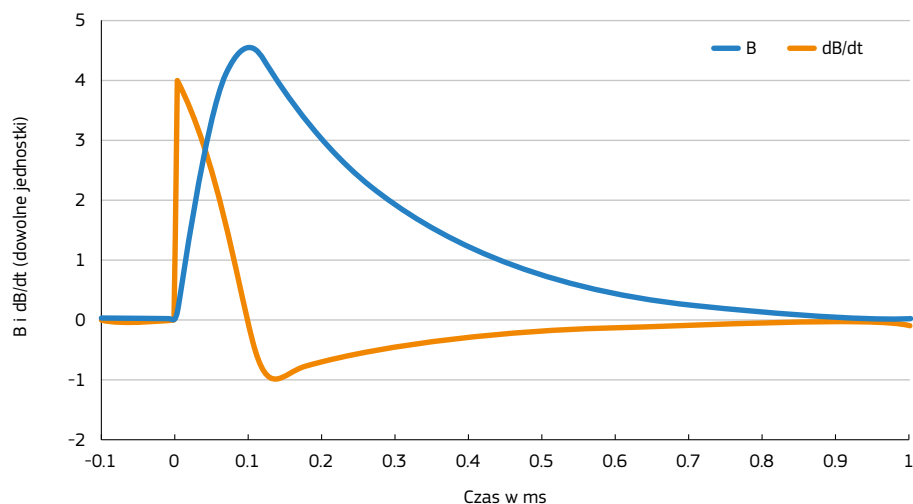
Z pomiarów wstępnych wynika, że okrągła cewka emituje pola magnetyczne o największej sile. Cewka ta (rys. 4.7) znajduje się w obudowie wykonanej z tworzywa sztucznego, a zwoje cewki są zrobione z miedzi, materiału wybranego ze względu na jego niski opór elektryczny i wysokie właściwe przewodnictwo cieplne. Cewka składa się z 14 współśrodkowych zwojów, których średnica wynosi 70–122 mm.

Zespół wykonał pomiary z wykorzystaniem cewki okrągłej przy generatorze ustawionym na 100% swojej mocy wyjściowej oraz w trybie pojedynczego impulsu. Producent przedstawił dane dotyczące charakterystyki impulsu (rys. 4.8).

Rysunek 4.7 – Cewka okrągła do TMS

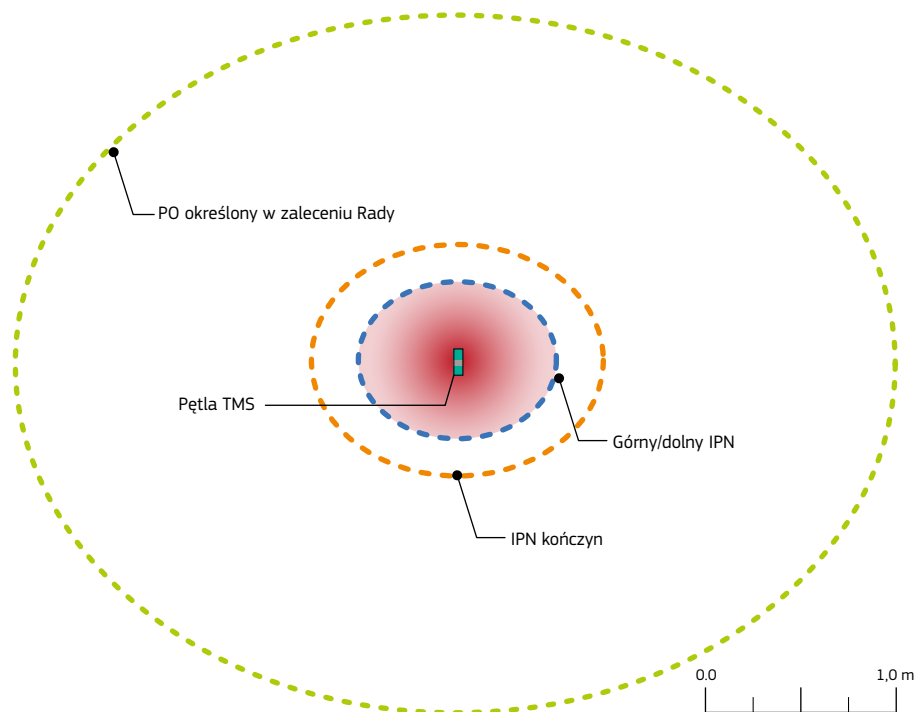


Rysunek 4.8 – Charakterystyka pojedynczego impulsu w oparciu o dane uzyskane od producenta



Zgodnie z oczekiwaniami najsilniejsze pola odnotowano w przedniej i środkowej części cewki; na rys. 4.9 przedstawiono obszary, w których może dojść do przekroczenia interwencyjnych poziomów narażenia (IPN) oraz poziomów odniesienia określonych w zaleceniu Rady (1999/519/WE). W pozycji, w jakiej zwykle osoba obsługująca urządzenie trzyma rękę (trzymanie uchwytu 11 cm poniżej środka cewki), zmierzona indukcja magnetyczna wynosiła 5600% IPN kończyn.

Rysunek 4.9 – Rzut poziomy przedstawiający linie wyznaczające obszary, w których interwencyjny poziom narażenia kończyn (kolor niebieski), górny/dolny interwencyjny poziom narażenia (kolor czerwony) i poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) (kolor zielony) mogły ulec przekroczeniu wokół urządzenia do TMS



Uwaga: Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 10\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) podczas oceny wspomnianych powyżej odległości wyniki zostały porównane bezpośrednio z IPN/PO.

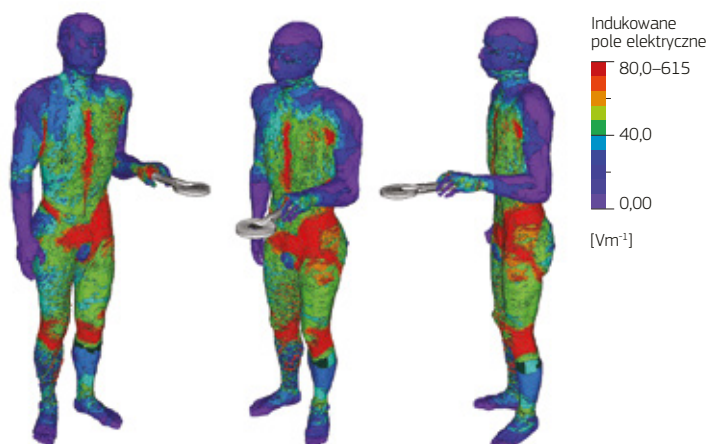
Zespół zdał sobie sprawę, że z dużym prawdopodobieństwem narażenie lekarza może przekraczać wartości IPN. Ponownie stworzył komputerowy model potencjalnego narażenia lekarza pod kątem GPO. Model sporządzono dla dwóch pozycji przyjmowanych przez lekarzy; w przypadku pierwszej z nich cewka była trzymana w odległości 30 cm od ciała, a w przypadku drugiej cewka znajdowała się w odległości 15 cm od tułowia. Modelowanie wykazało, że GPO mogły ulec przekroczeniu aż o 35 700% (tabela 4.5). Na rysunku przedstawiono rozkład indukowanego pola elektrycznego w modelu ciała ludzkiego dla obu pozycji (rys. 4.10 i 4.11).

Tabela 4.5 – Modelowane komputerowo wartości indukowanego pola elektrycznego i porównanie z GPO

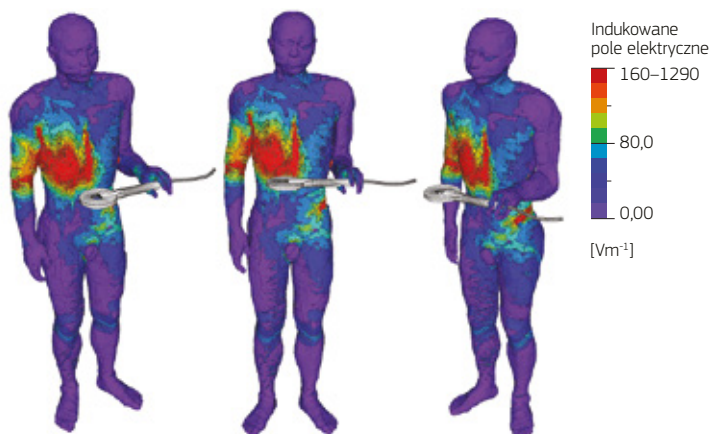
Stanowisko	Indukowane pole elektryczne (Vm^{-1})	% górnego GPO ¹
Cewka trzymana w odległości 30 cm od ciała	265 (kość)	24 100%
Cewka trzymana w odległości 15 cm od tułowia	393 (kość)	35 700%

¹ Górny GPO dla natężenia wewnętrznego pola elektrycznego przy częstotliwościach 1 Hz – 3 kHz: $1,1 Vm^{-1}$ (wartość szczytowa)

Rysunek 4.10 – Rozkład indukowanego pola elektrycznego w modelu ciała ludzkiego opracowanym na podstawie narażenia na działanie cewki do TMS, gdy lekarz stoi z cewką umieszczoną w odległości 30 cm od ciała



Rysunek 4.11 – Rozkład indukowanego pola elektrycznego w modelu ciała ludzkiego opracowanym na podstawie narażenia na działanie cewki do TMS, gdy lekarz stoi z cewką umieszczoną w odległości 15 cm od ciała



Zespół stwierdził, że gdyby lekarz trzymał sondę we właściwym położeniu, górne graniczne poziomy oddziaływania zostałyby prawie na pewno przekroczone. Potencjalne zagrożenie mogłyby stanowić zakłócenia działania aktywnego wyrobu medycznego do implantacji. Zakłócenia działania innych urządzeń szpitalnych uznano jednak za mniejszy problem niż w przypadku zestawu elektrochirurgicznego, ponieważ taki zestaw nie jest zwykle stosowany w miejscach, w których znajdują się wrażliwe wyroby medyczne.

4.6.3 Diatermia krótkofalowa

Chociaż zespół nie przeprowadził oceny urządzeń do diatermii krótkofalowej znajdujących się na wyposażeniu szpitala, to zdawał sobie sprawę, że sprzęt ten mógłby potencjalnie powodować duże narażenie fizjoterapeuty i ewentualnie innych pracowników. Z ocen przeprowadzonych w odniesieniu do podobnych urządzeń w innych zakładach wynika, że IPN mogły ulec przekroczeniu w odległości około 2 m od urządzeń do kondensatorowej diatermii krótkofalowej i w odległości 1 m od urządzeń do indukcyjnej diatermii krótkofalowej. Zespół zdecydował, że konieczne byłoby przeprowadzenie dalszej oceny własnych urządzeń, gdyby ponownie zaczęto je używać. Celem tego działania było stworzenie możliwości udzielenia fizjoterapeutom porady w zakresie zasad bezpieczeństwa pracy (np. odległości, w jakich praca jest bezpieczna) i określenie, czy określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) poziomy odniesienia mogą ulec przekroczeniu w miejscach, do których mogli wchodzić pracownicy szczególnie zagrożeni.

4.7 Analiza ryzyka

W szpitalu przeprowadzono analizę ryzyka w odniesieniu do urządzeń do elektrochirurgii (tabela 4.6) i urządzenia do TMS (tabela 4.7) w oparciu o pomiary wykonane przez zespół fizyki medycznej zgodnie z metodyką proponowaną w ramach OiRA (interaktywnego narzędzia on-line do oceny ryzyka opracowanego przez Europejską Agencję Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy). Na podstawie ocen zagrożenia stwierdzono, że:

4.7.1 Urządzenie do elektrochirurgii

- mało prawdopodobne jest, aby korzystanie z tego sprzętu doprowadziło do przekroczenia GPO przez chirurga lub innych pracowników szpitala;
- istnieje możliwość zakłóceń elektromagnetycznych działania aktywnych wyrobów medycznych do implantacji i innych wyrobów medycznych znajdujących się w pomieszczeniu.

4.7.2 Urządzenie do TMS

- prawdopodobne jest, że korzystanie z tego sprzętu doprowadziło do znacznego przekroczenia GPO przez chirurga i ewentualnie przez innych pracowników szpitala;
- istnieje możliwość elektromagnetycznych zakłóceń działania aktywnych wyrobów medycznych do implantacji;
- istnieje niewielka możliwość wystąpienia zakłóceń elektromagnetycznych działania wrażliwych wyrobów medycznych, ponieważ sprzęt nie jest wykorzystywany w pobliżu tych urządzeń.

Na podstawie analizy ryzyka szpital opracował plan działania, który udokumentował.

Tabela 4.6 – Analiza ryzyka w związku z polem elektromagnetycznym w przypadku urządzenia do elektrochirurgii

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień dotkliwości			Prawdopodobieństwo	Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach			
Skutki bezpośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego	Za pomocą modelowania wykazano, że pracownicy nie przekroczą GPO	Chirurg i inni członkowie zespołu chirurgicznego	✓			✓	Niski	Niewymagane
Skutki pośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego (wpływ na działanie aktywnych wyrobów medycznych do implantacji i innych wrażliwych wyrobów medycznych)	Brak	Chirurg i inni członkowie zespołu chirurgicznego Pacjent		✓		✓	Niski	<p>Udzielenie pracownikom porady w zakresie ewentualnych zakłóceń pracy wrażliwych wyrobów medycznych</p> <p>Pracownicy otrzymali zalecenie zgłaszania wszelkich przypadków zakłóceń działania wyrobów medycznych zespołowi fizyki medycznej</p> <p>Zespół fizyki medycznej rozważy zalecenie chirurgom minimalnych bezpiecznych odległości sondy zabiegowej oraz przewodów podłączonych od aktywnych wyrobów medycznych do implantacji i innych wrażliwych wyrobów medycznych</p>

Tabela 4.7 – Analiza ryzyka w związku z polem elektromagnetycznym w przypadku urządzenia do przeczaszkowej stymulacji magnetycznej (TMS)

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień dotkliwości			Prawdopodobieństwo	Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach			
Skutki bezpośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego: Lekarz korzystający z urządzenia może przekroczyć górne graniczne poziomy oddziaływania Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogły zostać przekroczone w odległości nie większej niż 235 cm od sondy	Brak	Lekarz Pracownicy szczególnie zagrożeni (pracownicy w ciąży)	✓			✓	Umiarkowany	Zakazanie pracownikom w ciąży korzystania z urządzenia lub przebywania w pomieszczeniu w czasie pracy urządzenia Umieszczenie ostrzeżeń na urządzeniach W stosownych przypadkach umieszczenie sondy na stojaku
Skutki pośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego (wpływ na działanie aktywnych wyrobów medycznych do implantacji): Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogły zostać przekroczone w odległości nie większej niż 235 cm od elektrod	Brak	Pracownicy szczególnie zagrożeni	✓			✓	Umiarkowany	Przekazanie pracownikom informacji na temat tego zagrożenia Zakazanie pracownikom posiadającym aktywne wyroby medyczne do implantacji korzystania z urządzenia lub pozostawania w pomieszczeniu podczas pracy urządzenia Pacjenci posiadający aktywne wyroby medyczne do implantacji nie mogą być leczeni przy pomocy tego urządzenia Umieszczenie na urządzeniach ostrzeżeń i zakazów

4.8 Wdrożone środki ostrożności

Przed dokonaniem oceny pomiaru nie wdrożono żadnych szczególnych środków ostrożności mających na celu ograniczenie ryzyka związanego z działaniem pola elektromagnetycznego.

4.9 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny

W wyniku oceny pomiaru i po przeprowadzeniu oceny zagrożeń związanych z użytkowaniem urządzeń szpital opracował plan działania i zdecydował o przyjęciu następujących środków ostrożności.

4.9.1 Urządzenie do elektrochirurgii

W odniesieniu do urządzenia do elektrochirurgii:

- poinformowanie pracowników o ewentualnych zakłóceniach działania wrażliwych wyrobów medycznych;
- zwrócenie się z prośbą do pracowników, aby zgłaszali zespołowi fizyki medycznej wszelkie przypadki zakłóceń działania wyrobów medycznych;
- zespół fizyki medycznej rozważy udzielenie lekarzom porady w zakresie minimalnych bezpiecznych odległości sondy zabiegowej oraz przewodów podłączonych od aktywnych wyrobów medycznych do implantacji i innych wrażliwych wyrobów medycznych.

4.9.2 Urządzenie do TMS

W odniesieniu do urządzenia do TMS:

- zakazanie pracownikom w ciąży i pracownikom posiadającym aktywne wyroby medyczne do implantacji obsługiwanie urządzeń lub przebywanie w pomieszczeniu w okresie leczenia;
- niestosowanie do leczenia pacjentów posiadających aktywne wyroby medyczne do implantacji;
- umieszczenie znaków ostrzegających o występowaniu silnych pól magnetycznych oraz znaków zakazu dotyczących osób korzystających z aktywnego wyrobu medycznego do implantacji (rys. 4.1.2);
- w miarę możliwości umieszczenie sondy w precyzyjnym manipulatorze, aby podczas zabiegu lekarz mógł zachować większą odległość od sondy;
- w razie potrzeby zespół fizyki medycznej rozważy zaprojektowanie zdalnego urządzenia manipulacyjnego umożliwiającego lekarzowi zachowanie większej odległości od sondy podczas zabiegu.

Rysunek 4.12 – Przykładowe ostrzeżenia dotyczące występowania silnych pól magnetycznych i przedstawienie symbolu zakazu dla osób korzystających z aktywnego wyrobu medycznego do implantacji



**Uwaga
To urządzenie
generuje silne
pole magnetyczne**



**Zakaz wstępu dla osób
noszących aktywny wyrób
medyczny do implantacji**

4.9.3 Diatermia krótkofalowa

W odniesieniu do diatermii krótkofalowej:

- zespół fizyki medycznej zaleci fizjoterapeutom w szpitalu przekazywanie mu informacji przed przeprowadzeniem zabiegów diatermii krótkofalowej, aby w razie potrzeby można było przeprowadzić analizę ryzyka związanego z oddziaływaniem pola elektromagnetycznego i wdrożyć odpowiednie środki kontrolne.

5. ZAKŁAD MECHANICZNY

5.1 Stanowisko pracy

Zakład mechaniczny chciał ocenić w jakim stopniu wdrożenie dyrektywy o polach elektromagnetycznych wpłynie na jego funkcjonowanie. Przedsiębiorstwo posiada różne sprzęty elektryczne w zakładzie mechanicznym, w tym:

- urządzenie do proszkowej defektoskopii magnetycznej;
- demagnetyzator;
- szlifierka do płaszczyzn;
- gilotyna do blachy cienkiej;
- piła taśmowa;
- piła ramowa;
- piła z opuszczaną tarczą;
- frezarka (silnik);
- wiertarka kolumnowa;
- element grzejny paskowy;
- tokarki;
- wiertarka ręczna;
- ściernica.

5.2 Charakter pracy

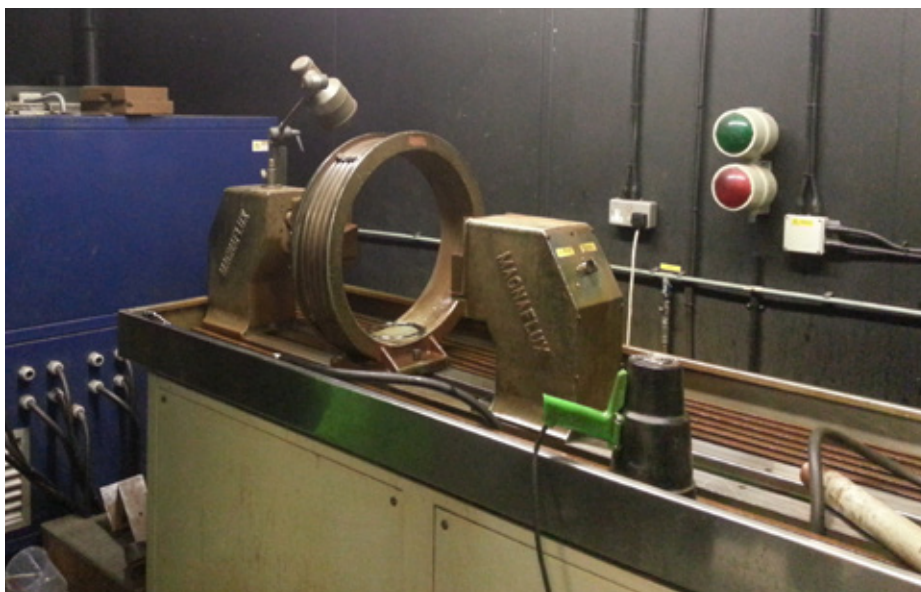
Przedsiębiorstwo zdawało sobie sprawę, że niektóre urządzenia, takie jak urządzenie do proszkowej defektoskopii magnetycznej wykorzystywane do prób nieniszczących oraz demagnetyzator wykorzystywany do rozmagnesowywania części, stanowią źródło pól elektromagnetycznych. Jednak chciało się również dowiedzieć, czy inne wykorzystywane narzędzia mogłyby emitować znaczne poziomy pól elektromagnetycznych.

5.3 Sposoby korzystania z urządzeń

5.3.1 Proszkowa defektoskopia magnetyczna

Proszkową defektoskopię magnetyczną (MPI) (rys. 5.1) stosuje się do nieniszczących badań części metalowych. Podczas badania cząsteczkami magnetycznymi do ferromagnetycznego obrabianego przedmiotu doprowadza się prąd w celu jego namagnesowania i wady powierzchniowe zakłócają pole magnetyczne wytwarzane przez prąd. Ferromagnetyczna farba nakładana na powierzchnię obrabianego przedmiotu, oglądana w odpowiednim oświetleniu, umożliwia wykrycie uszkodzeń. Pracownik kontrolujący obrabiany przedmiot pracuje zwykle w pobliżu urządzenia.

Rysunek 5.1 – Urządzenie do proszkowej defektoskopii magnetycznej



5.3.2 Demagnetyzator

Przedsiębiorstwo korzysta z demagnetyzatora (rys. 5.2), który wykorzystuje się do demagnetyzacji komponentów metalowych po zakończeniu procesu badania cząsteczkami magnetycznymi. Części są ręcznie umieszczane na wózku na szynach przechodzących przez otwór cewki demagnetyzatora. Operator przepycha ręcznie wózek z umieszczoną na nim częścią przez demagnetyzator. Następnie część jest zdejmowana z wózka po drugiej stronie demagnetyzatora.

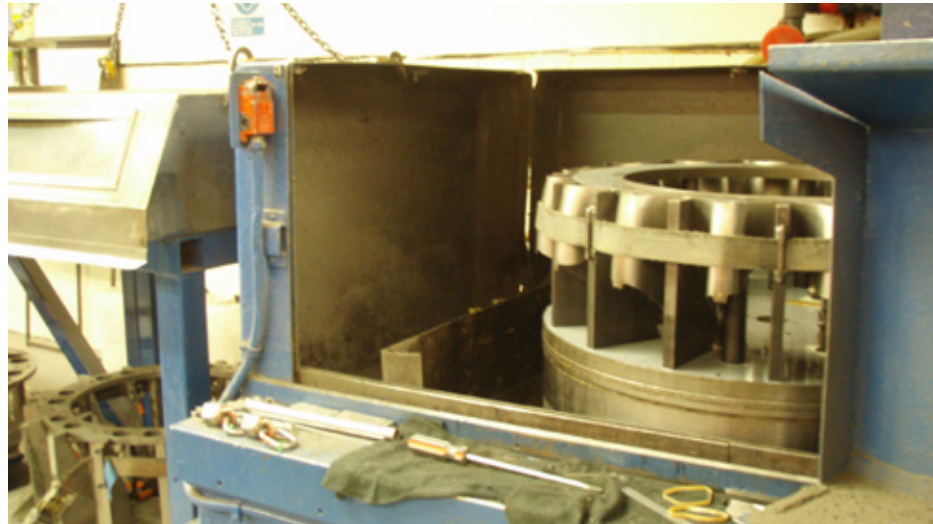
Rysunek 5.2 – Demagnetyzator wyposażony w wózek przesuwny



5.3.3 Szlifierka do płaszczyzn

Szlifierka do płaszczyzn (rys. 5.3) składa się ze stołu obrotowego z uchwytem magnetycznym wytwarzającym pole statyczne, w którym umieszcza się komponenty przeznaczone do szlifowania. Operator może uruchomić uchwyt magnetyczny przy otwartych panelach osłony szlifierki.

Rysunek 5.3 – Szlifierka do płaszczyzn



5.3.4 Inne narzędzia wykorzystywane w warsztacie

Inne wymienione poniżej narzędzia wykorzystywane w przedsiębiorstwie są regularnie używane przez różnych pracowników:

- gilotyna do blachy cienkiej;
- piła taśmowa;
- piła ramowa;
- piła z opuszczaną tarczą;
- frezarka (silnik);
- wiertarka kolumnowa;
- element grzejny paskowy;
- tokarki;
- wiertarka ręczna;
- ściernica.

5.4 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne

Przedsiębiorstwo wiedziało o możliwości występowania zagrożeń związanych z oddziaływaniem pola elektromagnetycznego wytwarzanego przez sprzęt do badania cząsteczkami magnetycznymi i demagnetyzator, ponieważ w informacji przekazanej przez producentów znajduje się ostrzeżenie dotyczące wpływu sprzętu na działanie stymulatorów serca. Nie podano jednak żadnych dalszych informacji dotyczących tego zagrożenia. Przedsiębiorstwo nie było w stanie uzyskać żadnych dalszych informacji dotyczących bezpieczeństwa pod względem oddziaływania pól elektromagnetycznych w odniesieniu do innych narzędzi znajdujących się na miejscu, w związku z czym przedsiębiorstwo zapoznało się z wykazem sprzętu znajdującym się w tabeli 3.2 w rozdziale 3 tomu 1 poradnika. Na tej podstawie przedsiębiorstwo mogło stwierdzić, że większość elektrycznych narzędzi ręcznych i mniejszych sprzętów elektrycznych raczej nie stanowiła problemu pod względem narażenia na oddziaływanie pola elektromagnetycznego.

5.5 Podejście do oceny narażenia

Z powodu braku informacji dotyczących zagrożenia związanego z działaniem pola elektromagnetycznego wytwarzanego przez urządzenie do badania cząsteczkami magnetycznymi i demagnetyzator przedsiębiorstwo zdecydowało się powołać eksperta-konsultanta, aby przeprowadził szczegółową ocenę. Przedsiębiorstwo bardzo chciało poznać zasięg zagrożeń związanych z działaniem tych urządzeń oraz ustalić, czy istnieją zagrożenia powiązane z tymi urządzeniami.

Konsultant dokonał pomiarów zmiennej w czasie indukcji magnetycznej wokół urządzenia za pomocą przyrządu z wbudowanym filtrem elektronicznym, który podaje procentowy wynik uzyskany przy zastosowaniu podejścia opartego na ważonej wartości szczytowej w dziedzinie czasu, co umożliwia bezpośrednie porównanie z interwencyjnymi poziomami narażenia (IPN). W przypadku pól magnetostatycznych konsultant zastosował trójosiowy magnetometr Halla służący do pomiaru natężenia pola magnetycznego.

5.6 Wyniki oceny narażenia

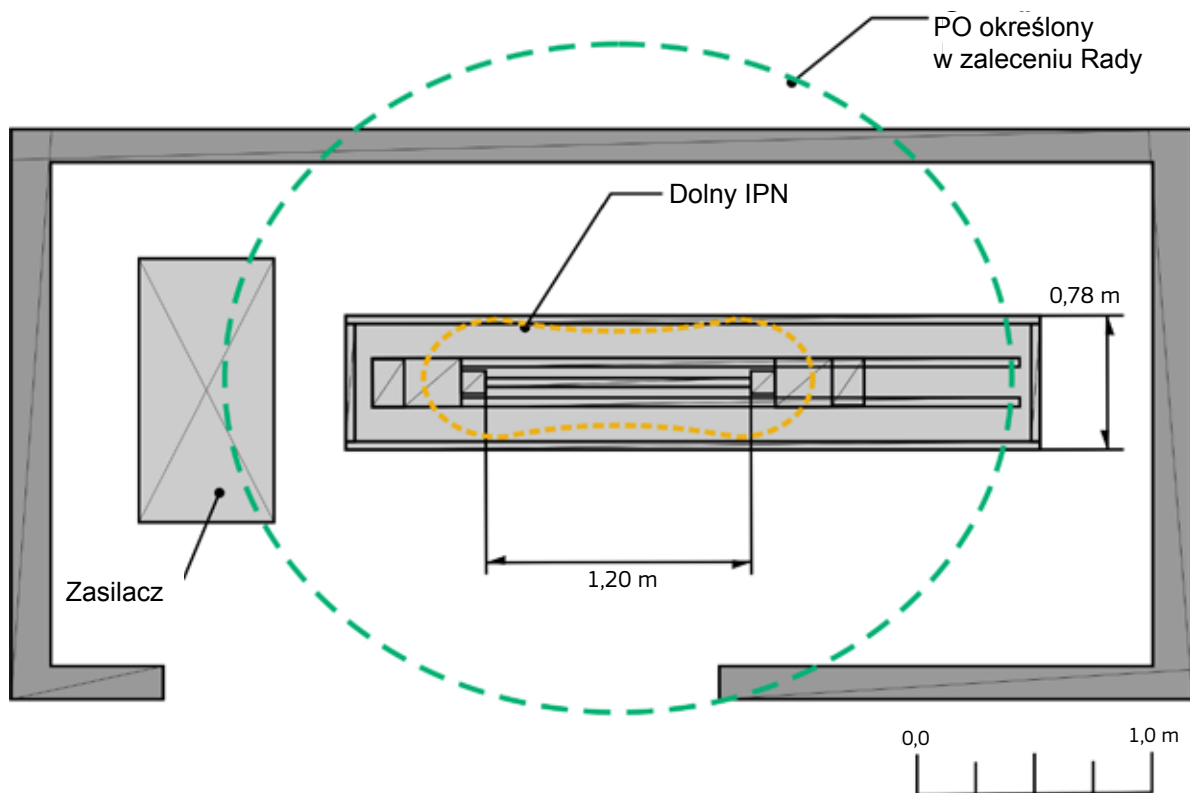
5.6.1 Proszkowa defektoskopia magnetyczna

Urządzenie do badania cząsteczkami magnetycznymi działa zwykle w zakresie 1–4 kA. Pomiary indukcji magnetycznej przeprowadzono przy urządzeniu pracującym z maksymalnym obciążeniem 10 kA. Sprzęt ustawiono w trybie magnetyzacji radialnej, w którym prąd doprowadzono bezpośrednio do obrabianego przedmiotu. Podczas kontroli zaobserwowano, że operator przebywał w odległości 60 cm od obrabianego przedmiotu, w związku z czym wykonano pomiary w tej odległości. W tej odległości dolny interwencyjny poziom narażenia nie został przekroczony.

Wykonano również pomiary w różnych innych miejscach wokół urządzenia i porównano wyniki z wartościami IPN i poziomami odniesienia określonymi w zaleceniu Rady (1999/519/WE). Poziomy te można wykorzystać jako ogólny wskaźnik narażenia szczególnie zagrożonych pracowników (zob. dodatek E do tomu 1 poradnika).

Na rysunku przedstawiono obszary, w których IPN i poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogą zostać przekroczone (rys. 5.4). Obrys zasięgu dolnego IPN mieści się w całości w obrębie łoża maszyny, natomiast obrys zasięgu poziomów odniesienia określonych w zaleceniu Rady (1999/519/WE) rozciąga się na odległość około 1,5 m od obrabianego przedmiotu i sięga do 0,4 m w obszarze przyległym do kabiny, w której przeprowadzane jest badanie cząsteczkami magnetycznymi.

Rysunek 5.4 – Rzut poziomy przedstawiający linie wyznaczające obszary, w których przekroczony mógł zostać dolny interwencyjny poziom narażenia (kolor żółty) i poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) (kolor zielony)



5.6.2 Demagnetyzator

Wykonawca wykonał pomiary pól magnetycznych w pobliżu demagnetyzatora, które przedstawiono w tabeli 5.1. Stwierdzono, że indukcja magnetyczna spadła poniżej dolnego IPN w odległości 40 cm od środka otworu magnesu i w niewielkim stopniu przekroczyła górny IPN na płaskiej powierzchni magnesu. Poziomy odniesienia podane w zaleceniu Rady (1999/519/WE) zostały przekroczone w odległości 1 m od otworu magnesu.

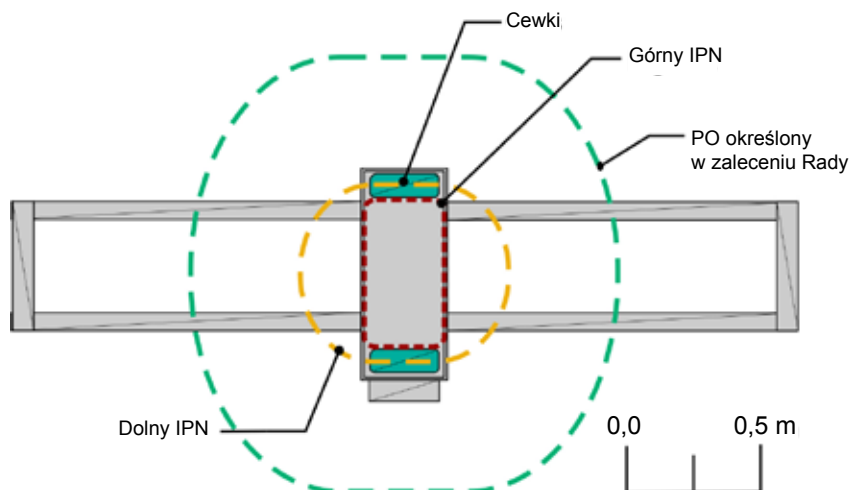
Na rys. 5.5 pokazano obszary, w których IPN i poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogą zostać przekroczone.

Tabela 5.1 – Wartości indukcji magnetycznej mierzonej w pobliżu demagnetyzatora wyrażone jako procentowa część interwencyjnych poziomów narażenia określonych w dyrektywie o polach elektromagnetycznych

Położenie, w którym wykonano pomiar	Mierzona wielkość		Narażenie w kontekście dyrektywy o polach elektromagnetycznych				
	Częstotliwość (w Hz)	Indukcja magnetyczna (μT)	Narażenie (%)	Górny interwencyjny poziom narażenia (μT)	Narażenie (%)	Interwencyjny poziom narażenia (μT)	Narażenie (%)
Strona szyn wózka, po której znajduje się operator:							
• w pobliżu prawej strony pulpitu sterowniczego	50	590	59%	6000	10%	18000	3,3%
• krawędź szyny wzdłuż magnesu	50	1400	140%	6000	23%	18000	7,8%
• 40 cm od środka otworu magnesu	50	600	60%	6000	10%	18000	3,3%
1 m od środka otworu magnesu (do bocznej części urządzenia demagnetyzującego):							
• otwarty koniec	50	70	7,0%	6000	1,2%	18000	0,4%
• zamknięty koniec	50	70	7,0%	6000	1,2%	18000	0,4%
Druga strona szyn wózka (przeciwnie do pulpitu sterowniczego):							
• 25 cm od środkowego punktu otworu magnesu	50	3200	320%	6000	53%	18000	18%
• 40 cm od środkowego punktu otworu magnesu	50	600	60%	6000	10%	18000	3,3%
• 30 cm od obudowy magnesu (strona, po której znajduje się wyłącznik)	50	250	25%	6000	4,2%	18000	1,4%
Nad szynami wózka w osi otworu magnesu:							
• w jednej płaszczyźnie z płaską czołową powierzchnią magnesu (otwarty koniec)	50	6700	670%	6000	110%	18000	37%
• w jednej płaszczyźnie z płaską czołową powierzchnią magnesu (zamknięty koniec)	50	6700	600%	6000	100%	18000	33%

Uwaga: Pomiar wykonano za pomocą przyrządu pracującego w trybie natężenia pola, co wskazywało na to, że w odniesieniu do kształtu fali zawsze przeważała częstotliwość podstawowa 50 Hz. Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 10\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały porównane bezpośrednio z IPN.

Rysunek 5.5 – Rzut poziomy przedstawiający linie wyznaczające obszary, w których w okolicy demagnetyzatora przekroczone mógł zostać górny interwencyjny poziom narażenia (kolor czerwony), dolny interwencyjny poziom narażenia (kolor żółty) i poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) (kolor zielony)



5.6.3 Szlifierka do płaszczyzn

Pomiary wykonano w pobliżu szlifierki, w skład której wchodzi uchwyt magnetyczny służący do ustalenia położenia obrabianego przedmiotu.

Z wykonanych w pobliżu sprzętu pomiarów wynika, że graniczne poziomy oddziaływania (GPO) dotyczące narażenia na działanie pól magnetostatycznych nie zostaną przekroczone w żadnym punkcie. IPN w odniesieniu do zakłócenia działania aktywnych wyrobów medycznych do implantacji może jednak zostać przekroczony w małej odległości od uchwytu magnetycznego (tabela 5.2).

Tabela 5.2 – Odległość, w której indukcja magnetyczna spada do interwencyjnego poziomu narażenia na zakłócenie działania aktywnych wyrobów medycznych do implantacji (0,5 mT)

Urządzenie	Odległość od bocznej krawędzi stołu	Odległość od górnej krawędzi stołu
Szlifierka Lumsden	15 cm	15 cm

Uwaga: Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 5\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) podczas oceny wspomnianych powyżej odległości wyniki zostały porównane bezpośrednio z IPN.

5.6.4 Inne narzędzia wykorzystywane w warsztacie

Pomiary indukcji magnetycznej przeprowadzono w pobliżu innych elektronarzędzi znajdujących się w warsztacie i nie stwierdzono przekroczenia IPN w ich pobliżu.

Jeżeli chodzi o narzędzia wymienione w tabeli 5.3, indukcja magnetyczna w żadnym miejscu nie przekroczyła IPN ani poziomów odniesienia określonych w zaleceniu Rady (1999/519/WE). Jeżeli chodzi o narzędzia wymienione w tabeli 5.4, w niektórych miejscach w pobliżu sprzętu indukcja magnetyczna przekroczyła poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE).

Tabela 5.3 – Narzędzia, które nie stanowią zagrożenia związanego z działaniem pola elektromagnetycznego

Urządzenie	Procentowa część poziomów odniesienia określonych w zaleceniu Rady (1999/519/WE)
Gilotyna do blachy cienkiej	33%
Piła taśmowa	< 1%
Piła ramowa	< 1%
Frezarka	50%
Wiertarka kolumnowa	20%
Paskowy element grzejny	20%
Ściernica	20%
Tokarki	< 2%

Tabela 5.4 – Narzędzia, w pobliżu których indukcja magnetyczna przekroczyła poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE)

Urządzenie	Uwagi
Piła tarczowa kątowna	280% na powierzchni sprzętu 100% w odległości 15 cm od silnika 20% w miejscu, w którym znajduje się operator
Szlifierka/polerka	350% na powierzchni sprzętu 100% w odległości 10 cm od sprzętu
Wiertarka ręczna	700% na powierzchni sprzętu 300% przy typowym ustawieniu ciała (7 cm od tylnej części wiertła) 100% w odległości 15 cm od wiertarki

5.7 Analiza ryzyka

Przedsiębiorstwo przeprowadziło analizę ryzyka w związku z polem elektromagnetycznym w odniesieniu do urządzeń na podstawie oceny pomiarów wykonanych przez konsultanta (tabele 5.5–5.9). Oceny te były spójne z metodyką proponowaną w ramach OiRA (interaktywnego narzędzia on-line do oceny ryzyka opracowanego przez Europejską Agencję Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy). Na podstawie analizy ryzyka stwierdzono, że:

- urządzenie do badania cząsteczkami magnetycznymi – IPN nie zostałyby przekroczone w miejscu, w którym zwykle znajduje się operator. Przebywający w odległości ok. 1,5 m od obrabianego przedmiotu pracownicy szczególnie zagrożeni mogą być narażeni na zagrożenie;
- demagnetyzator – pracownicy mogliby przekroczyć dolny IPN stając w bliskiej odległości od magnesu. Pracownicy szczególnie zagrożeni mogą być narażeni na zagrożenie w odległości ok. 1 m od magnesu;
- szlifierka do płaszczyzn – pracownicy szczególnie zagrożeni mogą być narażeni na zagrożenie przebywając w odległości ok. 15 cm od uchwytu magnetycznego. Za mało prawdopodobne uznano jednak, by pracownik stanął w tak bliskiej odległości od magnesu;
- wiertarka ręczna – pracownicy szczególnie zagrożeni mogą być narażeni na zagrożenie podczas obsługi tego narzędzia;
- inne narzędzia – w pobliżu niektórych narzędzi zmierzone pola przekraczały poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE). Pola miały jednak charakter punktowy, w związku z czym zagrożenie dla pracowników szczególnie zagrożonych uznano za niskie.

Na podstawie analizy ryzyka przedsiębiorstwo opracowało i udokumentowało plan działania.

Tabela 5.5 – Analiza ryzyka w związku z polem elektromagnetycznym w przypadku urządzenia do proszkowej defektoskopii magnetycznej

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień dotkliwości			Prawdopodobieństwo	Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach			
Skutki bezpośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego: Dolny interwencyjny poziom narażenia może zostać przekroczony w obrębie łoża maszyny Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogły zostać przekroczone w odległości nie większej niż 1,5 m od obrabianego przedmiotu	Zazwyczaj operator znajduje się w odległości 60 cm od obrabianego przedmiotu, co oznacza, że w tej pozycji nie powinien zostać przekroczony dolny interwencyjny poziom narażenia Urządzenie jest w czasie pracy zamknięte w kabinie	Operatorzy Pozostali pracownicy Pracownicy szczególnie zagrożeni (pracownicy w ciąży)	✓			✓	Niski	Informowanie i szkolenie operatorów i pozostałych pracowników Umieszczenie ostrzeżeń na urządzeniach Zakazanie pracownikom w ciąży korzystania z urządzenia lub wchodzenia do kabiny w czasie pracy urządzenia Umieszczenie odpowiednich ostrzeżeń i zakazów przy wejściu do kabiny
Pośrednie skutki oddziaływania pola elektromagnetycznego (wpływ na aktywne wyroby medyczne do implantacji): Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogły zostać przekroczone w odległości nie większej niż 1,5 m od obrabianego przedmiotu	Pracownikom posiadającym aktywne wyroby medyczne do implantacji zabrania się korzystania z tego urządzenia	Pracownicy szczególnie zagrożeni	✓			✓	Niski	Przekazanie wszystkim pracownikom informacji na temat tego zagrożenia Umieszczenie ostrzeżeń w informacjach dotyczących bezpieczeństwa na miejscu Umieszczenie odpowiednich ostrzeżeń i zakazów przy wejściu do kabiny

Tabela 5.6 – Analiza ryzyka w związku z polem elektromagnetycznym w przypadku demagnetyzatora

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień dotkliwości			Prawdopodobieństwo	Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach			
Skutki bezpośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego: Dolny interwencyjny poziom narażenia mógł zostać przekroczony w odległości nie większej niż 40 cm od magnesu Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogły zostać przekroczone w odległości nie większej niż 1 m od magnesu	Brak	Operatorzy Pracownicy szczególnie zagrożeni (pracownice w ciąży)	✓			✓	Niski	O ile nie spowoduje to problemów w użytkowaniu sprzętu, zainstalowanie osłon mających uniemożliwić pracownikom przekroczenie dolnego interwencyjnego poziomu narażenia i zautomatyzowanie niektórych bardziej powtarzalnych czynności związanych z demagnetyzacją Informowanie i szkolenie operatorów i pozostałych pracowników Rozmieszczenie ostrzeżeń Wydzielenie strefy, w której przekroczone zostały poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) Zakazanie pracownikom w ciąży wchodzenia do wyznaczonej strefy Umieszczenie odpowiednich zakazów przy wejściu do wydzielonej strefy
Skutki pośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego (wpływ na aktywne wyroby medyczne do implantacji): Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogły zostać przekroczone w odległości nie większej niż 1 m od magnesu	Pracownikom posiadającym aktywne wyroby medyczne do implantacji zabrania się korzystania z tego urządzenia	Pracownicy szczególnie zagrożeni	✓			✓	Niski	Przekazanie wszystkim pracownikom informacji na temat tego zagrożenia Umieszczenie ostrzeżeń w informacjach dotyczących bezpieczeństwa na miejscu Umieszczenie odpowiednich zakazów przy wejściu do wydzielonej strefy

Tabela 5.7 – Analiza ryzyka w związku z polem elektromagnetycznym w przypadku szlifierki

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień dotkliwości			Prawdopodobieństwo			Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach	Małe	Średnie	Duże		
Skutki bezpośrednie oddziaływania pola magnetostaticznego	Brak. GPO nie zostały przekroczone w żadnej pozycji	Operatorzy	✓				✓		Niski	Niewymagane
Skutki pośrednie oddziaływania pola magnetycznego (wpływ na działanie aktywnych wyrobów medycznych do implantacji): Interwencyjny poziom narażenia na zakłócenie działania aktywnych wyrobów medycznych do implantacji może zostać przekroczone w odległości nie większej niż 15 cm od uchwytów magnetycznych	Brak	Pracownicy szczególnie zagrożeni		✓			✓		Niski. Mało prawdopodobne jest, aby pracownik stanął w tak bliskiej odległości od uchwytów magnetycznych	Przekazanie operatorom sprzętu informacji na temat tego zagrożenia Zakazanie osobom posiadającym aktywne wyroby medyczne do implantacji obsługi maszyny, gdy panele osłony są otwarte Umieszczenie na sprzęcie odpowiednich ostrzeżeń i zakazów

Tabela 5.8 – Analiza ryzyka w związku z polem elektromagnetycznym w przypadku wiertarki ręcznej

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień dotkliwości			Prawdopodobieństwo			Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach	Małe	Średnie	Duże		
Skutki bezpośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego: Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogły zostać przekroczone w odległości nie większej niż 15 cm od tylnej części wiertarki	Brak	Operatorzy Pracownicy szczególnie zagrożeni (pracownicy w ciąży)	✓				✓		Niski	Zakazanie pracownikom w ciąży korzystania z wiertarki ręcznej Przekazanie pracownikom informacji na temat tego zagrożenia
Skutki pośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego (wpływ na aktywne wyroby medyczne do implantacji): Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogły zostać przekroczone w odległości nie większej niż 15 cm od tylnej części wiertarki	Brak	Pracownicy szczególnie zagrożeni		✓			✓		Niski	Zabronienie osobom posiadającym aktywne wyroby medyczne do implantacji korzystania z urządzenia Przekazanie pracownikom informacji na temat tego zagrożenia

Tabela 5.9 – Analiza ryzyka w związku z polem elektromagnetycznym w przypadku elektronarzędzi

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień dotkliwości			Prawdopodobieństwo			Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach	Małe	Średnie	Duże		
Skutki bezpośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego:	Brak	Operatorzy Pracownicy szczególnie zagrożeni (pracownicy w ciąży)	✓			✓			Niskie. Bardzo mało prawdopodobne jest, aby pracownik stanął w tak bliskiej odległości od urządzenia	Niewymagane
Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogły zostać przekroczone w niektórych punktach w małej odległości od magnesu										
Skutki pośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego (wpływ na aktywne wyroby medyczne do implantacji):	Brak	Pracownicy szczególnie zagrożeni		✓		✓			Niskie. Bardzo mało prawdopodobne jest, aby pracownik stanął w tak bliskiej odległości od urządzenia	Niewymagane
Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogły zostać przekroczone w niektórych punktach w małej odległości od magnesu										

5.8 Wdrożone środki ostrożności

Przed przeprowadzeniem przez konsultanta oceny pomiaru wdrożone były tylko nieliczne środki ostrożności. Środki te ograniczały się do:

- zakazu korzystania przez pracowników posiadających aktywne wyroby medyczne do implantacji z urządzenia do badania cząsteczkami magnetycznymi lub demagnetyzatora.

5.9 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny

W wyniku oceny pomiaru i po przeprowadzeniu oceny zagrożeń związanych z wykorzystywaniem sprzętu przedsiębiorstwo opracowało plan działania i podjęło następujące decyzje:

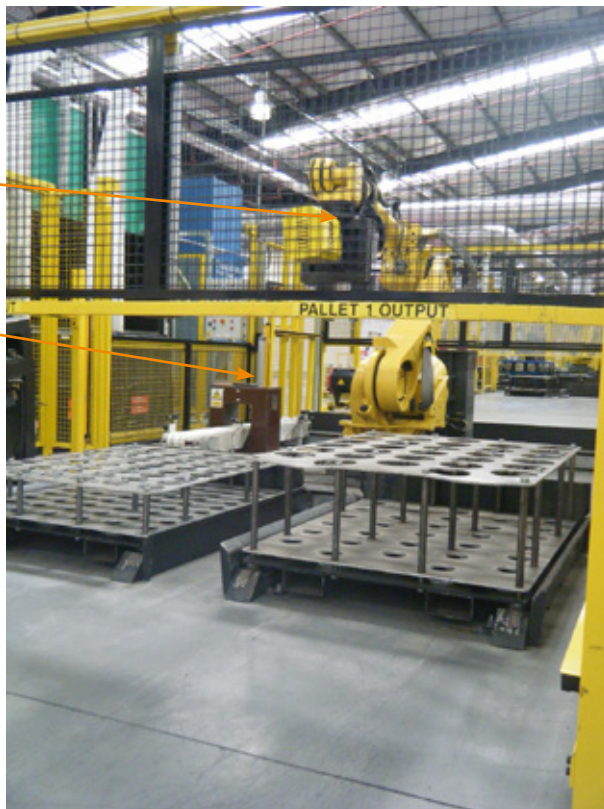
- umieszczenie czterech stosunkowo niewielkich, wykonanych z niemetalu (Perspex) ekranów na demagnetyzatorze z każdej strony otworu magnesu. Ekrany te miały być pochylone w stronę urządzenia, aby nie stanowiły dużej przeszkody, lecz we wszystkich punktach znajdowałyby się w odległości około 40 cm od otworu magnesu;

- zautomatyzowanie niektórych powtarzających się czynności związanych z demagnetyzacją z wykorzystaniem etapów transportu za pomocą manipulatorów i przenośników taśmowych (rys. 5.6). Dodatkowymi korzyściami płynącymi z zastosowania tego rozwiązania byłaby spójność czynności ręcznego przemieszczania z wymogami europejskiej dyrektywy 90/269/EWG;
- umieszczenie ostrzeżeń i zakazów odpowiednio na sprzęcie oraz przy wejściu do miejsc, w których poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogą zostać przekroczone. Na rysunku przedstawiono przykładowe ostrzeżenia (rys. 5.7);
- zapewnienie operatorom szkolenia mającego na celu zwiększenie świadomości i zapewnienie, aby zapoznali się oni z ustaleniami analizy ryzyka i odpowiednimi środkami ochronnymi i zapobiegawczymi;
- opracowanie odpowiednich procedur, służące zapewnieniu, aby wszyscy pracownicy, włącznie z odwiedzającymi i wykonawcami, byli świadomi potencjalnych problemów dotyczących pracowników szczególnie zagrożonych (zob. dodatek E do tomu 1 poradnika).

Rysunek 5.6 – Zautomatyzowany demagnetyzator z przenośnikiem taśmowym umieszczony w komorze zrobotyzowanej

Manipulator

Demagnetyzator



Rysunek 5.7 – Przykładowe ostrzeżenia i zakazy

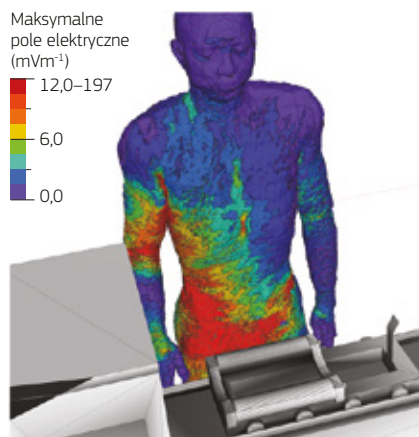


5.10 Odniesienia do źródeł dodatkowych informacji

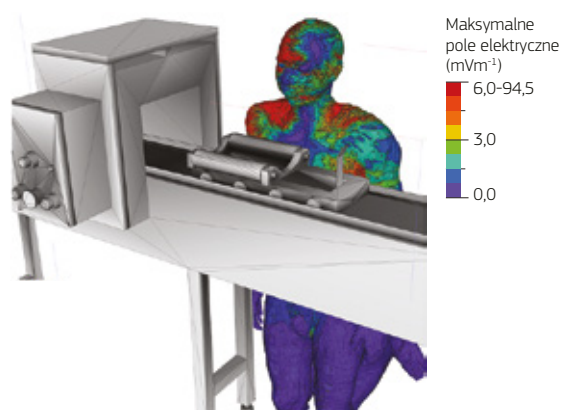
Z modelowania komputerowego opartego na wynikach pomiarów przeprowadzonych w pobliżu demagnetyzatora wynika, że pomimo przekroczenia IPN, indukowane pola elektryczne były zgodne z GPO. Indukowane pola elektryczne trzech wymienionych poniżej sytuacji narażenia wynosiły 5–54% dolnego GPO:

- w pozycji stojącej w położeniu 1 w odległości 25 cm od otworu magnesu (rys. 5.8a);
- w pozycji klęczącej w położeniu 1 w odległości 25 cm od otworu magnesu (rys. 5.8b);
- w pozycji pochylonej w położeniu 2 z głową na poziomie otworu magnesu (rys. 5.8c).

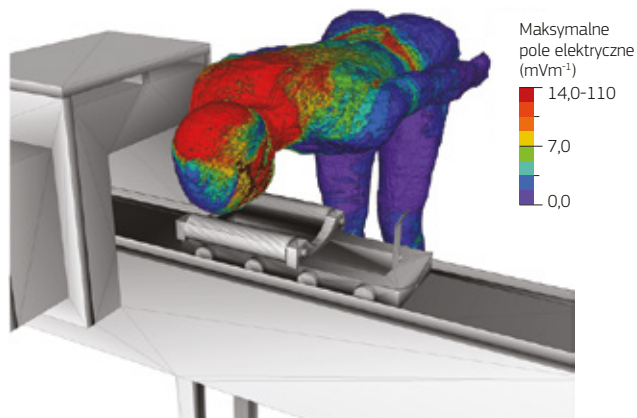
Rysunek 5.8a – Rozkład indukowanego pola elektrycznego w modelu ciała ludzkiego opracowanym na podstawie narażenia na działanie demagnetyzatora w pozycji stojącej w położeniu 1 w odległości 25 cm od otworu magnesu



Rysunek 5.8b – Rozkład indukowanego pola elektrycznego w modelu ciała ludzkiego opracowanym na podstawie narażenia na działanie demagnetyzatora w pozycji klęczącej w położeniu 1 w odległości 25 cm od otworu magnesu



Rysunek 5.8c – Rozkład indukowanego pola elektrycznego w modelu ciała ludzkiego opracowanym na podstawie narażenia na działanie demagnetyzatora w pozycji pochylonej w położeniu 2 z głową na poziomie otworu magnesu



6. PRZEMYSŁ MOTORYZACYJNY

6.1 Stanowisko pracy

Niniejsze studium przypadku dotyczy ręcznych zgrzewarek punktowych i nagrzewnic indukcyjnych wykorzystywanych w warsztacie blacharsko-lakierniczym. Wykorzystanie zgrzewarek punktowych przez wiodącego międzynarodowego producenta pojazdów, chociaż nie jest on małym czy średniej wielkości przedsiębiorstwem, zostało również pokrótce opisane w sekcji 6.1.1.

6.2 Charakter pracy

Ręczne zgrzewarki punktowe (rys. 6.1) i nagrzewnice indukcyjne (rys. 6.3) mogą stanowić zagrożenie z powodu silnych zmiennych w czasie pól magnetycznych wytwarzanych przez prąd elektryczny o dużym natężeniu stosowany w tych urządzeniach do łączenia lub podgrzewania metalu. W niniejszym studium przypadku badaniu poddano dwie ręczne zgrzewarki punktowe i trzy systemy nagrzewnic indukcyjnych wykorzystywanych zwykle w warsztatach blacharsko-lakierniczych.

Rysunek 6.1 – Ręczna zgrzewarka punktowa wykorzystywana do mocowania nowego płatu poszycia



6.3 Sposoby korzystania z urządzeń

Najnowocześniejsze pojazdy produkuje się spawając ze sobą płyty poszycia w celu utworzenia jednej powłoki, do której następnie mocuje się główne komponenty. W większości przypadków połączenia spawane wykonuje się za pomocą zgrzewarek punktowych. Ręczne zgrzewarki punktowe składają się ze zgrzewadła połączonego z jednostką sterującą, w której znajdują się systemy elektryczne i chłodzące. Do wytworzenia zgrzeiny punktowej za pomocą

zgrzewadła wykorzystuje się dwie elektrody kształtowe ze stopu miedzi. Elektrody mogą mieć różne wymiary w zależności od umiejscowienia punktu łączenia na spawanym kadłubie nadwozia. Na rys. 6.2 przedstawiono przykład jednej z poddanych ocenie zgrzewarek używanych w warsztacie blacharsko-lakierniczym.

Rysunek 6.2 – Typowa ręczna zgrzewarka punktowa używana w warsztacie blacharsko-lakierniczym. System jest ruchomy, a jednostka sterująca porusza się na samonastawnych kółkach. Przewody elektryczne i dostarczające chłodziwo wychodzą z przedniej części jednostki sterującej i biegną do tylnej części zgrzewadła, która osadzona jest w uchwycie znajdującym się po lewej stronie pulpitu sterowniczego



W trakcie konserwacji i naprawy pojazdów pracownicy często muszą nagrzewać metalowe elementy, zwykle z powodu korozji, aby można było je wymontować. Nagrzewnice indukcyjne składają się z cewki elektromagnetycznej, przez którą przepływa prąd przemienny o niskiej częstotliwości. Pole magnetyczne wytworzone wokół cewki indukuje w obiekcie docelowym prądy elektryczne, zwane prądami wirowymi, a opór, jaki te prądy napotyka, prowadzi do nagrzewania się przedmiotów. Na rys. 6.3 przedstawiono przykład jednej z poddanych ocenie nagrzewnic.

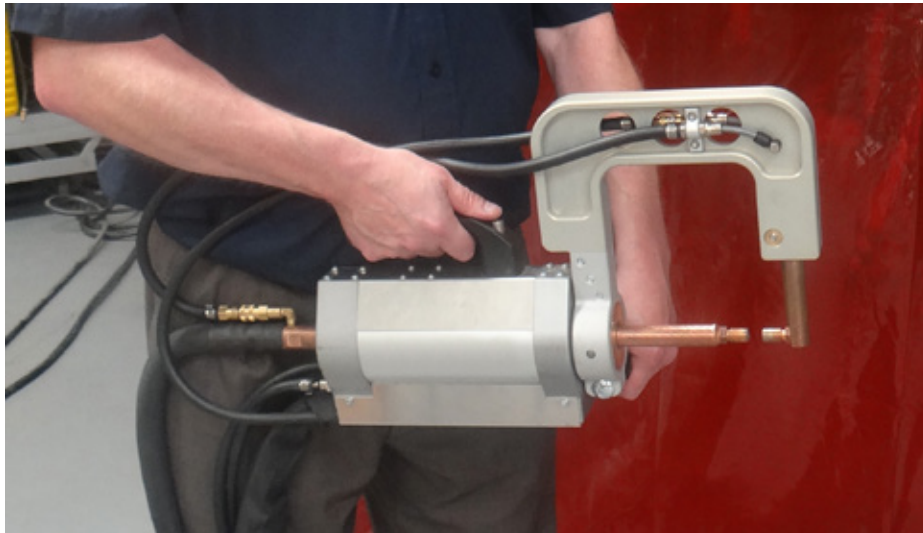
Rysunek 6.3 – Ręczna nagrzewnica indukcyjna o mocy 1 kW wykorzystywana do podgrzewania zakleszczonej śruby



6.4 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne

Spośród dwóch poddanych ocenie zgrzewarek warsztatu blacharsko-lakierniczego jedna była wyposażona w zgrzewadło „typu C”, które można było wyposażyć w ramiona o długości 160 mm lub 550 mm, a druga w zgrzewadło „typu X” z elektrodami w długości 160 mm lub 550 mm. Na rys. 6.4 i 6.5 przedstawiono różne typy zgrzewadeł. Obie zgrzewarki były zasilane prądem o natężeniu 7500 i 12 000 A i częstotliwości 2 kHz. Jednak w zgrzewadle „typu C” wykorzystuje się transformator zdalny do zasilania prądem spawania, natomiast w zgrzewadle „typu X” zastosowano zminiaturyzowany transformator zainstalowany wewnątrz urządzenia. Oznacza to, że w tej zgrzewarce przez przewód łączący jednostkę sterującą ze zgrzewadłem przepływa prąd sieciowy o częstotliwości 50/60 Hz, a nie dużo większy prąd spawania. Znaczenie tego rozwiązania omówiono w dalszej części niniejszego studium przypadku.

Rysunek 6.4 – Warsztatowe zgrzewadło „typu C” z zamocowanym ramieniem o długości 160 mm. W korpusie zgrzewadła (znajdującym się pod ręką pracownika) znajduje się tłok, który dociska jedną elektrodę do drugiej. Prąd spawania jest doprowadzany przez przewody z jednostki sterującej znajdującej się po lewej stronie ilustracji



Rysunek 6.5 – Warsztatowe zgrzewadło „typu X” wyposażone w elektrody o długości 550 mm. Dwie elektrody są do siebie dociskane ruchem kleszczowym wymuszonym przez tłok znajdujący się w korpusie zgrzewadła (w rękach pracownika), w którym znajduje się również transformator wytwarzający prąd spawania



Trzy poddane ocenie warsztatowe nagrzewnice indukcyjne miały różną moc: 1, 4 i 10 kW. Nagrzewnica o mocy 1 kW zasilana była prądem o częstotliwości 15 kHz, a prąd zasilania nagrzewnic o mocy 4 i 10 kW miał częstotliwość 17–40 kHz. Częstotliwość prądu zasilania nagrzewnic o mocy 4 i 10 kW jest różna, ponieważ mogą one automatycznie dostosować częstotliwość doprowadzonego prądu w celu zapewnienia maksymalnego połączenia z podgrzewanym obiektem.

Nagrzewnica o mocy 1 kW stanowiła pojedyncze ręczne urządzenie łączące w sobie transformator i element grzejny i nie miała aktywnego chłodzenia (rys. 6.3). Nagrzewnice o mocy 4 i 10 kW składały się z oddzielnego zasilacza i ręcznego elementu grzejnego oraz były wyposażone w aktywne systemy chłodzenia (rys. 6.6).

Rysunek 6.6 – Nagrzewnice indukcyjne o mocy 4 kW (na lewo) i 10 kW (na prawo) wykorzystywane do podgrzewania metalowych części w warsztacie blacharsko-lakierniczym. W takich przypadkach transformator znajduje się w oddzielnym zasilaczu (po lewej stronie ilustracji), a przewody elektryczne i doprowadzające chłodziwo łączą zasilacz z elementem grzejnym (w każdym przypadku trzymany przez pracownika w ręku). Różnią się one od dużo prostszej nagrzewnicy indukcyjnej o mocy 1 kW przedstawionej na rys. 6.3



6.5 Podejście do oceny narażenia

Organ przedstawicielski przemysłu motoryzacyjnego był zaniepokojony konsekwencjami, jakie będzie miało przyjęcie dyrektywy o polach elektromagnetycznych dla członków tego sektora; niektórzy z nich są dostawcami sprzętu służącego do spawania i ogrzewania. Przeczuwał, że typowe warsztatowe zgrzewarki punktowe i nagrzewnice indukcyjne mogą przekraczać odpowiednie interwencyjne poziomy narażenia określone w art. 3 ust. 2 dyrektywy o polach elektromagnetycznych. Wynikało to stąd, że zarówno w zgrzewarkach punktowych, jak i w nagrzewnicach indukcyjnych stosowane są duże prądy, a pracownicy często trzymają je blisko ciała podczas wykonywania pracy, co przedstawiono na rys. 6.1, 6.4, 6.5 i 6.6.

W związku z tym organ skorzystał z usług wyspecjalizowanego wykonawcy, który uczestniczył w pracach nad projektem europejskim mającym na celu opracowanie wytycznych w zakresie narażenia zawodowego na działanie pól elektromagnetycznych. W związku z tym ustalono, że wyspecjalizowany wykonawca przeprowadzi ocenę różnych urządzeń znajdujących się w warsztacie szkoły mechaników pojazdów samochodowych.

Wykonawca wykonał pomiary zmiennej w czasie indukcji magnetycznej w pobliżu opisanych powyżej zgrzewarek i nagrzewnic, wykorzystując do tego celu sondę izotropową (trójosiową) (rys. 6.7). Przyrząd miał wbudowany filtr elektroniczny, który podaje wynik w procentach uzyskany metodą ważonej wartości szczytowej z filtrowaniem w dziedzinie czasu, umożliwiając tym samym bezpośrednie porównanie z interwencyjnymi poziomami narażenia (IPN) określonymi w dyrektywie o polach elektromagnetycznych. Przyrząd posiadał również wbudowany analizator widma, który umożliwiał analizę składowych harmonicznym przebiegu fali.

Rysunek 6.7 – Pomiary wykonane w pobliżu warsztatowej zgrzewarki punktowej wyposażonej w zgrzewadło „typu C” z zamocowanym ramieniem o długości 160 mm. Zgrzewarka wyposażona w zgrzewadło „typu X” znajduje się w tle



6.6 Wyniki ocen narażenia

Wyniki pomiarów uzyskane przez wykonawcę przedstawiono na poniższych rysunkach i w poniższej tabeli. We wszystkich przypadkach pomiary wykonano podczas pracy ze zgrzewarką lub nagrzewnicą w taki sposób, w jaki zwykle pracuje się na nich w warsztacie. Pomiary wykonano w celu określenia zasięgu obszaru wokół zgrzewadła i każdej nagrzewnicy indukcyjnej, w którym:

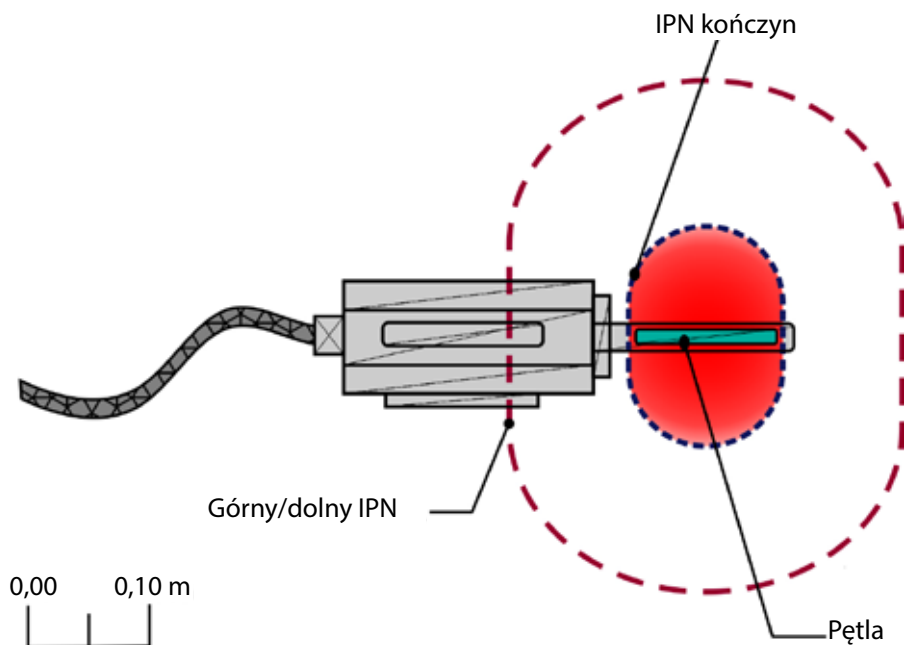
- przekroczone zostały IPN określone w dyrektywie o polach elektromagnetycznych;
- mogą występować problemy związane z bezpieczeństwem pracowników szczególnie zagrożonych. Ocenę tę przeprowadzono w kontekście poziomów odniesienia podanych w zaleceniu Rady (1999/519/WE) (zob. dodatek E do tomu 1 poradnika).

Zgrzewarki punktowe i nagrzewnice indukcyjne są zasilane prądem o częstotliwości 2–36 kHz. W tym zakresie częstotliwości górny i dolny IPN określony w dyrektywie o polach elektromagnetycznych jest taki sam. W związku z tym miara natężenia pola magnetycznego wyrażona jest jako procentowa część interwencyjnego poziomu narażenia i stanowi odsetek zarówno górnego, jak i dolnego IPN. W stosownych przypadkach pomiary podaje się również jako odsetek IPN kończyny określonego w dyrektywie o polach elektromagnetycznych.

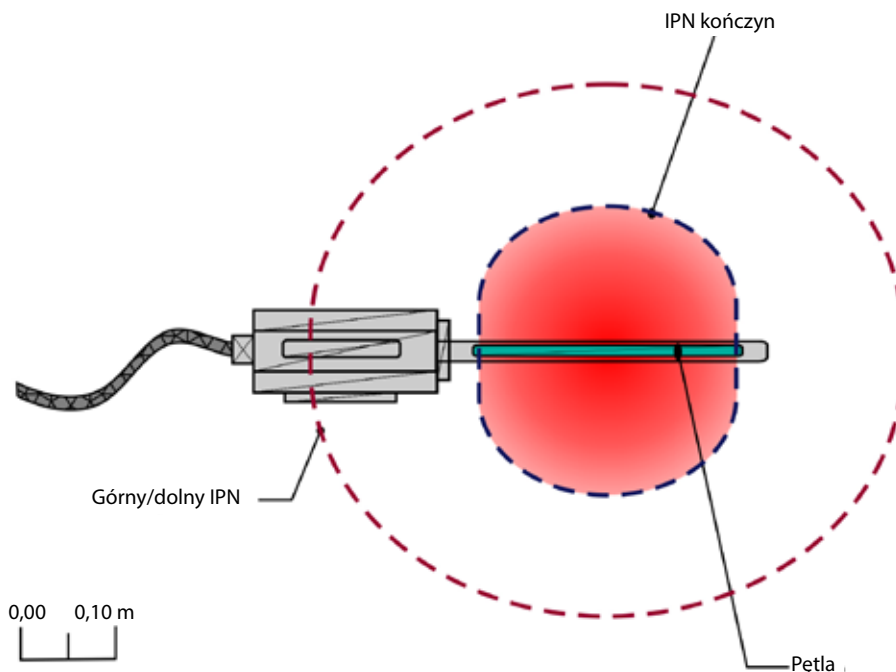
6.6.1 Wyniki oceny warsztatowych zgrzewarek punktowych pod kątem narażenia

Na rys. 6.8–6.11 przedstawiono zasięg obszarów wokół każdego zgrzewadła, w których przekroczony został zarówno IPN kończyny, jak i górny i dolny IPN określone w dyrektywie o polach elektromagnetycznych, lub tylko jedna z tych wartości. Na rys. 6.11 przedstawiono również zasięg obszaru wokół zgrzewadła „typu X” wyposażonego w elektrody o długości 550 mm, w którym przekroczone zostały poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE). We wszystkich przypadkach linie wyznaczające obszary wokół zgrzewadeł odpowiadają 100% odpowiedniego poziomu, przy czym kolorem niebieskim oznaczono IPN kończyny, kolorem czerwonym górny i dolny IPN, a kolorem zielonym poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE). Ponadto w tabeli 6.1 przedstawiono zasięg obszarów, w których przekroczone zostały odpowiednie IPN wokół przewodu zgrzewadła „typu C”.

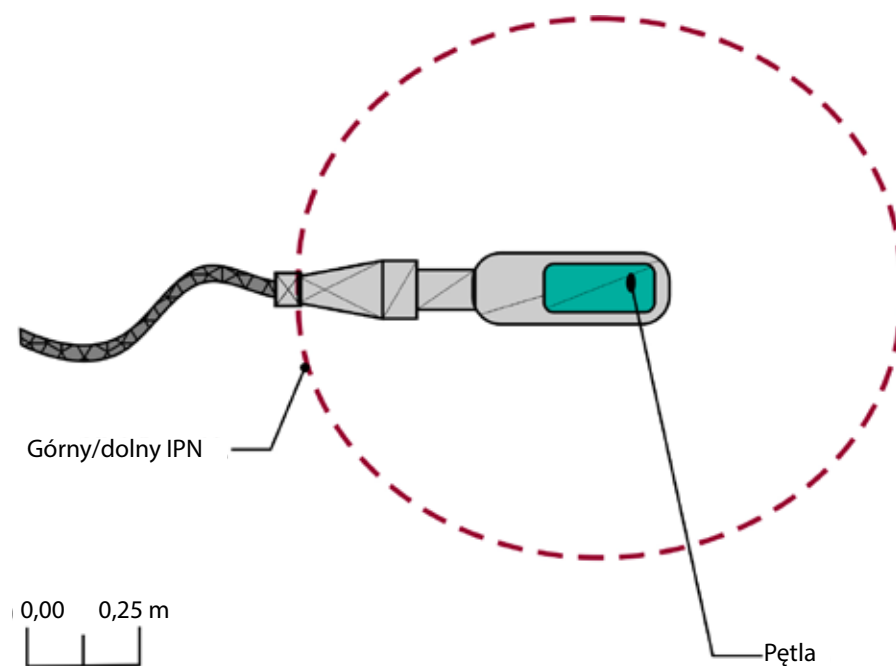
Rysunek 6.8 – Rzut poziomy przedstawiający linie wyznaczające obszary, w których interwencyjny poziom narażenia kończyny (kolor niebieski) i górny/dolny interwencyjny poziom narażenia (kolor czerwony) mogły zostać przekroczone wokół warsztatowego zgrzewadła „typu C” wyposażonego w elektrody o długości 160 mm



Rysunek 6.9 – Rzut poziomy przedstawiający linie wyznaczające obszary, w których interwencyjny poziom narażenia kończyn (kolor niebieski) i górny/dolny interwencyjny poziom narażenia (kolor czerwony) mogły zostać przekroczone wokół warsztatowego zgrzewadła „typu C” zgrzewarki wyposażonego w ramię o długości 550 mm



Rysunek 6.10 – Rzut poziomy przedstawiający linie wyznaczające obszar, w którym górny/dolny interwencyjny poziom narażenia (kolor czerwony) mógł zostać przekroczony wokół warsztatowego zgrzewadła „typu X” wyposażonego w elektrody o długości 160 mm



Rysunek 6.11 – Rzut poziomy przedstawiający linie wyznaczające obszary, w których interwencyjny poziom narażenia kończyn (kolor niebieski), górny/dolny interwencyjny poziom narażenia (kolor czerwony) i poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) (kolor zielony) mogły zostać przekroczone wokół warsztatowego zgrzewadła „typu X” zgrzewarki wyposażonego w elektrody o długości 550 mm

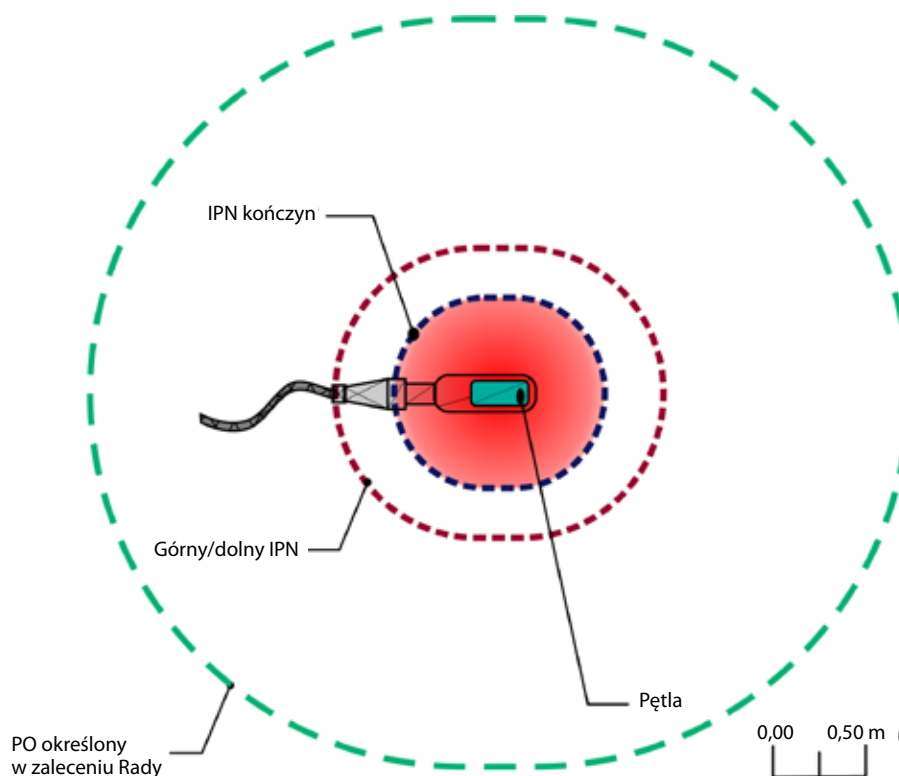


Tabela 6.1 – Wyniki pomiarów przewodu łączącego zgrzewadło „typu C” z jednostką sterującą

Rodzaj uchwytu spawalniczego mocującego	Prąd (A)	% górnego/dolnego interwencyjnego poziomu narażenia ¹ w odległości 10 cm od przewodu	% górnego/dolnego interwencyjnego poziomu narażenia ¹ w odległości 12 cm od przewodu	% interwencyjnego poziomu narażenia kończyn ² w odległości 8 cm od przewodu
160 mm „typ C”	8000	180	100	100

¹ Górny/dolny interwencyjny poziom narażenia w przypadku indukcji magnetycznej przy częstotliwości 2 kHz: 150 μ T

² Interwencyjne poziomy narażenia kończyn w przypadku indukcji magnetycznej przy częstotliwości 2 kHz: 450 μ T

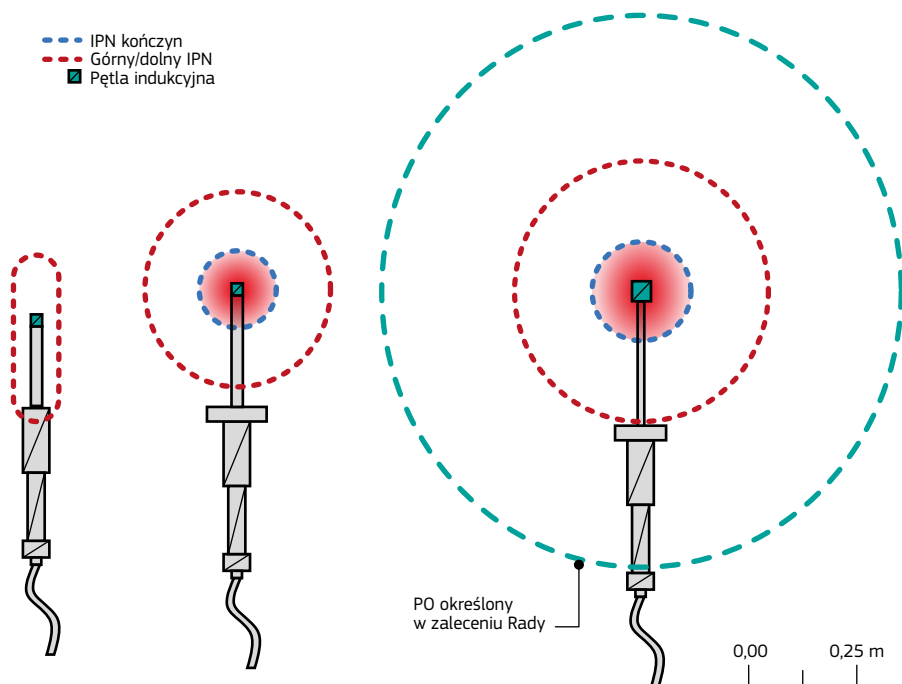
Uwaga: Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 10\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały przyjęte jako bezpośrednie wartości procentowe IPN.

6.6.2 Wyniki oceny nagrzewnic indukcyjnych wykorzystywanych w warsztacie blacharsko-lakierniczym pod kątem narażenia

Na rys. 6.12 przedstawiono elementy grzejne trzech nagrzewnic indukcyjnych, przy czym po lewej stronie pokazano nagrzewnicę o mocy 1 kW, w środku – nagrzewnicę o mocy 4 kW, a po prawej stronie – nagrzewnicę o mocy 10 kW. We wszystkich przypadkach linie wyznaczające obszary wokół elementów grzejnych odpowiadają 100% odpowiedniego

poziomu, przy czym kolorem niebieskim oznaczono IPN kończyn określony w dyrektywie o polach elektromagnetycznych, kolorem czerwonym górny i dolny IPN określony w dyrektywie o polach elektromagnetycznych, a kolorem zielonym poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE).

Rysunek 6.12 – Rzut poziomy przedstawiający linie wyznaczające obszary, w których interwencyjny poziom narażenia kończyn (kolor niebieski), górny/dolny interwencyjny poziom narażenia (kolor czerwony) i poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogły zostać przekroczone wokół trzech znajdujących się w warsztacie nagrzewnic indukcyjnych (1 kW po lewej stronie, 4 kW w środku i 10 kW po prawej stronie)



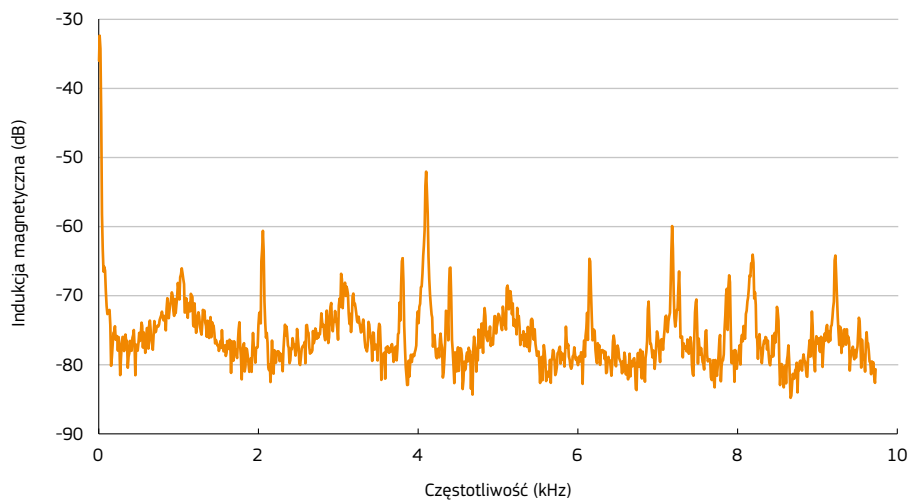
6.7 Wnioski z oceny narażenia

W zależności od rodzaju zgrzewadła, IPN kończyn określony w dyrektywie o polach elektromagnetycznych został przekroczony w odległości 10–22 cm od uchwyty spawalniczego mocującego, a górny i dolny IPN określony w dyrektywie o polach elektromagnetycznych został przekroczony w odległości 20–32 cm od uchwyty spawalniczego mocującego. Podczas pomiaru poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) zostały przekroczone w odległości nieprzekraczającej kilku metrów od uchwyty spawalniczego mocującego.

Wykonawca zauważył, że wokół przewodów zasilania zgrzewadła „typu C” wzbudzone było pole magnetyczne przekraczające IPN kończyn oraz górny i dolny IPN, natomiast przewody zgrzewadła „typu X” nie indukowały takiego pola. IPN kończyn rzeczywiście został przekroczony w odległości nie większej niż 8 cm od przewodów, a górny i dolny IPN został przekroczony w odległości nie większej niż 12 cm od przewodów. Wnioskodawca przyczynę takiego stanu rzeczy upatruje w tym, że przewody zgrzewadła „typu C” doprowadzają prąd spawania z jednostki sterującej do zgrzewadła, natomiast zgrzewadło „typu X” z wbudowanym transformatorem ma przewód, przez który płynie prąd sieciowy o częstotliwości 50/60 Hz.

Wykonawca potwierdził, że podstawowa częstotliwość prądu spawania stosowanego w warsztatowych zgrzewarkach punktowych wynosi 2 kHz, chociaż do ogólnego narażenia przyczynia się w znacznym stopniu szereg harmonicznych. Aby to wykazać, na rys. 6.13 przedstawiono rozkład widmowej fali uzyskany w przypadku warsztatowej zgrzewarki, w której zamontowane jest zgrzewadło „typu C” o długości 160 mm.

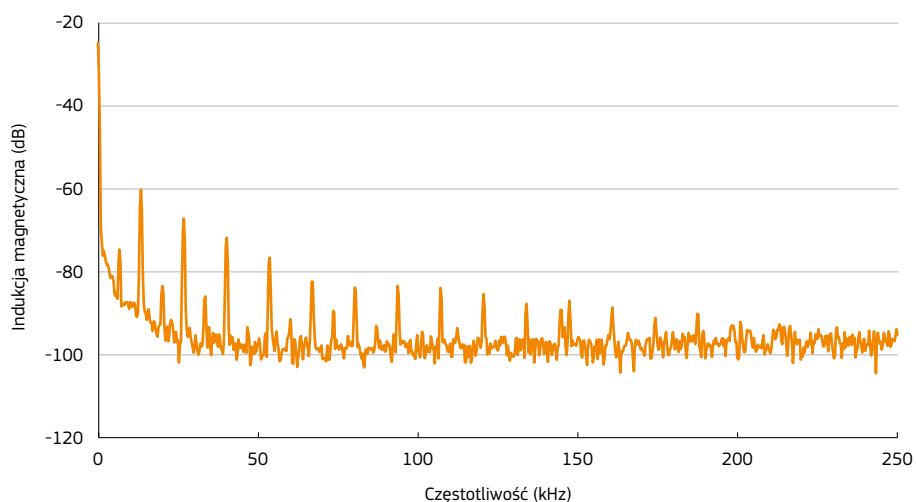
Rysunek 6.13 – Rozkład widmowy przebiegu fali uzyskany w przypadku zgrzewadła „typu C” o długości 160 mm



W odniesieniu do nagrzewnic indukcyjnych, w zależności od mocy nagrzewnicy, IPN kończyn został przekroczony w odległości 7–11 cm od elementu grzejnego po stronie ręki pracownika, a górny i dolny IPN został przekroczony w odległości 13–18 cm od środka elementu grzejnego we wszystkich kierunkach.

Częstotliwość podstawowa nagrzewnic była różna. Częstotliwość podstawowa nagrzewnicy o mocy 1 kW wynosiła 15 kHz, a nagrzewnic o mocy 4 i 10 kW – 36 kHz. Podobnie jak w przypadku innych zgrzewarek, szereg harmonicznych w znacznym stopniu przyczyniał się w każdym przypadku do ogólnego narażenia. Aby to wykazać, na rys. 6.14 przedstawiono rozkład widmowej kształtu fali uzyskany w przypadku nagrzewnicy indukcyjnej o mocy 1 kW.

Rysunek 6.14 – Rozkład widmowy kształtu fali uzyskany w przypadku nagrzewnicy indukcyjnej o mocy 1 kW



6.8 Analiza ryzyka

Biorąc pod uwagę wyniki pomiarów wykonawca stwierdził, że ponieważ zgrzewadła punktowe trzyma się w ręku blisko ciała, narażenie pracowników na pola magnetyczne może przekraczać odpowiednie IPN określone w dyrektywie o polach elektromagnetycznych i może przekraczać również odpowiednie graniczne poziomy oddziaływania (GPO). Pomiarów wykonane w pobliżu przewodów zasilania zgrzewadła „typu C” również wykazały, że przewody te mogą powodować narażenie na skutek przekroczenia odpowiedniego IPN.

Wykonawca zauważył również, że pola magnetyczne przekraczały poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) w odległości nie większej niż kilka metrów od zgrzewadeł. Poziomy odniesienia można wykorzystać jako ogólny wskaźnik w odniesieniu do osób szczególnie zagrożonych skutkami pośrednimi narażenia (zob. dodatek E do tomu 1 poradnika).

W odniesieniu do nagrzewnic indukcyjnych wykonawca stwierdził, że pracownicy korzystający z tych urządzeń nie są narażeni na działanie pól, których wartości przekraczają IPN, ponieważ podczas nagrzewania elementy grzejne znajdują się w wystarczającej odległości od rąk i ciała pracowników. Pola magnetyczne były mimo wszystko nadal wystarczająco silne, aby przekroczyć poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) w odległości do 0,5 m od nagrzewnicy o mocy 10 kW. Wykonawca zalecił zatem, aby uwzględnić osoby szczególnie zagrożone skutkami pośrednimi narażenia na pola magnetyczne generowane przez nagrzewnice (zob. dodatek E do tomu 1 poradnika).

Uwzględniając te wnioski, konsultant sporządził analizę ryzyka spowodowanego przez pole elektromagnetyczne w odniesieniu do zgrzewarek punktowych i nagrzewnic indukcyjnych, korzystając z metodyki proponowanej w ramach OiRA (interaktywnego narzędzia on-line do oceny ryzyka opracowanego przez Europejską Agencję Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy). Celem oceny było ustalenie kroków, które należy podjąć, aby ochronić pracowników i zapewnić, aby nie byli oni narażeni na działanie pól magnetycznych przekraczających IPN. W tabeli 6.2 przedstawiono analizę ryzyka spowodowanego przez pole elektromagnetyczne.

6.9 Wdrożone środki ostrożności

Brak.

Tabela 6.2 – Analiza ryzyka w związku z polem elektromagnetycznym w przypadku ręcznych zgrzewarek punktowych i nagrzewnic indukcyjnych w warsztacie

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień dotkliwości			Prawdopodobieństwo			Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach	Małe	Średnie	Duże		
Skutki bezpośrednie oddziaływania niskiej częstotliwości	Brak. Ręce i ciało często znajdują się w pobliżu uchwytu spawalniczego mocującego w celu utrzymania ciężaru zgrzewadła podczas zgrzewania	Pracownicy warsztatu	✓				✓		Niski	Zmiany dotyczące prowadzenia prac związanych ze zgrzewaniem – zastosowanie odciążników do podtrzymania ciężaru zgrzewadła, aby umożliwić pracownikom zachowanie odpowiedniej odległości ich rąk i ciała od elektrod spawalniczych
	Elementy grzejne nagrzewnic indukcyjnych trzymanych zwykle na odległość wyciągniętej ręki		✓				✓		Niski	Standardowe procedury operacyjne dotyczące prac związanych ze zgrzewaniem Umieszczenie znaków ostrzegawczych na zgrzewarkach i nagrzewnicach Szkolenie operatorów w zakresie zagrożenia związanego z działaniem pola elektromagnetycznego
		Pracownicy w ciąży	✓				✓		Niski	Zgrzewarki/nagrzewnice nie mogą być obsługiwane przez pracownicy w ciąży ani w pobliżu pracownic w ciąży
Skutki pośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego o niskiej częstotliwości (zakłócenia działania aktywnych wyrobów medycznych do implantacji)	Brak	Pracownicy szczególnie zagrożeni	✓				✓		Niski	Zakaz obsługi zgrzewarek/nagrzewnic przez pracowników posiadających aktywne wyroby medyczne do implantacji lub w pobliżu takich pracowników Szkolenie pracowników w zakresie zagrożenia związanego z działaniem pola elektromagnetycznego

6.10 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z ocen

Z powodu analizy ryzyka kierownik zdecydował się wdrożyć następujące środki ostrożności:

- podjęcie, na ile to możliwe, działań, które zapewniłyby większą odległość między rękami i ciałem pracowników od zgrzewadła zgrzewarki punktowej oraz, w stosownych przypadkach, również większą odległość od innych przewodów i kabli zasilających. Kierownik wprowadził na przykład odciążniki do zawieszenia zgrzewadeł punktowych. Oznaczało to, że pracownicy nie musieli już podtrzymywać ciężaru zgrzewadeł i w związku z tym mogli zawsze znajdować się z tyłu zgrzewarki i praktycznie dotykać tylko jej tylnej części w celu utrzymania jej we właściwym położeniu podczas spawania;
- umieszczenie na zgrzewarkach i nagrzewnicach znaków ostrzegających przed silnymi polami magnetycznymi i zakazujących korzystania ze zgrzewarki lub nagrzewnicy przez osoby korzystające z aktywnego wyrobu medycznego do implantacji i innych pracowników

szczególnie zagrożonych (takich jak pracownice w ciąży) lub w obecności tych osób. Przykłady takich znaków wykorzystywanych na zgrzewarkach w warsztacie przedstawiono na rys. 6.15;

Rysunek 6.15 – Przykłady znaku ostrzegawczego informującego o silnych polach magnetycznych i znaku informującego o zakazie korzystania ze zgrzewarki przez osoby korzystające z aktywnego wyrobu medycznego do implantacji lub w obecności tych osób



- przedstawianie pracownikom informacji, w tym wyniku analizy ryzyka;
- poinstruowanie pracowników o sposobie ograniczania ich narażenia tak, aby nie przekraczało ono wartości IPN określonych w dyrektywie o polach elektromagnetycznych;
- przekazanie pozostałym pracownikom wiedzy o zagrożeniach, jakie stwarza pole magnetyczne wytwarzane przez zgrzewarki i nagrzewnice, za pomocą odpowiednich programów wprowadzających;
- dokonywanie regularnego przeglądu analizy ryzyka.

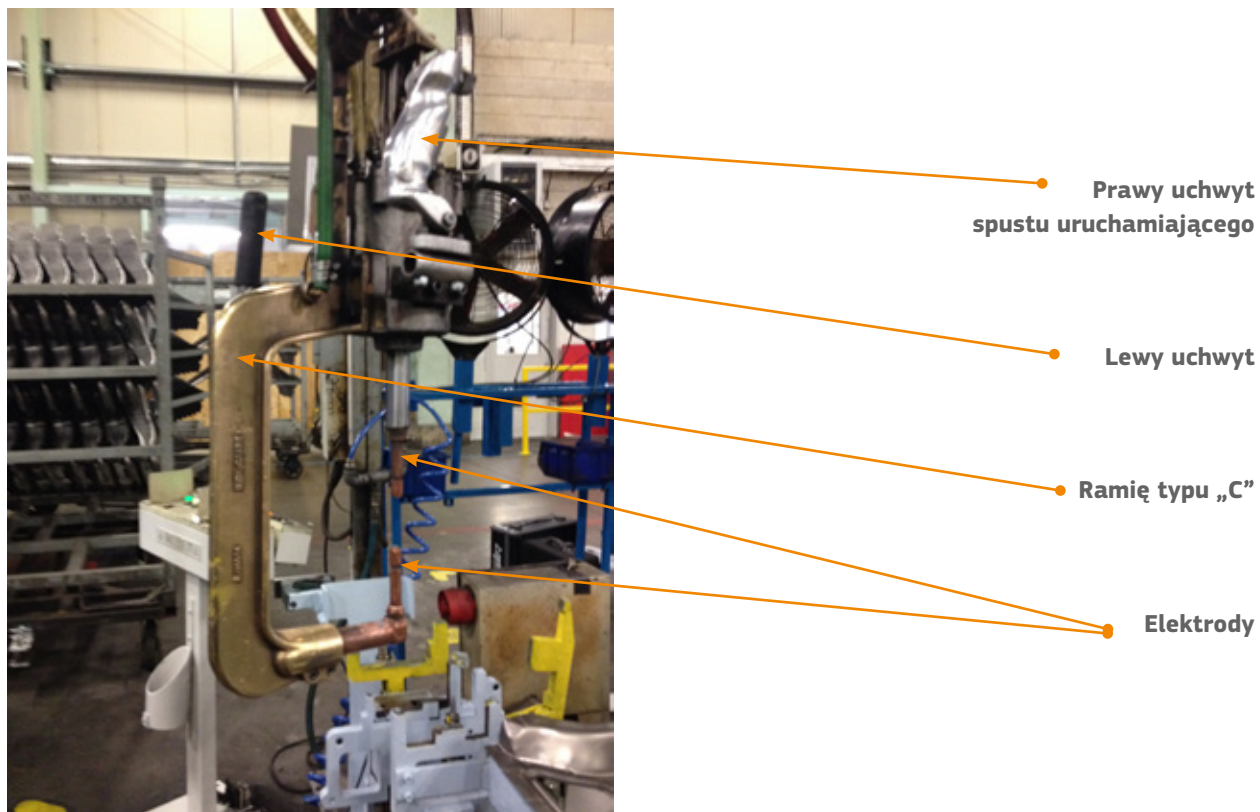
6.11 Zgrzewarki punktowe stosowane w produkcji pojazdów

Chociaż międzynarodowych producentów samochodów nie można uznać za małe lub średniej wielkości przedsiębiorstwa, zgrzewanie punktowe ma takie znaczenie dla tego przemysłu, że autorzy uznali, iż ważne jest uwzględnienie przeprowadzonej przez wykonawcę oceny przykładowych zgrzewarek punktowych wykorzystywanych przez wiodącego producenta.

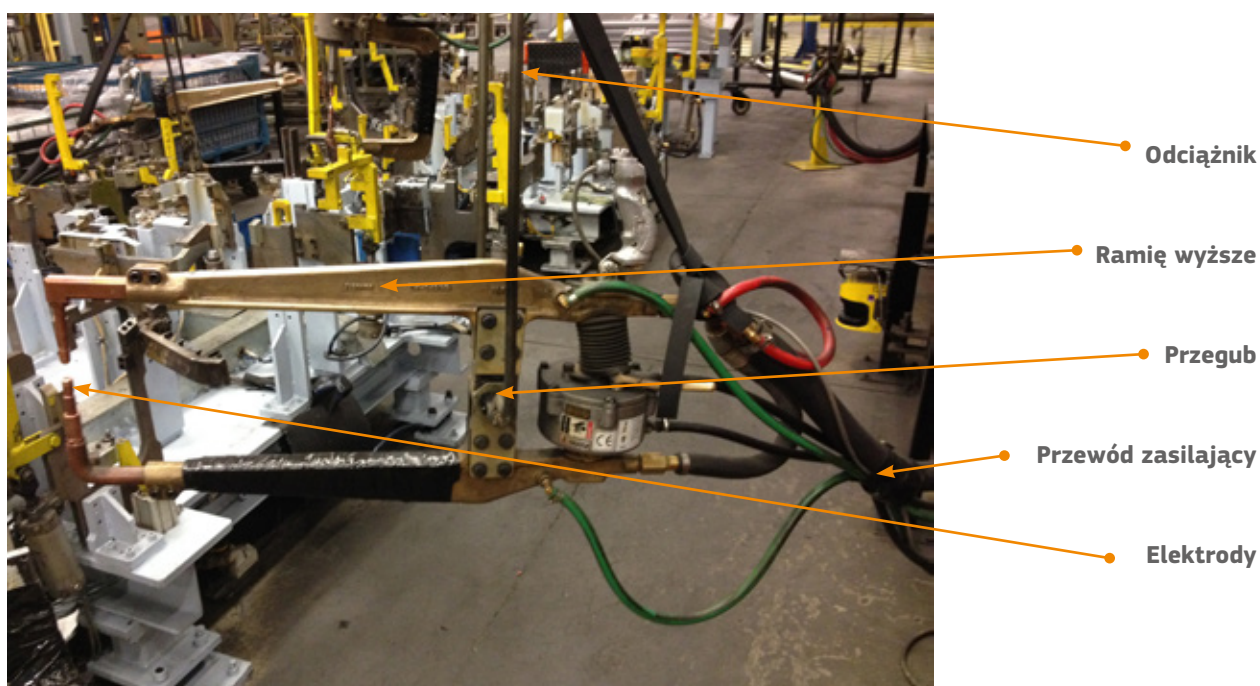
6.11.1 Ocena przemysłowej zgrzewarki punktowej

Ocenie poddano trzy zgrzewarki punktowe: zgrzewadło „typu C” z ramieniem o długości 400 mm, zgrzewadło „typu X” z elektrodami o długości 130 mm oraz zgrzewadło „typu X” z elektrodami o długości 700 mm. Dwa mniejsze zgrzewadła były zasilane prądem o natężeniu 8400 A, a największe zgrzewadło było zasilane prądem 10 200 A. Częstotliwość robocza w przypadku wszystkich trzech zgrzewadeł wynosiła 50 Hz i były one zasilane ze zdalnych transformatorów przewodami, których konstrukcja miała na celu ograniczenie narażenia na pole magnetyczne do minimum. Na rys. 6.16 i 6.17 przedstawiono zgrzewadło „typu C” z ramieniem o długości 400 mm i zgrzewadło „typu X” z elektrodami o długości 700 mm.

Rysunek 6.16 – Przemysłowe zgrzewadło „typu C” z ramieniem o długości 400 mm. Spawalnicychwyty mocujący przytrzymuje się we właściwym położeniu za pomocą uchwytów w górnej części zgrzewadła, z których jeden jest widoczny u góry po prawej stronie ilustracji (komponent wykonany z polerowanego chromu). Stanowi to wskazówkę odnośnie do pozycji operatora względem uchwytu mocującego podczas spawania



Rysunek 6.17 – Przemysłowe zgrzewadło „typu X” z ramieniem o długości 700 mm. Pomimo tego, że zgrzewadło jest zawieszane na odciaźniku, z powodu rozmiarów zgrzewadła pracownicy muszą regularnie stawać blisko elektrod, aby kierować nimi i utrzymywać je we właściwym położeniu



Przeprowadzono pomiary zmiennej w czasie indukcji magnetycznej w pobliżu zgrzewadeł, używając do tego celu sondy izotropowej (trójosiowej). Przyrząd miał wbudowany filtr elektroniczny, który podaje wynik w procentach uzyskany metodą ważonej wartości szczytowej z filtrowaniem w dziedzinie czasu, umożliwiając tym samym bezpośrednie porównanie z IPN określonymi w dyrektywie o polach elektromagnetycznych. Przyrząd posiadał również wbudowany analizator widma, który umożliwiał analizę składowych harmonicznych przebiegu fali.

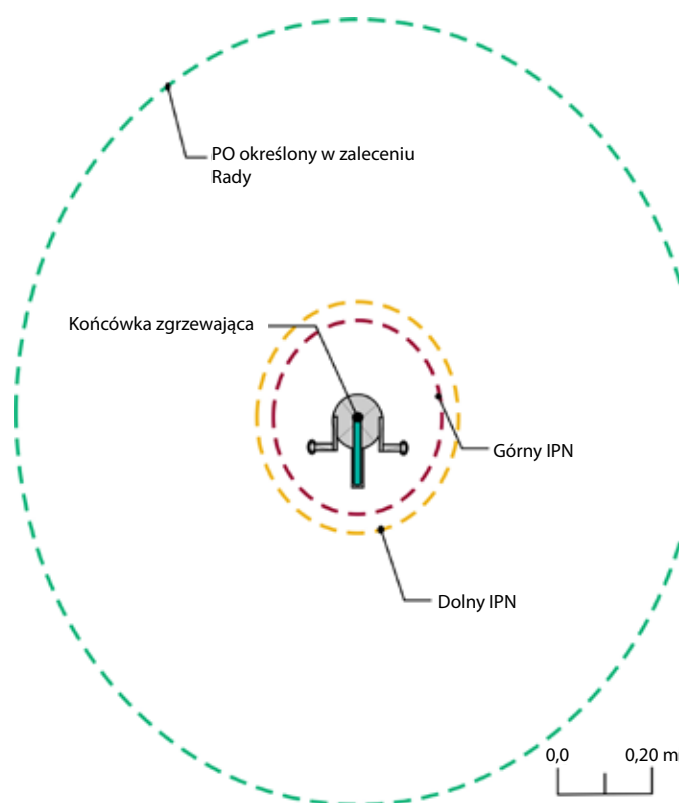
Zgrzewarki były zasilane prądem o częstotliwości 50 Hz. Przy tej częstotliwości górny i dolny IPN określone w dyrektywie o polach elektromagnetycznych znacznie się różnią. W związku z tym pomiary natężenia pola magnetycznego wytwarzanego wokół zgrzewadeł wyrażono jako procentową część zarówno górnego, jak i dolnego IPN.

6.11.2 Wyniki pomiarów przemysłowej zgrzewarki punktowej

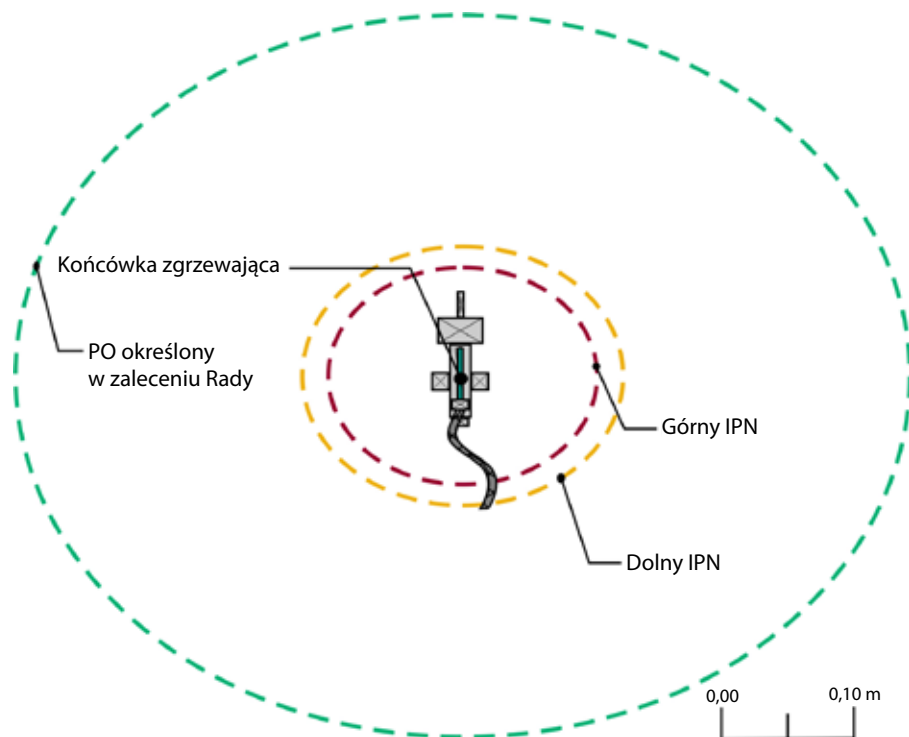
Uzyskane wyniki pomiarów przedstawiono na poniższych rysunkach i w poniższej tabeli. We wszystkich przypadkach pomiary wykonano podczas pracy ze zgrzewarką w taki sposób, w jaki zwykle pracuje się na tym urządzeniu.

Na rys. 6.18–6.20 przedstawiono zasięg obszaru wokół każdego zgrzewadła, w którym przekroczone zostały górny i dolny IPN określone w dyrektywie o polach elektromagnetycznych oraz poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE). We wszystkich przypadkach linie wyznaczające obszary wokół zgrzewadeł odpowiadają 100% odpowiedniego poziomu, przy czym kolorem żółtym oznaczono górny IPN określony w dyrektywie o polach elektromagnetycznych, kolorem czerwonym dolny IPN określony w dyrektywie o polach elektromagnetycznych, a kolorem zielonym poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE). Oprócz podanych wartości, w tabeli 6.3 przedstawiono wynik pomiarów w pobliżu przewodu zasilającego zgrzewadła „typu X”.

Rysunek 6.18 – Rzut poziomy przedstawiający linie wyznaczające obszary, w których wokół przemysłowego zgrzewadła „typu C” zgrzewarki punktowej z ramieniem o długości 400 mm przekroczony mógł zostać dolny interwencyjny poziom narażenia (kolor żółty), górny interwencyjny poziom narażenia (kolor czerwony) i poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) (kolor zielony)



Rysunek 6.19 – Rzut poziomy przedstawiający linie wyznaczające obszary, w których wokół przemysłowego zgrzewadła „typu X” zgrzewarki punktowej z elektrodami o długości 130 mm przekroczony mógł zostać dolny interwencyjny poziom narażenia (kolor żółty), górny interwencyjny poziom narażenia (kolor czerwony) i poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) (kolor zielony)



Rysunek 6.20 – Rzut poziomy przedstawiający linie wyznaczające obszary wokół zgrzewadła „typu X” przemysłowej zgrzewarki punktowej o długości ramienia 700 mm, w których dolny interwencyjny poziom narażenia (kolor żółty) i górny interwencyjny poziom narażenia (kolor czerwony) mogą ulec przekroczeniu. W tym przypadku linie wyznaczające te obszary występują po stronie tylnej zgrzewadła ze względu na pola wytwarzane przez przewody znajdujące się w tylnej części zgrzewadła

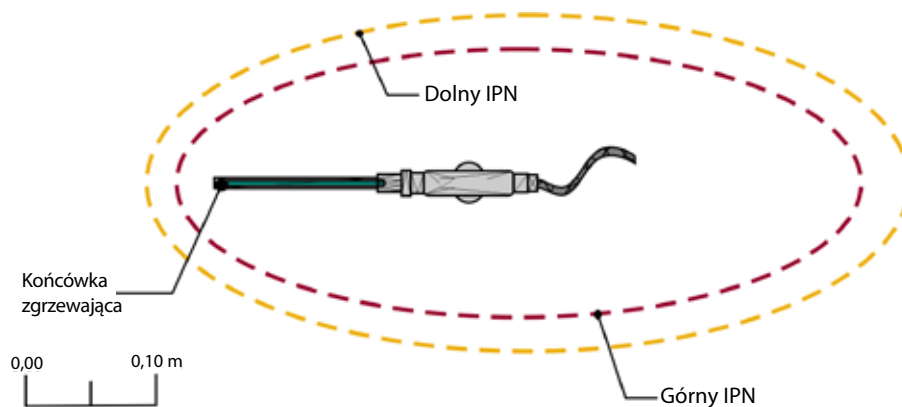


Tabela 6.3 – Wynik pomiarów na przewodzie łączącym zgrzewadło „typu X” z transformatorem podwieszonym

Rodzaj uchwytu spawalniczego mocującego	Prąd (A)	% dolnego interwencyjnego poziomu narażenia ¹ w odległości 10 cm od przewodu
Zgrzewadło „typu X” o długości ramienia 130 mm	8400	12

1. Dolny interwencyjny poziom narażenia w odniesieniu do indukcji magnetycznej dla częstotliwości 25–300 Hz: 1000 μ T

Uwaga: Niepewność pomiaru oszacowano na $\pm 10\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) powyższy wynik został przyjęty jako bezpośrednia wartość procentowa IPN.

6.11.3 Wyniki pomiarów dotyczące przemysłowej zgrzewarki punktowej w kontekście IPN

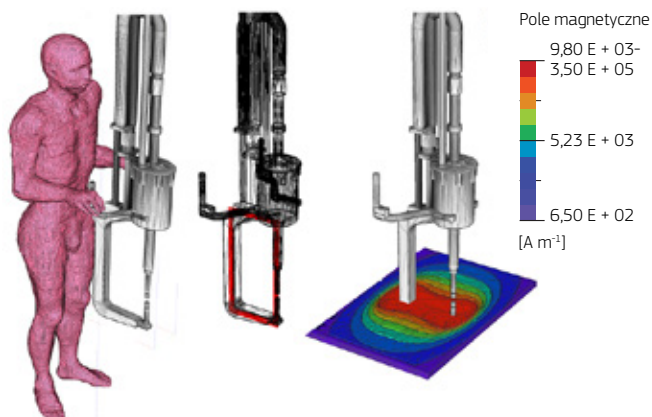
Dolny IPN był przekroczony w odległości 37–147 cm od zgrzewadeł, a górny IPN był przekroczony w odległości 27–125 cm od zgrzewadeł. Należy zauważyć, że wielkość obszaru wokół zgrzewadła „typu X” o długości ramienia 700 mm, na którym IPN były przekroczone (rys. 6.20), zależy nie tylko od elektrod, ale również od przewodów znajdujących się w tylnej części zgrzewadła. Ponadto pola magnetyczne przekraczały poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) w promieniu do kilku metrów od zgrzewadeł (zob. dodatek E do tomu 1 poradnika). Przewody zasilające zgrzewadło zostały zaprojektowane w sposób ograniczający do minimum narażenie na pole magnetyczne i w związku z tym, jak wynika z tabeli 6.3, narażenie powodowane przez przewód było znacznie mniejsze od dolnego IPN.

6.11.4 Wyniki pomiarów dotyczące przemysłowej zgrzewarki punktowej w kontekście GPO

Wyniki pokazały, że narażenie pracowników na pole magnetyczne mogło w znacznym stopniu przekraczać odpowiednie IPN, biorąc pod uwagę, że stoją oni w odległości 10–20 cm od zgrzewadeł. Chociaż pracodawca wprowadził jednak wiele środków opisanych w sekcji 6.10 niniejszego studium przypadku, nie we wszystkich przypadkach pracownicy mogli wycofać się poza obszary, w których IPN były przekroczone. Zgodnie z art. 4 ust. 3 dyrektywy o polach elektromagnetycznych wykonawca przeprowadził modelowanie komputerowe w celu określenia, czy odnośne GPO faktycznie zostały przekroczone.

Wykonawca wykorzystał pomiary i obserwacje w celu opracowania modelu zgrzewadła „typu C” o długości ramienia 400 mm. Model ten został następnie wykorzystany do obliczenia pól magnetycznych na obszarach wokół zgrzewadła, w tym na obszarach, w których znajdował się pracownik, którego następnie uwzględniono w modelu. Na rys. 6.21 przedstawiono ostateczne modele zgrzewadła i pracownika oraz model zgrzewadła pokazujący pętlę prądową (zaznaczoną kolorem czerwonym) wykorzystywaną do stymulacji wytwarzania pola magnetycznego, a także obliczone natężenia pola magnetycznego na zaznaczonej płaszczyźnie x–y.

Rysunek 6.21 – Modele zgrzewadła „typu C” z ramieniem o długości 400 mm i pracownika obsługującego to zgrzewadło (po lewej), model pętli prądowej (wysięgnik „C”, zaznaczona kolorem czerwonym) wytwarzającej pole magnetyczne (pośrodku) i model pola magnetycznego wokół zgrzewadła w czasie pracy (po prawej)



Po opracowaniu modeli zgrzewadła i pracownika wykonano obliczenia numeryczne dotyczące wewnętrznych pól elektrycznych indukowanych w ciele człowieka. Wyniki tych obliczeń, które przeprowadzono dla ciała człowieka znajdującego się w odległości 15 cm od ramienia zgrzewadła, pokazano na rys. 6.22. Kolor czerwony oznacza stosunkowo silne pole elektryczne, natomiast kolor fioletowy oznacza słabe pole. Można zaobserwować, że pole przenika głównie przez nadgarstek i górne części nóg operatora, które znajdują się najbliżej pętli prądowej.

W odległości 15 cm odnośne GPO nie były przekroczone, w związku z tym przeprowadzono dalsze obliczenia, aby określić odległości, w jakich GPO ulegają przekroczeniu. Wyniki przedmiotowych dalszych obliczeń zaprezentowano w tabeli 6.4.

Rysunek 6.22 – Rozkład przestrzenny maksymalnych indukowanych pól elektrycznych w modelu ciała ludzkiego wystawionego na działanie pól magnetycznych wytwarzanych przez zgrzewadło „typu C” o długości ramienia 400 mm

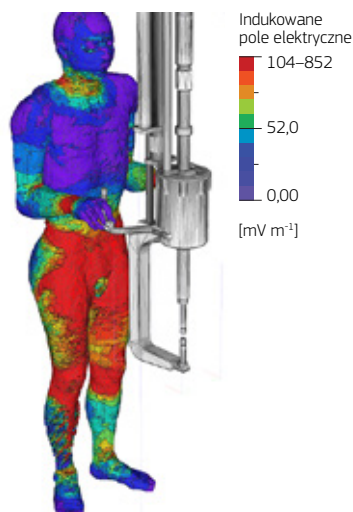


Tabela 6.4 – Maksymalne natężenie wewnętrznego pola elektrycznego wyrażone jako procentowa część odpowiedniego GPO

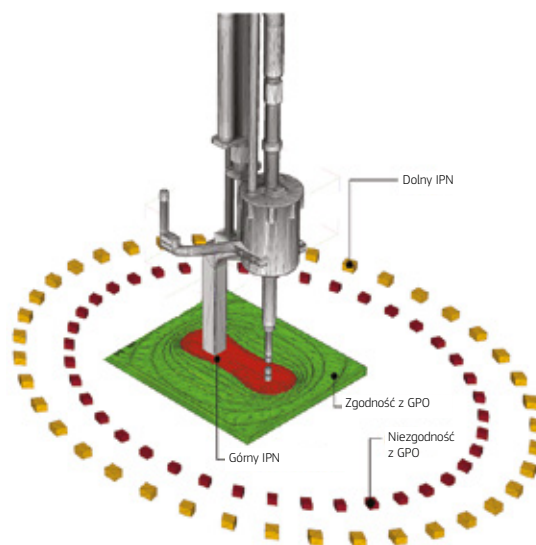
Odległość między tułowiem a zgrzewadłem (cm)	15	7	4
Maksymalne natężenie indukowanego pola elektrycznego w ciele (mVm^{-1})	287	611	811
Wartość procentowa górnego GPO (%)¹	37	79	104
Maksymalne indukowane pole elektryczne w ośrodkowym układzie nerwowym (mVm^{-1})	52	84	92
Wartość procentowa dolnego GPO (%)²	53	85	93

¹ Górny GPO dla częstotliwości 50 Hz wynosi 778 mVm^{-1} (rms)

² Dolny graniczny poziom oddziaływania dla częstotliwości 50 Hz wynosi 99 mVm^{-1} (rms)

W tabeli 6.4 pokazano, że gdy pracownik obsługuje zgrzewadło znajdujące się w odległości 15 cm od jego ciała, maksymalna wartość indukowanego pola elektrycznego wynosi 287 mVm^{-1} , co stanowi 37% górnego granicznego poziomu oddziaływania. W przypadku tkanek ośrodkowego układu nerwowego głowy maksymalna wartość indukowanego pola elektrycznego wynosi 52 mVm^{-1} , co stanowi 53% dolnego granicznego poziomu oddziaływania. Wyniki wskazują, że górny graniczny poziom oddziaływania zostaje faktycznie przekroczony tylko w przypadku, gdy odległość między ciałem a zgrzewadłem zostaje zmniejszona do około 4 cm. Oznacza to, że chociaż pracownicy są narażeni na pola magnetyczne przekraczające IPN, wytwarzane wewnętrzne pola elektryczne nie przekraczają GPO. Różnicę między wielkością obszarów, w których IPN są przekroczone, a wielkością obszaru, w którym pracownik jest faktycznie narażony na przekroczony górny graniczny poziom oddziaływania, pokazano na rys. 6.23 poniżej.

Rysunek 6.23 – Wizualne przedstawienie obszaru wokół zgrzewadła „typu C” o długości ramienia 400 mm, w którym górny graniczny poziom oddziaływania może ulec przekroczeniu (czerwony obszar wewnątrz zielonego obszaru), wraz z liniami wyznaczającymi obszary górnego i dolnego interwencyjnego poziomu narażenia (odpowiednio obrys czerwony i żółty) opracowanymi na rys. 6.18



Podsumowując, w tym przypadku wydaje się, że IPN zapewniają konserwatywną prognozę nadmiernego narażenia i że sytuacja pod względem narażenia jest faktycznie zgodna z wymogami określonymi w dyrektywie o polach elektromagnetycznych.

7. ZGRZEWANIE

7.1 Stanowisko pracy

To studium przypadku dotyczy zakładu produkcji metalurgicznej, w którym wykorzystywane są różne maszyny do zgrzewania oporowego.

7.2 Charakter pracy

Pracownicy używają zgrzewarek punktowych i zgrzewarek liniowych do celów spawania drutów i blach. W warsztacie znajduje się szereg tego rodzaju maszyn.

7.3 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne

Zgrzewarki oporowe składają się z dwóch elektrod zaciskających się po obu stronach zgrzewanych elementów. Przez elektrody i elementy przepływa prąd i wytwarza ciepło konieczne do spawania dzięki oporowi elektrycznemu elementów. Wybierane są ustawienia urządzeń dostosowane do właściwości zgrzewanych komponentów.

7.3.1 Zgrzewarki punktowe

Zgrzewarki punktowe składają się z dwóch małych cylindrycznych elektrod, które zaciskają się na elementach i doprowadzają duży prąd w celu wytworzenia zgrzeiny punktowej. Przedsiębiorstwo korzysta z dwóch rodzajów zgrzewarek punktowych: stołowych zgrzewarek punktowych i przenośnych podwieszanych zgrzewarek punktowych.

Stołowa zgrzewarka punktowa (rys. 7.1) jest zwykle wykorzystywana do zgrzewania drutów ze stali nierdzewnej do krętarzy o średnicy 1,2 mm. Urządzenia są przeznaczone do ustawiania na stole, przy czym stanowisko operatora znajduje się z przodu urządzenia. Zwykle zgrzewarka wykorzystuje 19% maksymalnego dostępnego natężenia prądu (3500 A), tzn. 665 A, i jest zasilana prądem elektrycznym o częstotliwości 50 Hz. Przenośna podwieszana zgrzewarka punktowa (rys. 7.2) jest wykorzystywana do zgrzewania blach. Zgrzewarka składa się z ramion z osadzonymi w nich elektrodami, które poruszają się jak obcęgi, zaciskając nasadki elektrod na komponencie. Zwykle prąd zgrzewania w tym urządzeniu ma wartość 7000 A, a częstotliwość prądu zasilania wynosi 2 kHz.

Rysunek 7.1 – Stołowa zgrzewarka punktowa**Elektrody
spawalnicze****Rysunek 7.2 – Przenośna podwieszana zgrzewarka punktowa**

7.3.2 Zgrzewarka liniowa

Zgrzewarka liniowa jest wykorzystywana do zgrzewania dwóch metalowych elementów. Elektrody zgrzewarki mają kształt tarczy i obracają się w miarę jak materiał przechodzi między nimi, co oznacza, że zgrzeina liniowa jest formowana stopniowo. Zwykle prąd zgrzewania w tych urządzeniach ma wartość 7000 A, a częstotliwość zasilania wynosi 50 Hz (rys. 7.3).

Rysunek 7.3 – Widok zgrzewarki liniowej z przodu i z boku

7.4 Sposoby korzystania z urządzeń

Podczas zgrzewania operatorzy zgrzewarek zwykle stoją lub siedzą obok zgrzewarek, przy czym najbliższej maszyny znajdują się ich dłonie. Obsługując stołową zgrzewarkę punktową i zgrzewarkę liniową, operator trzyma zgrzewany materiał, co oznacza, że jego dłonie mogą znajdować się w odległości zaledwie 10 cm od elektrod spawalniczych. W przypadku korzystania z przenośnej podwieszanej zgrzewarki punktowej położenie zgrzewanego materiału jest ustalone, a operator stoi blisko zgrzewarki punktowej, aby trzymać ją we właściwym położeniu. Wszystkie urządzenia spawalnicze znajdują się w warsztacie razem z innymi maszynami i narzędziami wykorzystywanymi do produkcji komponentów metalowych.

7.5 Podejście do oceny narażenia

Przedsiębiorstwo zbadało dane od producenta dotyczące każdego elementu urządzeń. W niektórych instrukcjach obsługi podawano informację, że urządzenie może wytwarzać pole magnetyczne stwarzające zagrożenie dla osób ze stymulatorami serca. Przedsiębiorstwo nie mogło jednak znaleźć żadnych informacji o stopniu tego zagrożenia (np. jaki jest zakres zagrożenia w stosunku do urządzenia) lub o poziomie pól magnetycznych w kontekście interwencyjnych poziomów narażenia określonych w dyrektywie o polach elektromagnetycznych. W przypadkach niektórych starszych urządzeń przedsiębiorstwo w ogóle nie mogło znaleźć danych producenta.

Urządzenia spawalnicze znajdują się w warsztacie, do którego dostęp ma większość pracowników i do którego mogą wejść zewnątrzni wykonawcy i odwiedzający. W związku z tym przedsiębiorstwo postanowiło przeprowadzić dalszą ocenę zagrożeń. Ze względu na brak wszelkich dalszych informacji od producentów urządzeń przedsiębiorstwo wyznaczyło eksperta-konsultanta do przeprowadzenia oceny.

Do dalszej oceny wybrano trzy różne rodzaje zgrzewarek oporowych, ponieważ wyniki oceny dotyczącej tych zgrzewarek miały stanowić dobry wskaźnik w odniesieniu do wszelkich zagrożeń związanych z podobnymi urządzeniami znajdującymi się w warsztacie. Konsultant zmierzył wartość indukcji magnetycznej w pobliżu urządzenia za pomocą przyrządu z wbudowanym filtrem elektronicznym, który podał wyrażony w procentach wynik uzyskany

przy zastosowaniu podejścia opartego na ważonej wartości szczytowej w dziedzinie czasu, co umożliwia bezpośrednie porównanie z wartościami IPN.

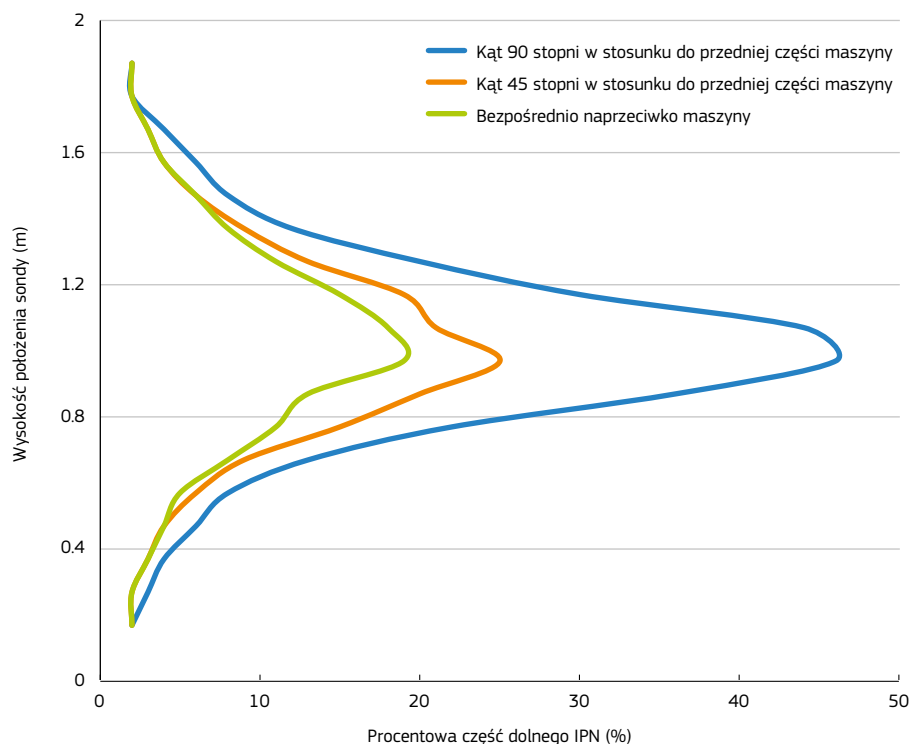
7.6 Wyniki oceny narażenia

7.6.1 Stołowa zgrzewarka punktowa

Konsultant obserwował operatora obsługującego stołową zgrzewarkę punktową. Zauważył, że w czasie zgrzewania głowa i tułów operatora pozostawały w odległości większej niż 30 cm od elektrod i że operator może stać z boku urządzenia, zamiast bezpośrednio przed nim. W związku z tym pomiary wykonano w trzech miejscach w odległości 30 cm od elektrod; bezpośrednio naprzeciwko elektrod, pod kątem 45° w stosunku do przedniej części (po lewej stronie) elektrod i pod kątem 90° w stosunku do przedniej części (po lewej stronie) elektrod. W każdym z tych miejsc pomiary zostały wykonane na różnych wysokościach.

Stwierdzono, że na żadnym z tych potencjalnych stanowisk operatora indukcja magnetyczna nie przekraczała 50% dolnego IPN (rys. 7.4).

Rysunek 7.4 – Indukcja magnetyczna jako procentowa część dolnego interwencyjnego poziomu narażenia w zależności od wysokości na stanowisku operatora (w odległości 30 cm od elektrod)



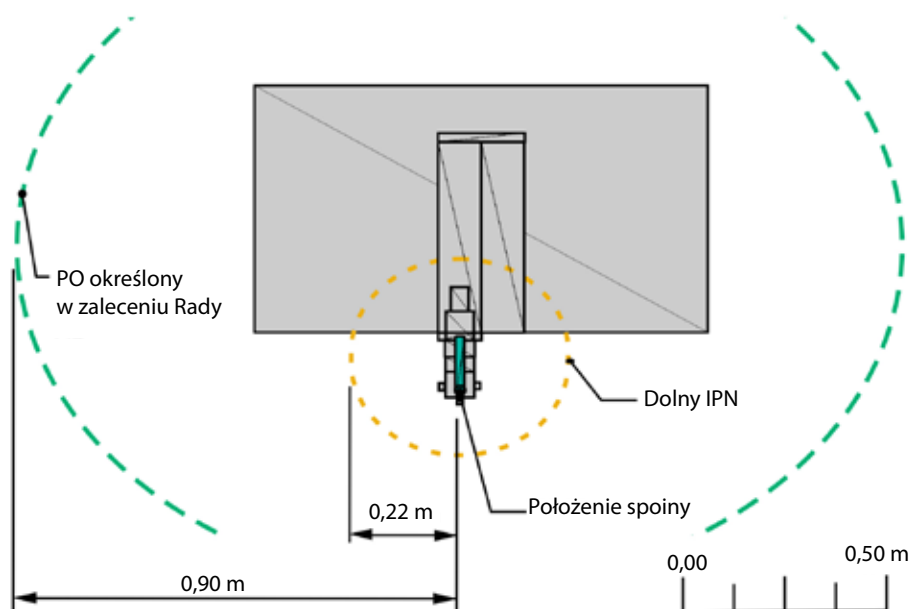
Uwaga: Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 10\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) powyższe wyniki zostały przyjęte jako bezpośrednie wartości procentowe IPN.

Miejsce, w którym indukcja magnetyczna była równa dolnemu IPN, znajdowało się w odległości około 22 cm od elektrod na poziomie nasadek elektrod. Obszar, w którym może nastąpić przekroczenie dolnego IPN, pokazano na rys. 7.5.

Zaobserwowano, że podczas zgrzewania dłonie operatora znajdują się w odległości co najmniej 10 cm od elektrod. W tym miejscu indukcja magnetyczna wynosiła mniej niż 8% IPN kończyn.

Konsultant wykonał pomiary w różnych innych miejscach wokół urządzenia i porównał wyniki z poziomami odniesienia określonymi w zaleceniu Rady (1999/519/WE). Poziomy te można wykorzystać jako ogólny wskaźnik narażenia szczególnie zagrożonych pracowników (zob. dodatek E do tomu 1 poradnika). Stwierdzono, że poziomy odniesienia mogą zostać przekroczone w odległości nie większej niż 1 m od elektrod. Na rys. 7.5 zaznaczono ten obszar zielonym obrysem.

Rysunek 7.5 – Rzut poziomy przedstawiający linie wyznaczające obszary wokół stołowej zgrzewarki punktowej, w których dolny interwencyjny poziom narażenia (kolor żółty) i poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) (kolor zielony) mogą zostać przekroczone

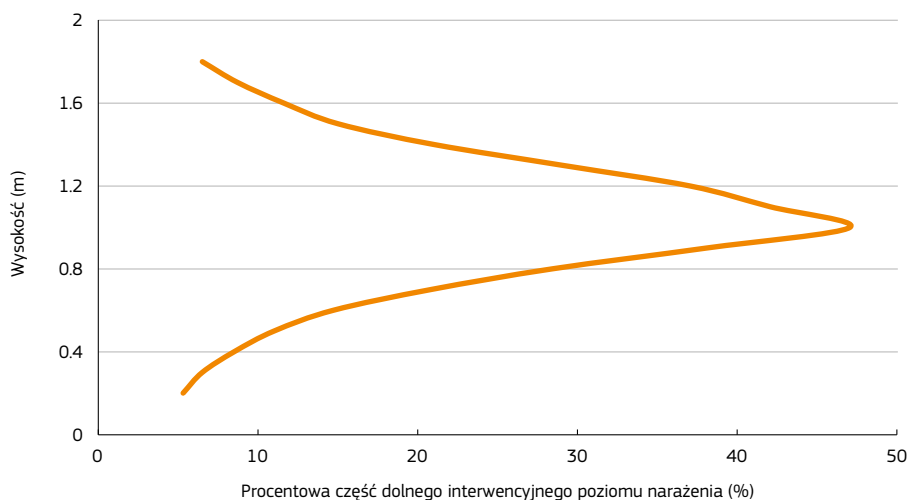


7.6.2 Przenośna podwieszana zgrzewarka punktowa

Podczas zgrzewania operator trzyma zgrzewarkę punktową we właściwym położeniu. Ze względu na długość elektrod (75 cm) operator stoi w odległości około 1 m od nasadek elektrod. Pomiary wykonano na różnych wysokościach w miejscu wykonywania pracy przez operatora.

Najwyższy wynik pomiaru uzyskano na poziomie nasadek elektrod (w czasie tej oceny była to wysokość 1 m od ziemi). Stwierdzono, że w miejscu, w którym znajduje się operator, indukcja magnetyczna nie przekracza 50% IPN (rys. 7.6).

Rysunek 7.6 – Indukcja magnetyczna jako procentowa część górnego i dolnego interwencyjnego poziomu narażenia w stosunku do wysokości na stanowisku pracy operatora (w odległości 1 m od nasadek elektrod)



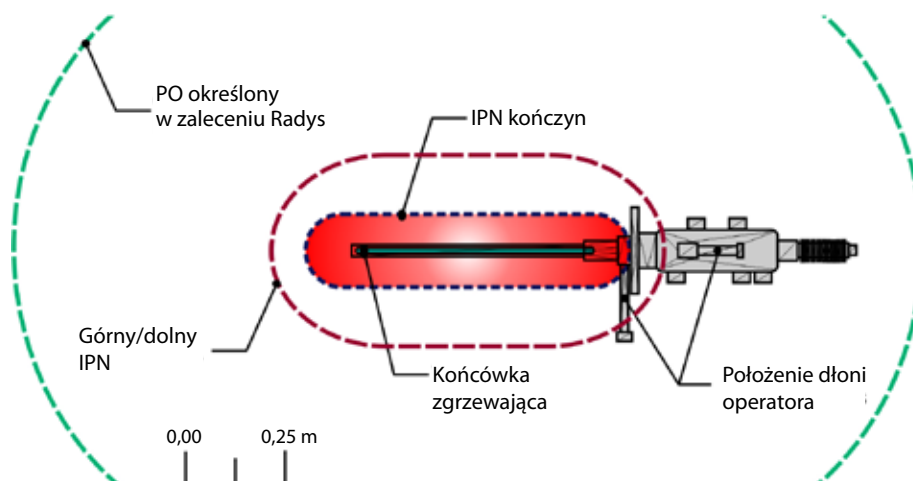
Uwaga: Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 10\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały przyjęte jako bezpośrednie wartości procentowe IPN.

Pomiary wykonano w miejscu, w którym znajdują się dłonie operatora (rys. 7.2). W tym miejscu indukcja magnetyczna wyniosła 88% IPN kończyn.

Konsultant wykonał pomiary w różnych innych miejscach wokół urządzenia i porównał wyniki z poziomami odniesienia określonymi w zaleceniu Rady (1999/519/WE). Stwierdzono, że poziomy odniesienia mogą zostać przekroczone maksymalnie w odległości nie większej niż 1,3 m od urządzenia.

Linie wyznaczające obszary, w których IPN kończyn, górne i dolne IPN oraz poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogą być przekroczone, przedstawiono na rys. 7.7, oznaczając je odpowiednio niebieskim, czerwonym i zielonym obrysem.

Rysunek 7.7 – Rzut poziomy przedstawiający linie wyznaczające obszary wokół przenośnej podwieszanej zgrzewarki punktowej, w których może nastąpić przekroczenie interwencyjnego poziomu narażenia kończyn (kolor niebieski), górnego i dolnego interwencyjnego poziomu narażenia (kolor czerwony) i poziomów odniesienia określonych w zaleceniu Rady (1999/519/WE) (kolor zielony)

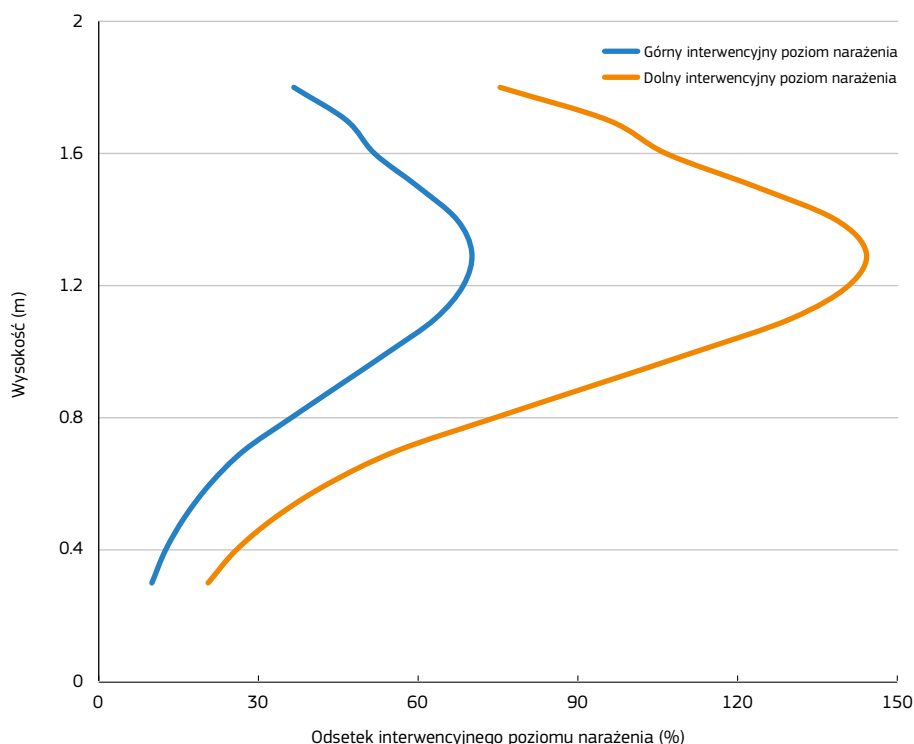


7.6.3 Zgrzewarka liniowa

Podczas zgrzewania operator stoi z boku urządzenia, a jego głowa i tułów znajdują się w odległości co najmniej 50 cm od środka elektrod. Pomiary wykonano na różnych wysokościach w miejscu wykonywania pracy przez operatora.

Najwyższy wynik pomiaru uzyskano na poziomie nasadek elektrod (130 cm od ziemi). Górny IPN nie był przekroczony w tym miejscu; pomiar indukcji magnetycznej wykazał jednak, że stanowiła ona około 140% dolnego IPN (rys. 7.8).

Rysunek 7.8 – Indukcja magnetyczna jako procentowa część górnego i dolnego interwencyjnego poziomu narażenia w stosunku do wysokości na stanowisku pracy operatora (w odległości 50 cm od elektrod, z boku)



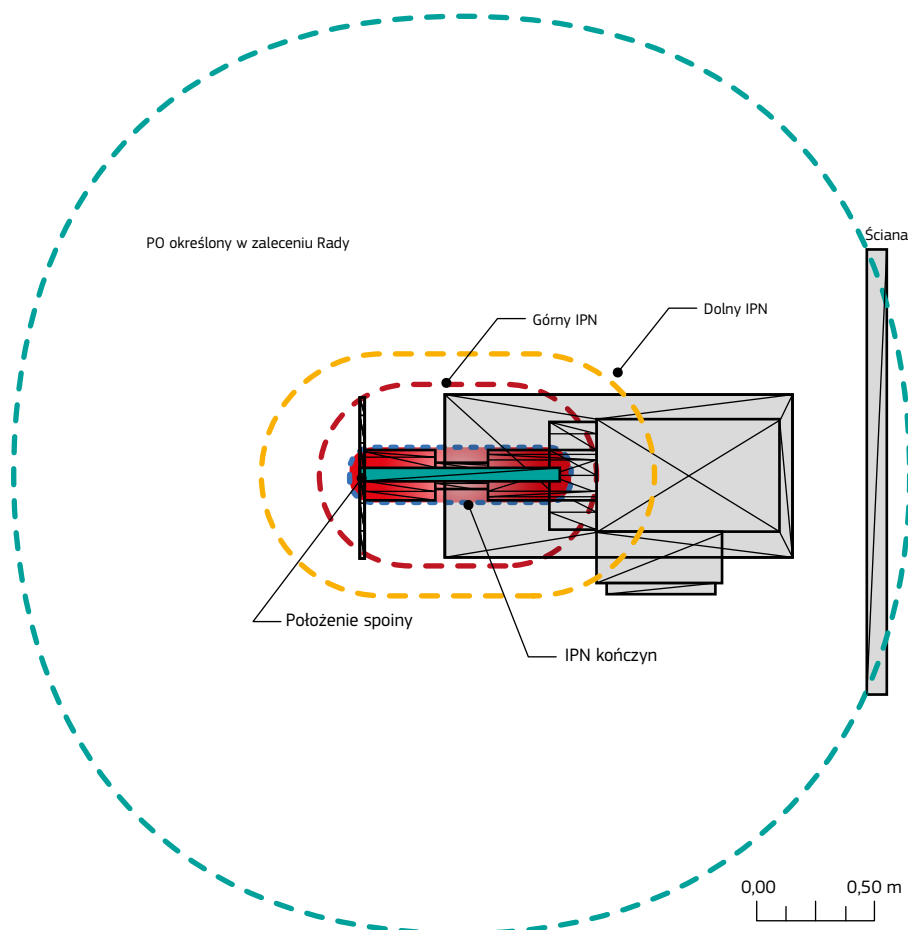
Uwaga: Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 10\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały przyjęte jako bezpośrednie wartości procentowe IPN.

Pomiary wykonano w miejscu, w którym dłonie operatora znajdowały się najbliżej elektrod (około 10 cm od punktu zgrzewania). W tym miejscu indukcja magnetyczna wynosiła mniej niż 67% IPN kończyn. Stwierdzono jednak, że ten IPN mógłby ulec przekroczeniu, gdyby kończyny znalazły się z tyłu elektrod spawalniczych, zamiast z boku.

Podobnie jak w przypadku zgrzewarki punktowej konsultant wykonał pomiary w różnych innych miejscach wokół urządzenia i porównał wyniki z poziomami odniesienia określonymi w zaleceniu Rady (1999/519/WE). Stwierdzono, że poziomy odniesienia mogą być przekroczone w odległości nie większej niż 2,45 m od elektrod.

Obszary, na których IPN kończyn, górny i dolny IPN i poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogą być przekroczone, przedstawiono na rys. 7.9.

Rysunek 7.9 – Rzut poziomy przedstawiający linie wyznaczające obszary wokół zgrzewarki liniowej, w których może wystąpić przekroczenie interwencyjnego poziomego narażenia kończyn (kolor niebieski), górnego interwencyjnego poziomego narażenia (kolor czerwony), dolnego interwencyjnego poziomego narażenia (kolor żółty) i poziomów odniesienia określonych w zaleceniu Rady (1999/519/WE) (kolor zielony)



7.7 Analiza ryzyka

Przedsiębiorstwo przeprowadziło analizy ryzyka związanego z polem elektromagnetycznym w odniesieniu do posiadanych urządzeń spawalniczych w oparciu o informacje zawarte w instrukcjach obsługi i pomiary wykonane przez konsultanta (tabele 7.1, 7.2 i 7.3). Oceny te były spójne z metodyką proponowaną w ramach OiRA (interaktywnego narzędzia on-line do oceny ryzyka opracowanego przez Europejską Agencję Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy). Na podstawie analizy ryzyka stwierdzono, że:

- na typowym stanowisku pracy operatora góry IPN i IPN kończyn nie zostały przekroczone;
- dolny IPN może zostać przekroczony w miejscu, w którym znajduje się operator, jeżeli obsługuje on zgrzewarkę liniową;
- poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogą zostać przekroczone wokół każdej maszyny spawalniczej.

Na podstawie analizy ryzyka przedsiębiorstwo opracowało i udokumentowało plan działania.

Tabela 7.1 – Analiza ryzyka związanego z polem elektromagnetycznym w przypadku stołowych zgrzewarek punktowych

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień dotkliwości			Prawdopodobieństwo			Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach	Male	Średnie	Duże		
Skutki bezpośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego: Dolny interwencyjny poziom narażenia może zostać przekroczony w odległości nie większej niż 22 cm od elektrod Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogą zostać przekroczone w odległości nie większej niż 1 m od elektrod	Zwykłe stanowisko pracy operatora znajduje się w odległości większej niż 30 cm od elektrod, co oznacza, że w miejscu, w którym znajduje się operator, dolny interwencyjny poziom narażenia nie powinien zostać przekroczony	Operatorzy Pracownicy szczególnie zagrożeni (pracownicy w ciąży)	✓				✓	Niski	Informowanie i szkolenie operatorów i pozostałych pracowników warsztatu Umieszczenie ostrzeżeń na urządzeniach Wyznaczenie na podłodze linii granicznej w celu zidentyfikowania obszaru, na którym poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogą zostać przekroczone Zakazanie pracownikom w ciąży korzystania z urządzeń lub przekraczania wyznaczonej linii granicznej w czasie pracy urządzenia	
Pośrednie skutki oddziaływania pola elektromagnetycznego (wpływ na aktywne wyroby medyczne do implantacji): Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogą zostać przekroczone w odległości nie większej niż 1 m od elektrod	Brak	Pracownicy szczególnie zagrożeni	✓				✓	Niski	Przekazanie wszystkim pracownikom informacji na temat tego zagrożenia Włączenie ostrzeżeń do informacji dotyczących bezpieczeństwa w zakładzie Umieszczenie na urządzeniach ostrzeżeń i zakazów Zakazanie pracownikom, którzy mają wszczepione aktywne wyroby medyczne, korzystania z urządzeń lub przekraczania wyznaczonej linii granicznej w czasie pracy urządzenia	

Tabela 7.2 – Analiza ryzyka związanego z polem elektromagnetycznym w przypadku przenośnych podwieszanych grzewarek punktowych

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień dotkliwości			Prawdopodobieństwo			Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach	Małe	Średnie	Duże		
<p>Skutki bezpośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego:</p> <p>Górne i dolne interwencyjne poziomy narażenia mogą zostać przekroczone w odległości nie większej niż 33 cm od ramion elektrod</p> <p>Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogą zostać przekroczone w odległości nie większej niż 1,3 m od urządzenia</p>	<p>Brak. Obszar, w którym występuje przekroczenie górnych i dolnych interwencyjne poziomów narażenia, jest jednak ograniczony</p>	<p>Operatorzy</p> <p>Pozostali pracownicy</p> <p>Pracownicy szczególnie zagrożeni (pracownicy w ciąży)</p>	✓				✓	Niski	<p>Informowanie i szkolenie operatorów i pozostałych pracowników warsztatu</p> <p>Umieszczenie ostrzeżeń na urządzeniach</p> <p>Wyznaczenie na podłodze linii granicznej w celu zidentyfikowania obszaru, na którym poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogą zostać przekroczone</p> <p>Zakazanie pracownikom w ciąży korzystania z urządzeń lub przekraczania wyznaczonej linii granicznej w czasie pracy urządzenia</p>	
<p>Skutki pośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego (wpływ na działanie aktywnych wyrobów medycznych do implantacji):</p> <p>Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogą zostać przekroczone w odległości nie większej niż 1,3 m od elektrod</p>	Brak	Pracownicy szczególnie zagrożeni	✓				✓	Niski	<p>Przekazanie wszystkim pracownikom informacji na temat tego zagrożenia</p> <p>Włączenie ostrzeżeń do informacji dotyczących bezpieczeństwa w zakładzie</p> <p>Umieszczenie na urządzeniach ostrzeżeń i zakazów</p> <p>Zakazanie pracownikom, którzy mają wszczepione aktywne wyroby medyczne, korzystania z urządzeń lub przekraczania wyznaczonej linii granicznej w czasie pracy urządzenia</p>	

Tabela 7.3 – Analiza ryzyka związanego z polem elektromagnetycznym w przypadku zgrzewarek liniowych

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień dotkliwości			Prawdopodobieństwo			Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach	Mate	Średnie	Duże		
<p>Skutki bezpośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego:</p> <p>Dolny IPN zostaje przekroczony na stanowisku operatora</p> <p>Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogą być przekroczone w odległości nie większej niż 2,45 m od elektrod</p>	Brak	Operatorzy Pozostali pracownicy	✓					✓	Niski	<p>Zapewnienie operatorom i pozostałym pracownikom informacji i szkoleń, w szczególności w zakresie potencjalnych skutków oddziaływania oraz konieczności zgłaszania wszelkich przypadków napotkania takich skutków</p> <p>Umieszczenie ostrzeżeń na urządzeniach</p> <p>Wyznaczenie na podłozie linii granicznej w celu zidentyfikowania obszaru, na którym poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogą zostać przekroczone</p> <p>Zakazanie pracownikom w ciąży korzystania z urządzeń lub przekraczania wyznaczonej linii granicznej w czasie pracy urządzenia</p>
<p>Skutki pośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego (wpływ na działanie aktywnych wyrobów medycznych do implantacji):</p> <p>Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogą być przekroczone w odległości nie większej niż 2,45 m od elektrod</p>	Brak	Pracownicy szczególnie zagrożeni	✓				✓		Niski	<p>Przekazanie wszystkim pracownikom informacji na temat tego zagrożenia</p> <p>Włączenie ostrzeżeń do informacji dotyczących bezpieczeństwa w zakładzie</p> <p>Umieszczenie na urządzeniach ostrzeżeń i zakazów</p> <p>Zakazanie pracownikom, którzy mają wszczepione aktywne wyroby medyczne, korzystania z urządzeń lub przekraczania wyznaczonej linii granicznej w czasie pracy urządzenia</p>

7.8 Wdrożone środki ostrożności

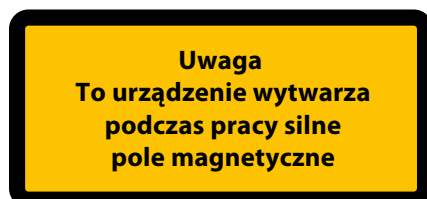
Przed dokonaniem przez konsultanta oceny pomiaru nie wdrożono żadnych szczególnych środków ostrożności służących ograniczeniu narażenia na działanie pola elektromagnetycznego.

7.9 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny

W wyniku oceny pomiaru i po przeprowadzeniu oceny zagrożeń związanych z wykorzystywaniem sprzętu przedsiębiorstwo opracowało plan działania i podjęło następujące decyzje:

- poinformować pracowników o zagrożeniach związanych z działaniem pola elektromagnetycznego wytwarzanego przez urządzenia spawalnicze;
- wyznaczyć na podłodze wokół urządzenia linie graniczne wskazujące obszar, na którym poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogą zostać przekroczone;
- zakazać pracownikom w ciąży i pracownikom, którzy mają wszczepione aktywne wyroby medyczne, korzystania z urządzeń lub przekraczania wyznaczonej linii granicznej w czasie pracy urządzenia;
- umieścić na urządzeniach spawalniczych informacje ostrzegające o występowaniu silnych pól magnetycznych oraz zakazy dotyczące osób korzystających z aktywnego wyrobu medycznego do implantacji (rys. 7.10);
- zadbać, poprzez odpowiednie programy wprowadzające do postępowania w miejscu pracy i współpracę z wykonawcami, aby osoby wchodzące na teren warsztatu były świadome istniejących zagrożeń.

Rysunek 7.10 – Przykładowe ostrzeżenia dotyczące występowania silnych pól magnetycznych i przedstawienie symbolu zakazu dla osób korzystających z aktywnego wyrobu medycznego do implantacji



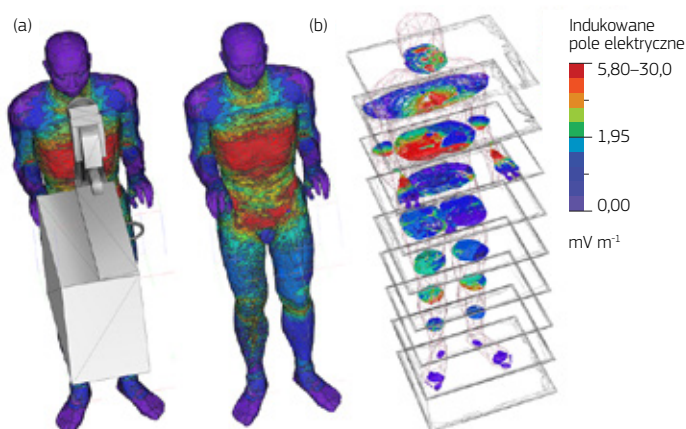
7.10 Odniesienia do źródeł dodatkowych informacji

Wyniki modelowania komputerowego oparte na wynikach pomiarów przeprowadzonych w pobliżu wszystkich trzech maszyn spawalniczych potwierdzają, że indukowane pola elektryczne były zgodne z GPO.

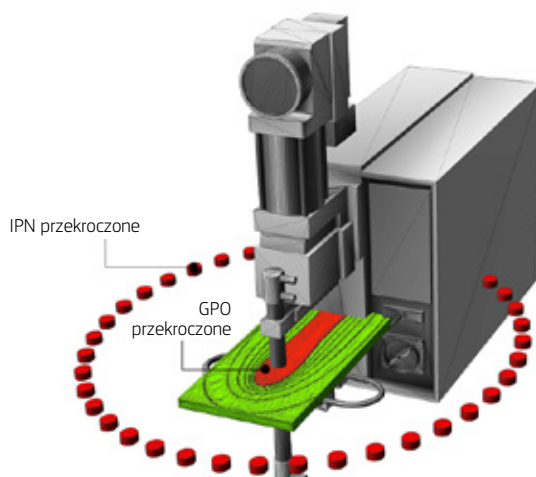
7.10.1 Stołowa zgrzewarka punktowa

W przypadku stołowej zgrzewarki punktowej stwierdzono, że poziomy narażenia operatora wyniesie mniej niż 1% GPO (rys. 7.11). GPO zostałby przekroczony tylko w przypadku, gdyby ciało znalazło się w przestrzeni między elektrodami a osłoną zgrzewarki lub w odległości mniejszej niż jeden centymetr od samych elektrod w czasie pracy urządzenia (rys. 7.12).

Rysunek 7.11 – Rozkład indukowanego pola elektrycznego w modelu ciała ludzkiego, w którym tułów znajduje się w odległości 20 cm od elektrod, a ręce w odległości około 8 cm. Rysunek przedstawia również rozkład przestrzenny maksymalnych wewnętrznych pól elektrycznych wytworzonych w wyniku narażenia na działanie zgrzewarki punktowej: a) na powierzchni ciała operatora oraz b) w różnych poziomych warstwach ciała operatora



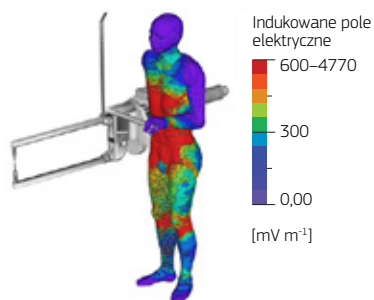
Rysunek 7.12 – Linie wyznaczające obszary wokół stołowej zgrzewarki punktowej, w których może zostać przekroczony górny graniczny poziom oddziaływania (czerwony obszar). Na rys. przedstawiono również obszary, w których górny graniczny poziom oddziaływania nie został przekroczony (obszar zielony i obszar poza jego granicami), i obszar, w którym dolny interwencyjny poziom narażenia może zostać przekroczony (czerwone kręgi)



7.10.2 Przenośna podwieszana zgrzewarka punktowa

W przypadku przenośnej podwieszanej zgrzewarki punktowej stwierdzono, że IPN nie zostały przekroczone w miejscu, w którym znajduje się operator. Rozkład indukowanego pola elektrycznego przedstawiono jednak na rys. 7.13.

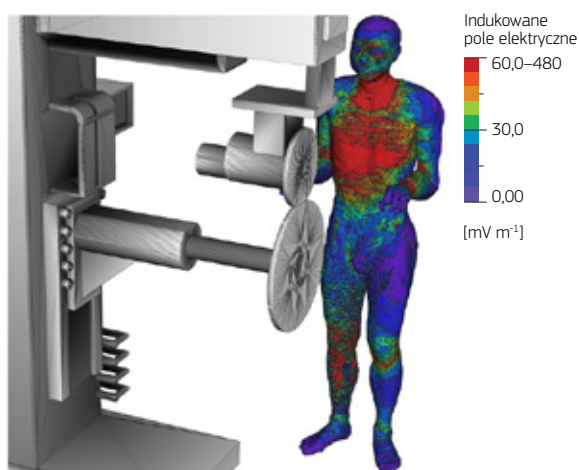
Rysunek 7.13 – Rozkład przestrzenny maksymalnych indukowanych pól elektrycznych w modelu ciała ludzkiego wystawionego na oddziaływanie przenośnej podwieszanej zgrzewarki punktowej



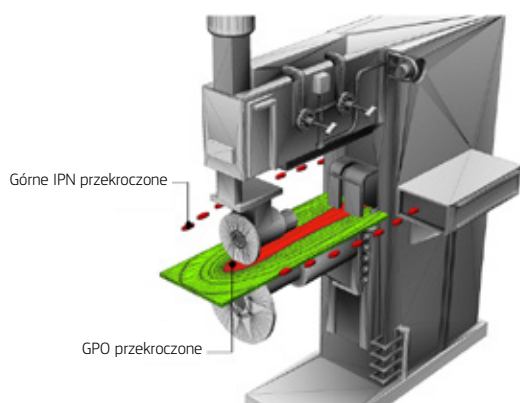
7.10.3 Zgrzewarka liniowa

Dolny IPN jest przekroczony w miejscu, w którym znajduje się operator. Z modelowania komputerowego wynika, że poziom narażenia w miejscu, w którym znajduje się operator, nie przekracza 50% GPO. Rozkład indukowanego pola elektrycznego przedstawiono na rys. 7.14. Stwierdzono, że GPO mogłyby zostać przekroczone tylko w przypadku, gdyby ciało znalazło się w luce między elektrodami a osłoną zgrzewarki lub w odległości mniejszej niż 5 cm od samych elektrod krążkowych w czasie pracy urządzenia. Obszar ten zaznaczono kolorem czerwonym na rys. 7.15.

Rysunek 7.14 – Rozkład przestrzenny maksymalnych wewnętrznych pól elektrycznych wytworzonych w modelu ciała ludzkiego w wyniku narażenia na działanie zgrzewarki liniowej



Rysunek 7.15 – Linie wyznaczające obszary wokół zgrzewarki liniowej, w których może zostać przekroczony górny graniczny poziom oddziaływania (czerwony obszar). Na rys. przedstawiono również obszary, w których górny graniczny poziom oddziaływania nie ulega przekroczeniu (obszar zielony i obszar poza jego granicami), i obszar, w którym górny interwencyjny poziom narażenia może zostać przekroczony (czerwone kreski)



8. PRZEMYSŁ METALURGICZNY

W niniejszym studium przypadku źródłami pola elektromagnetycznego są następujące urządzenia:

- piece indukcyjne;
- piece łukowe;
- analizator do oznaczania węgla i siarki z małym piecem.

8.1 Stanowisko pracy

Źródła pola elektromagnetycznego stosowano na różnych stanowiskach pracy w zakładzie produkującym specjalne metale i stopy na potrzeby wielu gałęzi przemysłu. Stanowiska pracy będące przedmiotem zainteresowania obejmowały:

- instalację do produkcji stopów na małą skalę;
- instalację do produkcji żelazotytanu;
- dużą instalację do przetapiania w piecach elektrycznych;
- instalację pieca łukowego;
- laboratorium analityczne.

8.2 Charakter pracy

Metale i stopy produkowano z surowców w różnych miejscach w obrębie fabryki, a ponadto przedsiębiorstwo prowadziło również badania analityczne w laboratorium.

Większość prac będących przedmiotem tego studium przypadku wiązała się z ręcznym załadunkiem pieców, co – w zależności od urządzenia – często miało miejsce w czasie jego pracy.

Wszelkie prace konserwacyjne i naprawy urządzenia wykonywano wyłącznie w czasie, w którym piec był wyłączony, ze względu na inne zagrożenia, takie jak porażenie prądem elektrycznym, oparzenia, uderzenia spowodowane ruchomymi elementami maszyn itd.

8.3 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne i sposobu ich eksploatacji

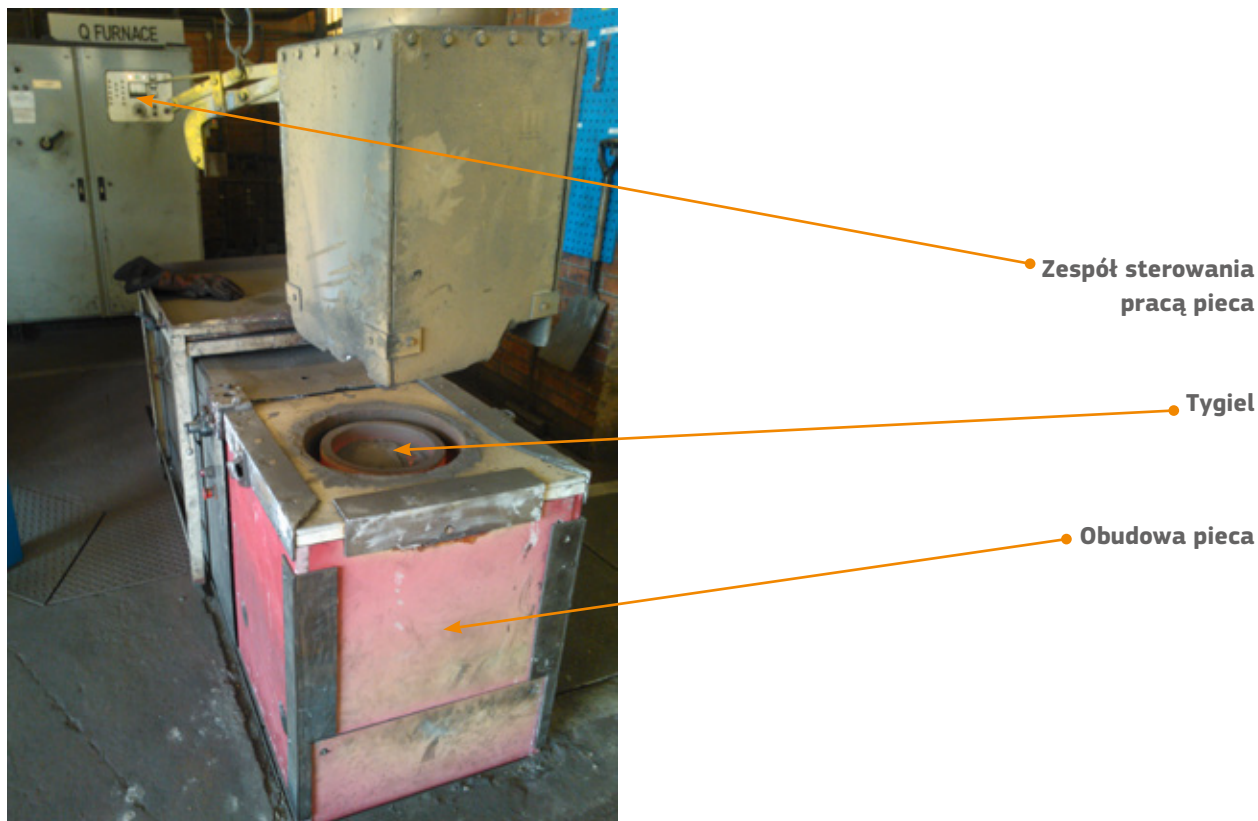
8.3.1 Instalacja do produkcji stopów na małą skalę

Instalacja ta służyła do produkcji stopów w małym piecu indukcyjnym (o średnicy około 30 cm). Piec indukcyjny pracował w zakresie częstotliwości 2,4–2,6 kHz, pobierając 60–160 kW. Piec przedstawiono na rys. 8.1, a zasadę jego działania opisano poniżej:

- tygiel zawierający do 45 kg surowca umieszczano w piecu;
- operator ustawiał moc 60 kW i włączał piec, który był zasilany prądem elektrycznym o częstotliwości 2,42 kHz;

- w ciągu około 25 minut następowało automatyczne zwiększenie mocy do 160 kW;
- w tym czasie zwiększała się również częstotliwość prądu elektrycznego do 2,6 kHz;
- po około 25 minutach operator obniżał moc do 80 kW;
- po kolejnych pięciu minutach operator wyłączał piec i wyciągał tygiel.

Rysunek 8.1 – Piec indukcyjny w instalacji do produkcji stopów na małą skalę



• Zespół sterowania pracą pieca

• Tygiel

• Obudowa pieca

8.3.2 Instalacja do produkcji żelazotytanu

W skład instalacji wchodziły dwa piece indukcyjne o pojemności 1,5 tony, zasilane za pośrednictwem pojedynczego układu sterowania zmienną mocą indukcyjną. Piece były zasilane prądem elektrycznym o zakresie częstotliwości 217–232 Hz i pobierały moc 600 kW. Tygły były napełniane ręcznie, zazwyczaj w czasie pracy pieców.

8.3.3 Duża instalacja do przetapiania w piecach elektrycznych

Instalacja ta obejmowała 10 pieców indukcyjnych o pojemności 1,5 tony każdy, zasilanych prądem elektrycznym o częstotliwości 50 Hz. Cewki indukcyjne stanowiły integralną część tygla, co pozwalało doprowadzać energię i utrzymywać metal w postaci stopionej w momencie jego spuszczenia.

Tygły były osadzone na podwyższonej platformie, a ich górne części znajdowały się na równi z platformą i operatorzy zazwyczaj napełniali je ręcznie z platformy w trakcie procesu przetapiania. Pod koniec procesu przetapiania tygły przechylano i roztopiony metal spuszczano.

Piecy pobierały moc 70–1300 kW. Moc zasilania doprowadzana do pieców zmieniała się w trakcie procesu przetapiania i malała pod koniec tego procesu, ponieważ utrzymanie metalu w postaci stopionej po jego całkowitym roztopieniu wymagało niższej mocy.

Piece zasilano z transformatorów znajdujących się w piwnicach pod piecami. Transformatory i szyny zbiorcze znajdowały się w klatkach i dostęp do nich był ograniczony dzięki systemowi zamknięć Castell. Układy sterowania zmienną mocą indukcyjną znajdowały się w sterowniach na platformie pieca.

8.3.4 Instalacja pieca łukowego

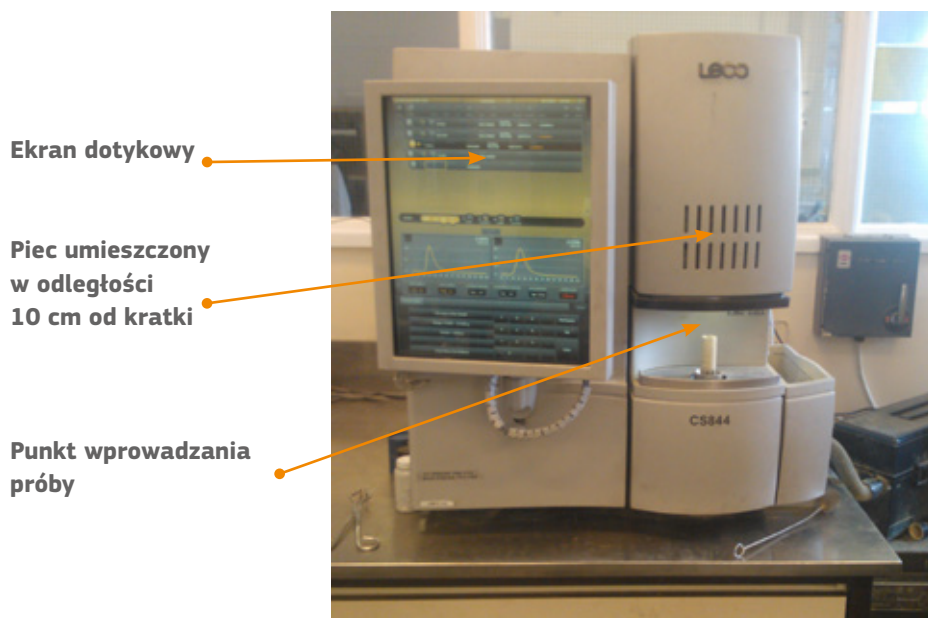
Instalacja ta obejmowała dwa piece łukowe produkujące stopy niklu i boru oraz chromu i boru, każdy z nich zasilany prądem elektrycznym o częstotliwości 50 Hz. Piece pracowały w systemie przelotowym, wytwarzając około jednej tony produktu z jednego wsadu. Piece napełniano ręcznie i sterowano ich pracą ze sterowni.

Piece pobierały moc 500–1000 kW. Transformatory i szyny zbiorcze doprowadzające zasilanie do pieców znajdowały się w klatkach i dostęp do nich był ograniczony dzięki zastosowaniu systemu zamknięć Castell.

8.3.5 Laboratorium analityczne

W laboratorium stosowano stołowy analizator węgla i siarki. Analizator był wyposażony w mały piec o mocy 2,2 kW zasilany prądem elektrycznym o częstotliwości 18 MHz. Próby umieszczane w analizatorze przez operatora były podnoszone i wprowadzane do środkowej części cewki pieca, znajdującej się w analizatorze w odległości około 10 cm od wnętrza obudowy. Następnie przez około jedną minutę do pieca doprowadzano zasilanie i w tym czasie przebiegała analiza. Następnie operator opuszczał próbę poza obręb pieca i ją odzyskiwał. Cały ten proces, od momentu umieszczenia próbki w analizatorze do jej odzyskania, przebiegał automatycznie i operator nie musiał stać blisko pracującego analizatora. Analizator przedstawiono na rys. 8.2.

Rysunek 8.2 – Analizator węgla i siarki w laboratorium analitycznym



8.4 Podejście do oceny narażenia

Ekspert-konsultant przeprowadził pomiary narażenia za pomocą specjalistycznych przyrządów. Ze względu na wielkość zakładu i znaczną liczbę stref pracy, w których osoby mogą być narażone na działanie pola elektromagnetycznego, przeprowadzono wstępne badanie w celu zidentyfikowania wszystkich obszarów, w których mogą zostać przekroczone interwencyjne poziomy narażenia (IPN). Następnie powracano do każdego z tych obszarów, przeprowadzając kolejne, bardziej szczegółowe pomiary na potrzeby opracowania planu działania. Wszystkie pomiary zostały przeprowadzone w miejscach dostępnych dla pracowników w czasie pracy urządzenia.

Mierzono w szczególności pola magnetyczne wytwarzane przez urządzenie, ponieważ pola te mogły w największym zakresie przyczynić się do narażenia pracowników.

Podczas oceny narażenia pracowników szczególnie zagrożonych przeprowadzono porównanie z poziomami odniesienia określonymi w zaleceniu Rady (1999/519/WE) (zob. dodatek E do tomu 1 poradnika).

8.4.1 Instalacja do produkcji stopów na małą skalę

Pomiary przeprowadzono w różnych miejscach w zakładzie w trakcie trwania procesu przetapiania. Pomiary wykonano w następujących miejscach:

- w pobliżu pieca;
- w pobliżu układu sterowania;
- w pobliżu przewodów zasilających układ sterowania;
- w pobliżu przewodów łączących układ sterowania z piecem;
- w kabinie operatora.

8.4.2 Instalacja do produkcji żelazotytanu

Pomiary przeprowadzono w różnych miejscach w zakładzie w trakcie trwania procesu przetapiania. Pomiary wykonano w następujących miejscach:

- w pobliżu pieców;
- w pobliżu układu sterowania zmienną mocą indukcyjną;
- w pobliżu przewodów zasilających układ sterowania;
- w pobliżu przewodów łączących układ sterowania z piecem;
- przy pulpicie operatora.

8.4.3 Duża instalacja do przetapiania w piecach elektrycznych

Pomiary przeprowadzono w szeregu miejsc w zakładzie w czasie pracy pieców. Pomiary wykonano w następujących miejscach:

- miejsca, w których znajduje się operator podczas załadunku pieców z platformy;
- miejsca, w których znajduje się operator podczas obsługi mechanizmów przechylania tygla;
- w pobliżu tygla podczas jego przechylenia;
- w sterowniach;
- w pobliżu układów sterowania ze zmienną mocą indukcyjną;
- w pobliżu przewodów zasilających układy sterowania;
- w pobliżu przewodów łączących układy sterowania z piecami;

- poza obrębem klatek w piwnicach transformatorowych;
- pod szynami zbiorczymi w najbliższych punktach dostępu.

8.4.4 Instalacja pieca łukowego

Pomiary przeprowadzono w szeregu miejsc w zakładzie w czasie pracy pieców. Pomiary wykonano w następujących miejscach:

- miejsca, w których znajduje się operator podczas załadunku pieców;
- w sterowniach;
- w pobliżu układów sterowania;
- w punktach dostępu położonych najbliżej podstaw pieców;
- pod szynami zbiorczymi w najbliższych punktach dostępu;
- wokół klatek z transformatorami;
- w przejściach wokół pieców.

8.4.5 Laboratorium analityczne

Pomiary przeprowadzono wokół analizatora w czasie pracy pieca. Szczególną uwagę zwrócono na obszar wokół pieca i obszar, w którym stał operator podczas wykonywania analizy.

8.5 Wyniki oceny narażenia

8.5.1 Wstępna ocena narażenia

Wyniki pomiarów narażenia porównano z górnymi i dolnymi IPN oraz poziomami odniesienia określonymi w zaleceniu Rady (1999/519/WE). W przypadkach, w których stwierdzono, że w jakimkolwiek obszarze roboczym wyniki przekraczają IPN, przeprowadzono kolejny pomiar w celu określenia odległości, w której indukcja magnetyczna była równa 100% IPN, aby można było podjąć decyzję, czy powinna zostać wykonana bardziej szczegółowa ocena w oparciu o prawdopodobieństwo obecności człowieka w obszarze, w którym IPN został przekroczony. Istotne wnioski z wstępnej oceny narażenia podsumowano w tabeli 8.1.

Tabela 8.1 – Podsumowanie istotnych wniosków z wstępnej oceny narażenia

Obszar pracy	Urządzenie	Obszary największego narażenia i lokalizacja granicy interwencyjnego poziomu narażenia (w stosownych przypadkach)	Wartość procentowa poziomu narażenia		
			Dolny interwencyjny poziom narażenia	Górny interwencyjny poziom narażenia	Poziom odniesienia określony w zaleceniu Rady (1999/519/WE)
Instalacja do produkcji stopów na małą skalę	Piec indukcyjny (2,42–2,6 kHz)	50 cm od krawędzi obudowy pieca	190% ¹	190% ¹	3500% ²
		80 cm od krawędzi obudowy pieca	100% ¹	100% ¹	1800% ²
Instalacja do produkcji żelazotytanu	Dwa piece indukcyjne (217–232 Hz)	Położenie tułowia operatora stojącego w pobliżu układu sterowania ze zmienną mocą indukcyjną	7,8% ³	6,0% ⁴	360% ⁵
Duża instalacja do przetapiania w piecach elektrycznych	10 pieców indukcyjnych (50 Hz)	30 cm od przewodów prowadzących do tygla podczas przechylania	40% ³	6,7% ⁶	400% ⁷
Instalacja z piecem łukowym	Dwa piece łukowe (50 Hz)	Miejsce, w którym znajduje się tułów operatora stojącego w punkcie dostępu położonym najbliżej podstawy pieca	70% ³	12 % ⁶	700% ⁷
Laboratorium analityczne	Analizator węgla i siarki z piecem indukcyjnym (18 MHz)	20 cm od powierzchni osłony analizatora	110% ⁸		230% ⁹
		22 cm od powierzchni obudowy analizatora	100% ⁸		220% ⁹

¹ Górne i dolne interwencyjne poziomy narażenia na indukcję magnetyczną wytwarzaną przez prąd elektryczny o częstotliwości 2,6 kHz: 115 µT

² Określony w zaleceniu Rady (1999/519/WE) poziom odniesienia dla częstotliwości 2,6 kHz: 6,25 µT

³ Dolny interwencyjny poziom narażenia na indukcję magnetyczną wytworzoną przez prąd elektryczny o częstotliwości 25–300 Hz: 1000 µT

⁴ Interwencyjny poziom narażenia na indukcję magnetyczną wytworzoną przez prąd elektryczny o częstotliwości 230 Hz: 1300 µT

⁵ Określony w zaleceniu Rady (1999/519/WE) poziom odniesienia dla częstotliwości 230 Hz: 21,7 µT

⁶ Interwencyjny poziom narażenia na indukcję magnetyczną wytworzoną przez prąd elektryczny o częstotliwości 50 Hz: 6000 µT

⁷ Określony w zaleceniu Rady (1999/519/WE) poziom odniesienia dla częstotliwości 50 Hz: 100 µT

⁸ Interwencyjny poziom narażenia na indukcję magnetyczną wytworzoną przez prąd elektryczny o częstotliwości 10–400 MHz: 0,2 µT

⁹ Określony w zaleceniu Rady (1999/519/WE) poziom odniesienia dla częstotliwości w zakresie 10–400 MHz: 0,092 µT

Uwaga: Niepewność pomiarów oszacowano na ±10% i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały przyjęte jako bezpośrednie wartości procentowe IPN.

W oparciu o wyniki oceny narażenia przedsiębiorstwo uzyskało następujące informacje:

- górne i dolne IPN były przekroczone w odległości do 80 cm od pieca indukcyjnego w instalacji do produkcji stopów na małą skalę, przy czym strefa ta była łatwo dostępna dla pracowników w trakcie procesu przetapiania;
- IPN był przekroczone w odległości do 22 cm od analizatora węgla i siarki zainstalowanego w laboratorium analitycznym, przy czym żadna część ciała pracowników nie znajdowała się w tym obszarze w czasie pracy pieca;
- poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) były przekroczone w dostępnych miejscach we wszystkich obszarach roboczych będących przedmiotem oceny.

W przykładzie dotyczącym analizatora węgla i siarki obszar, w którym wartość IPN została przekroczona, był niewielki, biorąc więc pod uwagę sposób, w jaki analizator działał, istniało małe prawdopodobieństwo narażenia pracowników na poziomy oddziaływanie pól elektrycznych i magnetycznych przekraczające IPN.

Na podstawie wniosków z wstępnej oceny narażenia konsultant przeprowadził bardziej szczegółową ocenę oddziaływania pieca indukcyjnego instalacji do produkcji stopów na małą skalę.

8.5.2 Szczegółowa ocena narażenia w przypadku pieca indukcyjnego instalacji do produkcji stopów na małą skalę

Konsultant przeprowadził ocenę narażenia, która obejmowała obserwację sposobu obsługi pieca, aby można było znaleźć praktyczne rozwiązanie problemu.

W różnych miejscach wokół pieca przeprowadzono szereg pomiarów indukcji magnetycznej. Wyniki tych pomiarów umożliwiły wykreślenie linii wyznaczających obszary IPN i poziomów odniesienia określonych w zaleceniu Rady (1999/519/WE). Na podłodze umieszczono również oznaczenia wskazujące obszar, w którym IPN zostały przekroczone (rys. 8.3). Istotne wnioski ze szczegółowej oceny narażenia podsumowano w tabeli 8.2. Zwymiarowany rysunek pieca pokazujący linie wyznaczające obszary IPN i poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) przedstawiono na rys. 8.4.

Tabela 8.2 – Podsumowanie istotnych wniosków ze szczegółowej oceny narażenia w przypadku pieca indukcyjnego znajdującego się w instalacji do produkcji stopów na małą skalę

Miejsce pomiaru	Wartość procentowa poziomu narażenia		
	Górne i dolne interwencyjne poziomy narażenia ¹	Interwencyjny poziom narażenia kończyn ²	Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) ³
45 cm od krawędzi obudowy pieca (odległość do interwencyjnego poziomu narażenia kończyn)	300%	100%	5500%
80 cm od krawędzi obudowy pieca (odległość do interwencyjnego poziomu narażenia kończyn)	100%	33%	1800%
300 cm od krawędzi obudowy pieca (odległość do poziomu odniesienia określonego w zaleceniu 1999/519/WE)	5,4%	1,8%	100%
Miejsce, w którym znajduje się tułów operatora stojącego przy układzie sterowania	3,5%	1,2%	64%
450 cm od krawędzi obudowy pieca (miejsce, w którym znajduje się tułów operatora stojącego w kabinie operatora)	2,0%	0,67%	37%

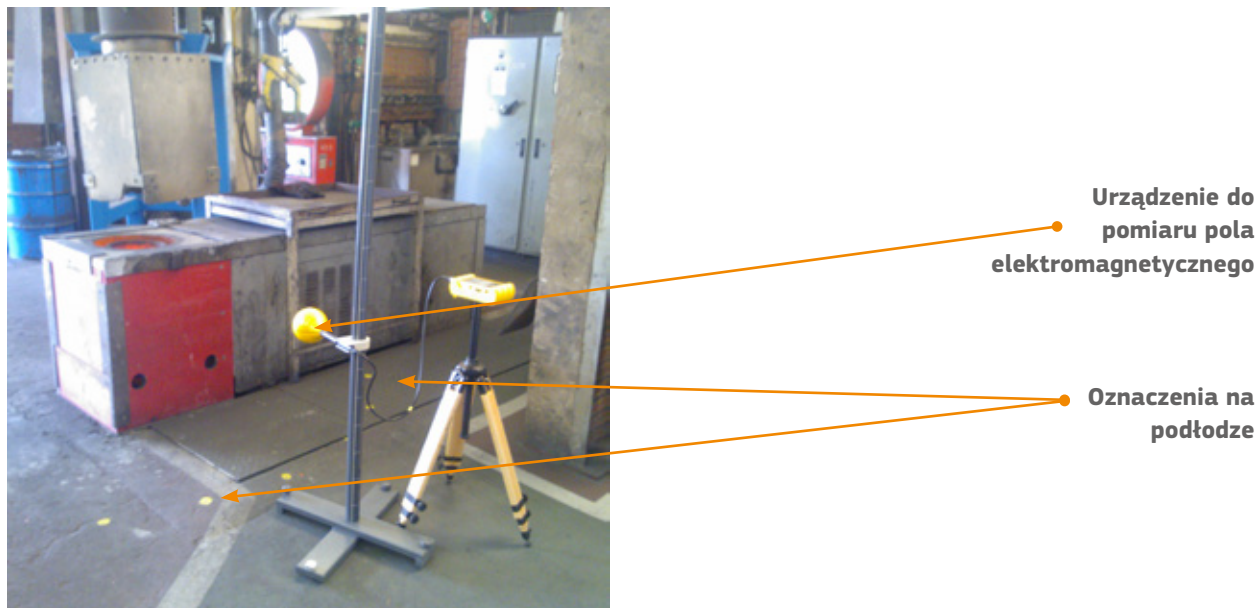
¹ Górne i dolne interwencyjne poziomy narażenia na indukcję magnetyczną wytwarzaną przez prąd elektryczny o częstotliwości 2,6 kHz: 115 μ T

² Interwencyjny poziom narażenia kończyn na indukcję magnetyczną wytwarzaną przez prąd elektryczny o częstotliwości 2,6 kHz: 346 μ T

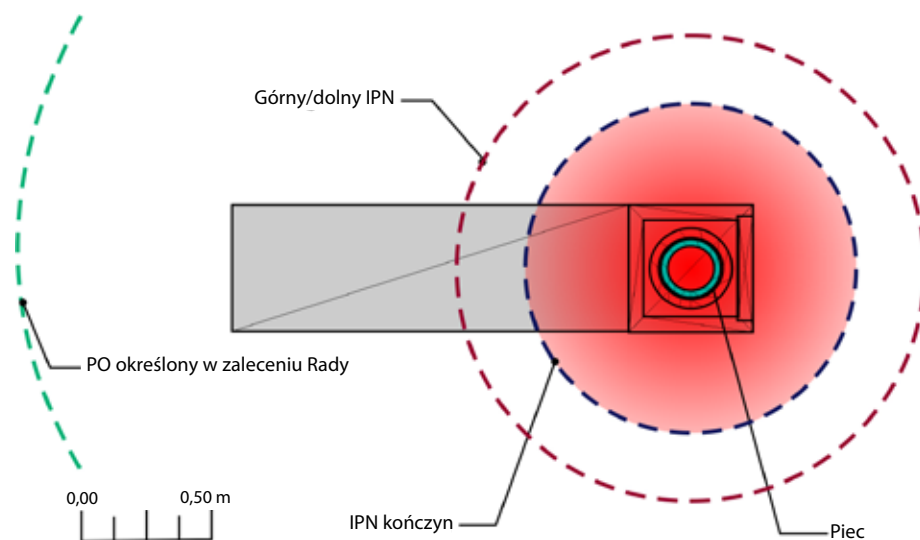
³ Określony w zaleceniu Rady (1999/519/WE) poziom odniesienia dla częstotliwości 2,6 kHz: 6,25 μ T

Uwaga: Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 10\%$ i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały przyjęte jako bezpośrednie wartości procentowe IPN.

Rysunek 8.3 – Oznaczenia na podłodze wskazujące obszar, w którym górne i dolne interwencyjne poziomy narażenia były przekroczone



Rysunek 8.4 – Rzut poziomy przedstawiający linie wyznaczające obszary wokół pieca indukcyjnego w instalacji do produkcji stopów na małą skalę, w których interwencyjne poziomy narażenia i poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) mogą zostać przekroczone



Linie wyznaczające obszary przedstawione na rys. 8.4 mają kształt okręgów, których środek pokrywa się ze środkiem pieca. Stwierdzono, że operator nie musiał wchodzić na obszar wyznaczony linią odpowiadającą górnemu i dolnemu IPN w czasie pracy pieca, ponieważ wszystkie czynności związane z dostępem do tego obszaru (załadunek tygla do pieca przed rozpoczęciem procesu przetapiania i jego wyładunek po zakończeniu tego procesu) zostały wykonane przy wyłączonym zasilaniu pieca (rys. 8.5). Wynika z tego, że uniemożliwienie dostępu do tego obszaru było najlepszym rozwiązaniem ograniczającym narażenie na silne pola magnetyczne. Zauważono jednak, że zainstalowanie barier wokół pieca okazało się niemożliwe, ponieważ zablokowałyby przejścia i zwiększyłyby ryzyko poważniejszych wypadków przy załadunku i wyładunku tygli.

Rysunek 8.5 – Zadania, których wykonywanie wiąże się z przebywaniem w pobliżu pieca, były realizowane przy wyłączonym zasilaniu pieca



8.6 Analiza ryzyka

Na podstawie przeprowadzonej przez konsultanta oceny narażenia przedsiębiorstwo przeprowadziło analizę ryzyka związanego z wpływem pola elektromagnetycznego na terenie zakładu w odniesieniu do pola elektromagnetycznego. Działanie to było spójne z metodyką proponowaną w ramach OiRA (interaktywnego narzędzia on-line do oceny ryzyka opracowanego przez Europejską Agencję Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy). Na podstawie analizy ryzyka stwierdzono, że:

- pracownicy szczególnie zagrożeni mogą być narażeni na zagrożenie w każdej strefie pracy na terenie zakładu;
- pracownicy, w tym pracownicy szczególnie zagrożeni, mieli nieograniczony dostęp do obszaru, na którym IPN były przekroczone w instalacji do produkcji stopów na małą skalę.

Na podstawie oceny zagrożeń przedsiębiorstwo opracowało plan działania, który został udokumentowany.

W tabeli 8.3 przedstawiono przykładową analizę ryzyka związanego z polem elektromagnetycznym przeprowadzoną w odniesieniu do zakładu.

Tabela 8.3 – Analiza ryzyka związanego z polem elektromagnetycznym w odniesieniu do zakładu metalurgicznego

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień dotkliwości			Prawdopodobieństwo			Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach	Małe	Średnie	Duże		
Skutki bezpośrednio oddziaływania pola magnetycznego	Brak	Pracownicy obsługujący instalację do produkcji stopów na małą skalę	✓					✓	Umiarkowany	Uniemożliwienie dostępu do obszaru, na którym interwencyjne poziomy narażenia są przekroczone Umieszczenie odpowiednich ostrzeżeń w obszarze roboczym, w którym interwencyjne poziomy narażenia ulegają przekroczeniu
		Pracownicy przebywający na innych obszarach objętych oceną	✓			✓			Niski	Przekazywanie szczególnych ostrzeżeń podczas szkoleń w zakresie bezpieczeństwa w zakładzie organizowanych dla pracowników
		Osoby odwiedzające	✓				✓		Niski	Umieszczenie odpowiednich ostrzeżeń dla osób z wszczepionymi implantami medycznymi w punktach dostępu do innych obszarów roboczych
		Pracownicy szczególnie zagrożeni (w tym pracownice w ciąży)		✓				✓		Umiarkowany
Skutki pośrednie oddziaływania pola magnetycznego (zakłócenia działania implantów medycznych)	Brak	Pracownicy szczególnie zagrożeni	✓				✓		Umiarkowany	Zob. powyżej

8.7 Wdrożone środki ostrożności

Dostęp do transformatorów i szyn zbiorczych połączonych z urządzeniami był ograniczony ze względu na ryzyko porażenia prądem, co wiązało się także z pewnym ograniczeniem dostępu do potencjalnie silnych pól magnetycznych, jednak przed przeprowadzeniem przez konsultanta oceny narażenia nie wdrożono żadnych środków ostrożności powiązanych konkretnie z narażeniem na działanie pola elektromagnetycznego.

Należy zauważyć, że IPN nie zostały przekroczone w żadnym miejscu o nieograniczonym dostępie wokół dużych pieców produkcyjnych lub ich układów sterowania, mimo wykorzystywania znacznie większej mocy. Prawdopodobnie wynikało to z fizycznych rozmiarów urządzeń, co oznaczało, że dostęp do potencjalnie silnych pól magnetycznych był niemożliwy. Obszary, w których IPN mogły zostać przekroczone, zlokalizowano wokół mniejszych urządzeń, co wynikało po prostu z tego, że można było bardziej się do nich zbliżyć.

8.8 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny

Na podstawie wyników oceny narażenia przedsiębiorstwo mogło wprowadzić środki ochronne i środki zapobiegawcze w celu zapewnienia aby pracownicy, w tym pracownicy szczególnie zagrożeni, nie byli narażeni na pole elektromagnetyczne oddziałujące z natężeniem, które może wyrządzić krzywdę. Niektóre dodatkowe środki ostrożności wdrożono bezpośrednio po przeprowadzeniu wstępnej oceny narażenia. Środki te obejmowały:

- zakazanie osobom z wszczepionymi implantami medycznymi wchodzenia na teren obszarów roboczych;
- aktualizację filmu wprowadzającego do zagadnień związanych z kwestiami bezpieczeństwa i higieny pracy w przedsiębiorstwie, tak by obejmował on ostrzeżenie o występowaniu silnych pól magnetycznych i ostrzeżenie dla osób z wszczepionymi implantami medycznymi;
- umieszczenie ostrzeżeń obejmujących piktogramy „pole magnetyczne” i „zakaz wstępu osobom z wszczepionymi implantami medycznymi” z odpowiednio sformułowanym opisem (rys. 8.6) w punktach dostępu do odpowiednich obszarów roboczych.

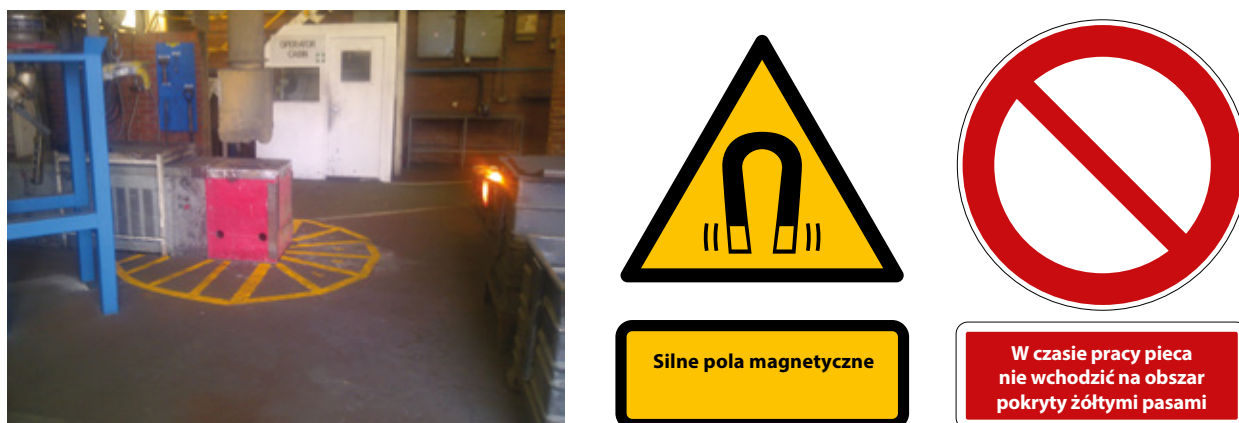
Dalsze środki ochronne i środki zapobiegawcze wdrożono po przeprowadzeniu bardziej szczegółowej oceny narażenia:

- oznaczenie na podłodze strefy wokół pieca indukcyjnego instalacji do produkcji stopów na małą skalę w celu zidentyfikowania obszaru, na którym IPN były przekroczone (rys. 8.7), i polecenie pracownikom, aby nie wchodzili na ten obszar w czasie pracy pieca;
- umieszczenie ostrzeżeń obejmujących piktogramy „silne pole magnetyczne” i piktogramy zakazu z odpowiednio sformułowanym opisem (rys. 8.7) w pobliżu pieca indukcyjnego.

Rysunek 8.6 – Przykład pisemnego ostrzeżenia umieszczonego w miejscach dostępu do obszarów roboczych



Rysunek 8.7 – Podłoga z oznaczoną strefą i powiązane pisemne ostrzeżenia identyfikujące obszar, w którym interwencyjne poziomy narażenia mogą zostać przekroczone



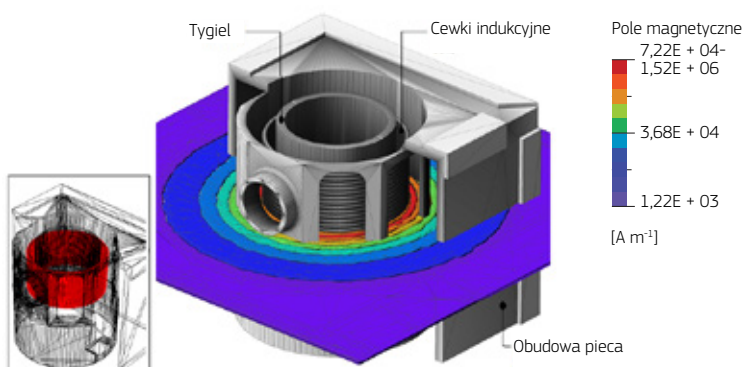
8.9 Odniesienia do źródeł dodatkowych informacji

W celu zapewnienia kompletności przedsiębiorstwo zwróciło się do eksperta o wykonanie modelowania komputerowego potencjalnego narażenia pod względem GPO pod kątem pracownika, który w czasie pracy pieca do produkcji stopów na małą skalę znajduje się na obszarze zaznaczonym.

Wspomniane modelowanie komputerowe przeprowadzono w celu określenia wewnętrznych pól elektrycznych wytwarzanych w ciele operatora znajdującego się w pobliżu pracującego pieca. Parametrom modelowania nadano konkretne wartości, tak by model umożliwił uzyskanie wartości natężenia pola magnetycznego podobnych do wartości uzyskanych na etapie pomiarów w ramach oceny narażenia.

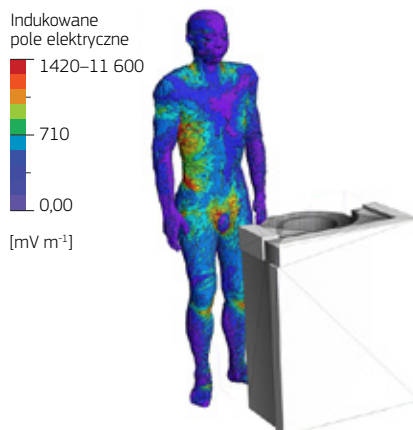
Rozkład przestrzenny pola magnetycznego wytwarzanego w tym modelu w płaszczyźnie x-y wokół pieca indukcyjnego przedstawiono na rys. 8.8. Obliczone za pomocą modelu wartości pola były zgodne z wartościami pomiarów uzyskanymi podczas oceny narażenia i na dalszym etapie wykazały, że chociaż natężenie pola magnetycznego jest stosunkowo wysokie w pobliżu cewki indukcyjnej pieca, wraz z oddalaniem się od cewki gwałtownie maleje.

Rysunek 8.8 – Rozkład przestrzenny pola magnetycznego wytwarzanego w modelu w płaszczyźnie x-y wokół częściowego przekroju perspektywicznego pieca indukcyjnego. Cewkę indukcyjną oznaczono kolorem czerwonym (w ramce)



Wewnętrzne pola elektryczne wytwarzane w ciele człowieka obliczono dla pracownika stojącego w odległości 65 cm od środka pieca indukcyjnego. Rozkład indukowanego pola elektrycznego w modelu ciała ludzkiego przedstawiono na rys. 8.9. Najwyższa wartość pola elektrycznego w ciele człowieka dla omawianego przykładu narażenia wynosiła $916\ mV\ m^{-1}$ (w tkance kostnej). Stanowiło to 83% górnego granicznego poziomu oddziaływania przy częstotliwości 2,43 kHz.

Rysunek 8.9 – Rozkład przestrzenny maksymalnych wewnętrznych pól elektrycznych utworzonych w modelu ciała ludzkiego w wyniku narażenia na działanie pieca indukcyjnego

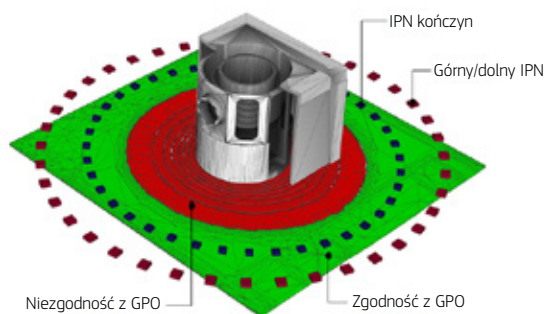


Obszar, w którym górny GPO może ulec przekroczeniu w wyniku narażenia na działanie pieca indukcyjnego, można ustalić przeprowadzając symulację narażenia z wykorzystaniem modelu ciała ludzkiego w różnych odległościach od pieca.

Stwierdzono, że GPO byłby przekroczony wyłącznie wtedy, gdyby ciało znajdowało się w promieniu około 60 cm od środka pracującego pieca. Obszar ten zaznaczono kolorem czerwonym na rys. 8.10. Przedstawiono także obszary, na których IPN mogą ulec przekroczeniu (rys. 8.4).

Z uwagi na to, że piec byłby zainstalowany w obudowie mającej w przybliżeniu wymiary 63 cm x 63 cm (tj. oddalonej o 31,5 cm od środka pieca), aby GPO zostały przekroczone, ciało pracownika musiałoby znajdować się tak blisko osłony pieca, że uznano to za nieprawdopodobny scenariusz narażenia. Dzięki temu przedsiębiorstwo miało pewność, że oznaczenia farbą stref na podłodze stanowiły wystarczający środek zapobiegawczy.

Rysunek 8.10 – Linie wyznaczające obszary wokół pieca indukcyjnego, w których górny graniczny poziom oddziaływania może zostać przekroczony (czerwony obszar). Na rysunku przedstawiono również obszary, na których górny GPO nie został przekroczony (obszar zielony i obszar poza jego granicami), i obszary, na których interwencyjne poziomy narażenia mogą ulec przekroczeniu (niebieskie i czerwone kwadraty)



9. URZĄDZENIA PLAZMOWE CZĘSTOTLIWOŚCI RADIOWEJ

Urządzenia plazmowe częstotliwości radiowej są zwykle wykorzystywane w produkcji przyrządów półprzewodnikowych i układów scalonych. Są także wykorzystywane w innych gałęziach przemysłu do czyszczenia komponentów optycznych, zastosowań w spektroskopii i badań. Omawiane studium przypadku dotyczy urządzeń plazmowych częstotliwości radiowej wykorzystywanych w procesie produkcji płytek w sterylnych pomieszczeniach. Pracodawca był zaniepokojony potencjalnym zagrożeniem w przypadku pracownika z wszczepionym stymulatorem serca, który przygotowywał się do powrotu na swoje stanowisko pracy. Producent rozrusznika dostarczył pracodawcy szczegółowych informacji dotyczących bezpiecznych granicznych poziomów pól elektromagnetycznych dla stymulatora serca.

9.1 Charakter pracy

Rola osoby z wszczepionym stymulatorem serca obejmuje zwykle umieszczanie płytek w urządzeniach plazmowych częstotliwości radiowej i obsługę tych urządzeń (rys. 9.1).

Rysunek 9.1 – Obszar umieszczania płytek



Rysunek 9.2 – Komory reakcyjne w strefie obsługi



9.2 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne

Urządzenia plazmowe częstotliwości radiowej składają się zwykle ze źródła częstotliwości radiowej i próżniowej komory reakcyjnej (rys. 9.2). Niektóre urządzenia znajdujące się na terenie zakładu są wyposażone w wiele źródeł częstotliwości radiowej lub wiele komór reakcyjnych. Wytworzone pole RF jest wykorzystywane do wytworzenia i podtrzymania wyładowania plazmowego, które z kolei jest wykorzystywane do prowadzenia procesów takich jak wytrawianie płytek, nanoszenie i usuwanie powłok na płytkach wewnątrz komory. Wytwarzane częstotliwości radiowe mogą być rzędu kilkuset kHz do kilku GHz. Powszechnie stosuje się częstotliwości 400 kHz, 13,56 MHz i 2,45 GHz.

W tego rodzaju urządzeniach pole RF jest zwykle zamknięte w osłonie utworzonej przez obudowę urządzenia i metalową komorę reakcyjną. Uptyw częstotliwości radiowej jest możliwy w przypadku występowania nieszczelności w obudowach, takich jak niedopasowane lub nieodpowiednio zamontowane panele osłon, brakujące śruby, wadliwe złącza kablowe i uszkodzone elastyczne falowody. Wszelkie nieszczelności w komorze reakcyjnej lub falowodach mogą być sygnalizowane przez spadek podciśnienia. Niektóre komory posiadają okienka kontrolne wyposażone w ekrany ochronne (klatki Faradaya); brak ekranów lub ich uszkodzenie mogą skutkować upływem fal radiowych.

Niektóre urządzenia są także wyposażone w silne magnesy, co prowadzi do wytworzenia pól magnetostatycznych.

9.3 Sposób korzystania z urządzeń

Osoba z wszczepionym stymulatorem serca będzie zwykle przebywać w obszarze produkcyjnym w pomieszczeniu czystym, w którym obsługiwane są urządzenia i wprowadzane są płytki. Komory reakcyjne i generatory częstotliwości radiowej dołączone do każdego elementu urządzeń znajdują się na strefie obsługi. Pracownik z rozrusznikiem może wejść do strefy obsługi, ale nie może uczestniczyć w czynnościach obsługowych ani w konserwacji urządzeń.

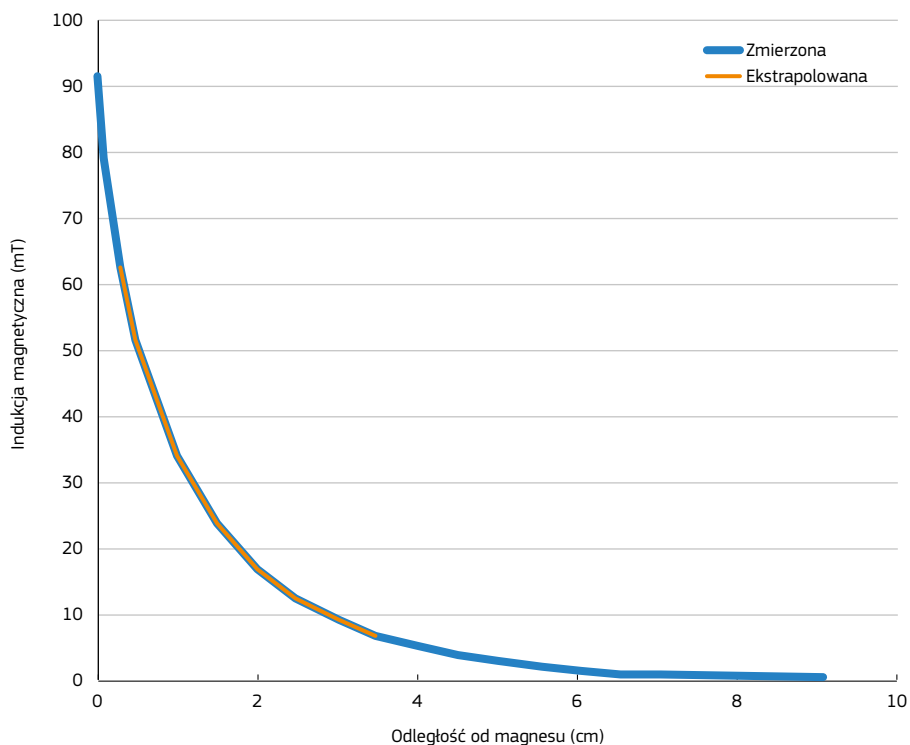
9.4 Podejście do oceny narażenia

Istnieje możliwość wykonania pomiarów pól elektromagnetycznych wokół tego rodzaju urządzeń. Jednak wymagałyby to skorzystania z usług eksperta-konsultanta wykorzystującego specjalistyczne przyrządy. Ze względu na różnorodność stosowanych częstotliwości należałoby zastosować wiele urządzeń pomiarowych. Ponadto w odniesieniu do pól częstotliwości pośredniej (np. 400 kHz i 13,56 MHz) należałoby wykonać pomiary tzw. „bliskiego pola”. Należałoby wykonać oddzielnie pomiary pola elektrycznego i pola magnetycznego. Przy wyższych częstotliwościach (2,45 GHz) zwykle wykonuje się pomiary tzw. „pola dalekiego”. W tej sytuacji pola elektryczne i magnetyczne rozchodzą się jak fala elektromagnetyczna i w związku z tym zwykle mierzy się jedynie natężenie pola elektrycznego. Natężenie pola magnetycznego można określić, ponieważ oba pola są ze sobą powiązane.

Na pierwszym etapie oceny narażenia pracodawca zwrócił się do producentów urządzeń plazmowych częstotliwości radiowej z prośbą o informacje dotyczące możliwości upływu pól RF z urządzeń oraz odległości, w jakiej taki upływ może stwarzać zagrożenie.

Jeden z producentów dostarczył wykres (rys. 9.3) ilustrujący spadek poziomu natężenia pola magnetostatycznego ze wzrostem odległości od silnych magnesów zainstalowanych w urządzeniach i poinformował pracodawcę, że w odległości 10 cm od magnesów indukcja magnetyczna spada poniżej 0,5 mT.

Rysunek 9.3 – Wykres przedstawiający zmniejszanie się indukcji magnetycznej ze wzrostem odległości



Producent stymulatora serca przedstawił bezpieczne graniczne poziomy w odniesieniu do różnych źródeł zakłóceń elektromagnetycznych (tabela 9.1). Pracodawca zauważył, że wartości pól magnetostatycznych zostały podane w gausach i wymagały konwersji na militesle stosowane w dyrektywie o polach elektromagnetycznych.

Tabela 9.1 – Bezpieczne graniczne poziomy określone przez producenta stymulatora serca (poziomy te dotyczą konkretnego modelu rozrusznika serca wszczepionego danemu pracownikowi)

Źródło zakłócenia elektromagnetycznego	Graniczne poziomy natężenia pola elektromagnetycznego (średnia kwadratowa)
Częstotliwość prądu zasilania (50/60 Hz)	10 000 V/m (6000 V/m; poza zakresem nominalnej)
Wysoka częstotliwość (150 kHz i wyższa)	141 V/m
Pola magnetostatyczne (prąd stały)	10 gausów
Modulowane pola magnetyczne	80 A/m dla częstotliwości nie przekraczających 10 kHz i 1 A/m dla częstotliwości większych niż 10 kHz

Pracodawcy nie udało się uzyskać od producentów żadnych informacji dotyczących pól RF i w związku z tym postanowił wyznaczyć konsultanta, który wykonałby pewne pomiary wokół wybranych urządzeń plazmowych częstotliwości radiowej.

9.5 Wyniki oceny narażenia

Pracodawca przeliczył odpowiednie graniczne poziomy podane przez producenta stymulatora serca (tabela 9.1) na takie same jednostki, jak te stosowane w dyrektywie o polach elektromagnetycznych (tabela 9.2). Porównanie wyników pomiarów z przedmiotowymi granicznymi poziomami wykazuje, że wokół urządzenia do wytrawiania plazmą częstotliwości radiowej graniczne poziomy dla stymulatora serca nie ulegały przekroczeniu.

Tabela 9.2 – Graniczne poziomy dla stymulatora serca (podane przez producenta rozrusznika serca)

Częstotliwość	Graniczny poziom
Pola elektryczne, 150 kHz i wyższa	141 Vm ⁻¹
Pola magnetostaticzne (prąd stały)	1 mT
Pola magnetyczne powyżej 10 kHz	1,25 μT

Uzyskane wyniki pomiarów zostały wyszczególnione w poniższych tabelach. W tabeli 9.3 przedstawiono wyniki pomiarów wykonanych wokół urządzenia do wytrawiania plazmą częstotliwości radiowej pracującego na częstotliwości 400 kHz. Pomiarów wykonano wokół całego przyrządu, jednak maksymalne graniczne poziomy pól elektrycznych i magnetycznych zostały zlokalizowane w pobliżu połączeń obudowy generatora częstotliwości radiowej. Wyniki pomiarów wskazują, że interwencyjne poziomy narażenia (IPN) określone w dyrektywie o polach elektromagnetycznych nie ulegały przekroczeniu.

Tabela 9.3 – Wyniki pomiarów wykonanych wokół urządzenia do wytrawiania plazmą częstotliwości radiowej

Miejsce	Częstotliwość	Indukcja magnetyczna (μT)	Interwencyjny poziom narażenia (μT)	Natężenie pola elektrycznego (Vm ⁻¹)	Interwencyjny poziom narażenia (Vm ⁻¹)
Szafka generatora częstotliwości radiowej	400 kHz	0,05	5	0,06	610

Uwaga: Niepewność pomiarów oszacowano na ±2,7 dB i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) powyższe wyniki zostały porównane bezpośrednio z IPN.

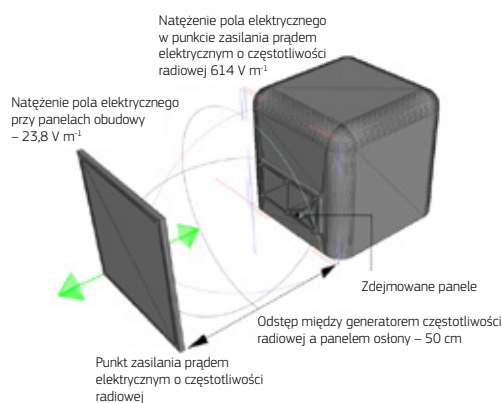
Tabela 9.4 przedstawia wyniki pomiarów wykonanych wokół zespołu fizycznego osadzania z fazy gazowej (PVD) o częstotliwości pracy 13,56 MHz. Wyniki pomiarów pokazują, że IPN określone w dyrektywie o polach elektromagnetycznych i graniczne poziomy dla stymulatora serca przedstawione w tabeli 9.2 ulegały przekroczeniu w pobliżu punktu zasilania komory prądem elektrycznym o częstotliwości radiowej. Wyniki pomiarów w tych dwóch miejscach przedstawiono na rys. 9.4.

Tabela 9.4 – Wyniki pomiarów wokół jednostki PVD

Miejsce	Częstotliwość generatora	Indukcja magnetyczna (μT)	Interwencyjny poziom narażenia (μT)	Natężenie pola elektrycznego (V m^{-1})	Interwencyjny poziom narażenia (V m^{-1})
Górna powierzchnia komory	13,56 MHz	0,04	0,2	10	61
Poniżej komory, w pobliżu punktu zasilania prądem elektrycznym o częstotliwości radiowej do komory	13,56 MHz	2	0,2	614	61
Położenie zdejmowanych paneli osłon znajdujące się w odległości 0,5 m od punktu zasilania prądem elektrycznym o częstotliwości radiowej	13,56 MHz	0,08	0,2	24	61

Uwaga: Niepewność pomiarów oszacowano na +2,7 dB i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) powyższe wyniki zostały porównane bezpośrednio z IPN.

Rysunek 9.4 – Miejsce wykonania pomiarów w pobliżu punktu zasilania prądem elektrycznym o częstotliwości radiowej do zespołu PVD



9.6 Analiza ryzyka

Jeżeli chodzi o pola magnetostatyczne wzbudzone przez magnesy, stwierdzono, że w odniesieniu do narażenia na oddziaływanie aktywnych wyrobów medycznych do implantacji IPN wynoszący 0,5 mT mógł ulec przekroczeniu w promieniu 10 cm odległości od magnesów. Producent rozrusznika serca podał jednak pracodawcy mniej restrykcyjny graniczny poziom wynoszący 1 mT (tabela 9.2) dla przedmiotowego stymulatora serca. W związku z tym pracodawca wykorzystał ten graniczny poziom do analizy ryzyka. Z dostarczonego przez producenta urządzenia wykresu (rys. 9.3) wynika, że graniczny poziom 1 mT dla stymulatora serca mógł ulec przekroczeniu w odległości mniejszej niż 10 cm od magnesów (szacuje się, że jest to odległość około 6 cm).

W odniesieniu do pól elektromagnetycznych częstotliwości radiowych stwierdzono, że graniczne poziomy określone przez producenta stymulatora serca oraz IPN mogły być przekroczone w pobliżu przewodu przenoszącego częstotliwości radiowe do komory jednostki PVD. W odległości 0,5 m od punktu zasilania częstotliwością radiową poziomy oddziaływania pól spadły poniżej granicznych poziomów dla stymulatora serca i poniżej IPN.

Zarówno w przypadku pola magnetostatycznego, jak i pól RF poziom oddziaływania pola spadał na niewielkim odcinku poniżej granicznych poziomów ustalonych dla stymulatora serca i poniżej IPN.

Na podstawie tych informacji pracodawca przeprowadził analizę ryzyka związanego z polem elektromagnetycznym (tabela 9.5) w celu określenia zagrożeń dla osoby z wszczepionym

stymulatorem serca oraz dla innych pracowników, stosując metodykę proponowaną w ramach OiRA (interaktywnego narzędzia on-line do oceny ryzyka opracowanego przez Europejską Agencję Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy).

W wyniku oceny zagrożeń pracodawca uznał, że nie są wymagane żadne zmiany w zakresie obowiązków wykonywanych przez osobę z wszczepionym stymulatorem serca; osoba ta nie zajmowała się konserwacją urządzeń, a zatem nie było żadnego powodu, aby przebywała na obszarach (bardzo blisko urządzeń), na których graniczne poziomy dla rozrusznika serca mogły ulec przekroczeniu. Postanowiono, że dostęp do strefy obsługi nie musi być zabroniony, ponieważ pola o dużym natężeniu występują jedynie miejscowo. Analiza ryzyka wskazuje jednak, że należy wziąć pod uwagę innych pracowników (np. personel obsługi technicznej) i wykonawców, którzy mogą mieć wszczepione aktywne wyroby medyczne.

9.7 Wdrożone środki ostrożności

Pracodawca zbadał urządzenia i dokonał przeglądu procedur stosowanych w przedsiębiorstwie, ustalając, że wdrożono już następujące środki ostrożności:

- wokół punktów zasilania prądem elektrycznym o częstotliwościach radiowych zainstalowano osłony uniemożliwiające dostęp do tych obszarów (na potrzeby pomiarów dotyczących jednostki PVD osłony usunięto);
- przedsiębiorstwo upewnia się, czy każde zakupione urządzenie jest dobrze zaprojektowane. Przykładowo okienka kontrolne są odpowiednio ekranowane, aby ograniczyć narażenie na pole częstotliwości radiowej.

Tabela 9.5 – Analiza ryzyka związanego z polem elektromagnetycznym w przypadku urządzeń plazmowych częstotliwości radiowej

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień dotkliwości			Prawdopodobieństwo	Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach			
Skutki bezpośrednie oddziaływania pola elektromagnetycznego: W strefie obsługi w pobliżu przewodu przenoszącego częstotliwości radiowe interwencyjny poziom narażenia może ulec przekroczeniu	Panel zainstalowany w zespole PVD, chroniący przed dostępem do obszaru, w którym interwencyjny poziom narażenia ulega przekroczeniu	Operatorzy Personel obsługi technicznej	✓			✓	Niski	Zapewnianie personelowi obsługi technicznej i operatorom informacji oraz szkoleń Umieszczenie odpowiednich ostrzeżeń na urządzeniach
Pośrednie skutki oddziaływania pola elektromagnetycznego (wpływ na aktywne wyroby medyczne do implantacji): Graniczne poziomy dla stymulatora serca mogą ulec przekroczeniu w pobliżu magnesów stałych i punktu zasilania prądem elektrycznym o częstotliwościach radiowych w strefie obsługi	Panel zainstalowany w jednostce PVD, chroniący przed dostępem do obszaru, na którym graniczne poziomy dla stymulatora serca ulegają przekroczeniu Pola magnesów stałych, w których graniczne poziomy dla stymulatora serca ulegają przekroczeniu, występują jedynie miejscowo	Pracownicy szczególnie zagrożeni	✓			✓	Niski	Przekazanie wszystkim pracownikom informacji na temat tego zagrożenia Włączenie ostrzeżeń do informacji dotyczących bezpieczeństwa w zakładzie Umieszczenie na sprzęcie odpowiednich ostrzeżeń i zakazów

9.8 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny

W wyniku oceny zagrożeń pracodawca zdecydował się wdrożyć dodatkowe środki ostrożności, w tym:

- umieszczenie na urządzeniach zawierających silne magnesy i na zdejmowanych panelach, które odgradzają dostęp do silnie oddziałujących pól RF, pisemnych ostrzeżeń (w stosownych przypadkach) o silnych polach magnetycznych / silnych polach RF oraz zakazów zbliżania się osób korzystających z aktywnego wyrobu medycznego do implantacji (rys. 9.5);

Rysunek 9.5 – Przykładowe ostrzeżenia dotyczące występowania silnych pól magnetycznych i silnych pól RF i przedstawienie symbolu zakazu zbliżania się osób korzystających z aktywnego wyrobu medycznego do implantacji



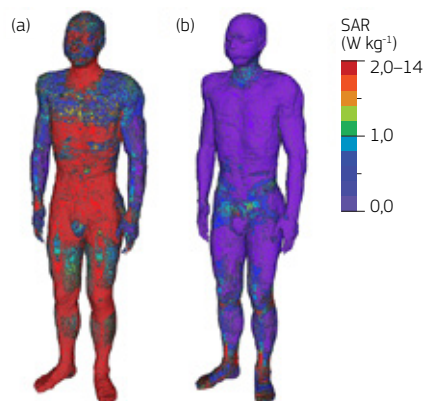
- przedstawienie wyniku oceny zagrożeń osobom, które mają wszczepiony stymulator serca, oraz podmiotowi świadczącemu usługi w zakresie ochrony zdrowia, z którego usług korzysta dane przedsiębiorstwo;
- przekazanie innym pracownikom i osobom odwiedzającym wiedzy o zagrożeniach poprzez odpowiednie programy wprowadzające i współpracę z wykonawcami;
- upewnienie się, czy pracownicy zdają sobie sprawę, że nie wolno obsługiwać urządzeń ze zdjętymi panelami oraz że wszelkie uszkodzenia osłon urządzeń, falowodów lub ekranowanych okien należy zgłaszać osobie nadzorującej.

9.9 Dalsze informacje

Wyniki z pomiarów wykorzystano jako podstawę do wykonania komputerowego modelu poziomów narażenia pracownika w odniesieniu do granicznych poziomów oddziaływania (GPO) określonych w dyrektywie o polach elektromagnetycznych (rys. 9.5). Wyniki modelowania pokazują, że w pobliżu punktu zasilania prądem elektrycznym o częstotliwości radiowej GPO mogą być przekroczone; wartość SAR uśredniona względem całego ciała wyniosła 211% GPO związanego ze stresem cieplnym całego ciała, a miejscowa szczytowa wartość SAR uśredniona względem 10 g zwartej masy w kończynach wyniosła 147% GPO związanego ze stresem cieplnym kończyn. GPO związane z miejscowym stresem cieplnym w głowie i tułwii nie zostało przekroczone; miejscowa szczytowa wartość SAR uśredniona względem 10 g zwartej masy w głowie i tułwii wyniosła 89% GPO związanego z miejscowym stresem cieplnym w głowie i tułwii.

W odległości 0,5 m od przewodu przenoszącego częstotliwości radiowe wykryto, że natężenie pola elektrycznego jest niższe od IPN, w związku z czym zgodnie z oczekiwaniami z modelowania wynika, że wartości SAR dla całego ciała i miejscowego SAR były znacznie niższe niż GPO (poniżej 0,5%).

Rysunek 9.6 – Rozkład SAR w ciele pracownika w przypadku obszaru: a) wokół przewodu przenoszącego częstotliwości radiowe i b) wokół zdejmowanych paneli, tj. w odległości 50 cm od generatora częstotliwości radiowej



10. ANTENY DACHOWE

10.1 Stanowisko pracy

Dachy budynków są często wykorzystywane jako dogodne konstrukcje do mocowania różnych anten telekomunikacyjnych, których działanie jest skuteczniejsze dzięki większej wysokości lub lepszemu optycznemu torowi radiowemu. Poniższe studium przypadku dotyczy takiego właśnie budynku (rys. 10.1), który niedawno zmienił właściciela. Nowy właściciel bardzo chciał wypełnić obowiązek prawny i przeprowadzić oceny wszelkich zagrożeń dla pracowników przebywających na dachu.

Rysunek 10.1 – Anteny sektorowe telefonii komórkowej i miska antena mikrofalowa umieszczone na dachu pomieszczenia dźwigowego



10.2 Charakter pracy

Pracownicy muszą wchodzić na dach w celu wykonywania rozmaitych czynności związanych z inspekcjami budowlanymi i konserwacją budynku. Mogą nimi być: osoby zajmujące się myciem okien, wykonawcy pokryć dachowych, instalatorzy klimatyzacji, inspektorzy ubezpieczeniowi i osoby montujące anteny. Grupy pracowników wymienione jako ostatnie mogą przejść wszechstronne szkolenie w zakresie bezpieczeństwa promieniowania związanego z częstotliwościami radiowymi i mogą posiadać osobiste urządzenia alarmowe ostrzegające o narażeniu, natomiast grupy wymienione jako pierwsze prawdopodobnie nie przeszły żadnych szkoleń i w związku z tym nie posiadają zbyt szerokiej wiedzy na temat wspomnianych kwestii.

Dobłą praktyką byłoby przyjęcie przez operatorów zasady „bezpieczna dzięki umiejscowieniu” przy instalacji anten. Oznacza to, że anteny są umiejscowione w taki sposób, że pracownicy na normalnym stałym poziomie dachu nie mogą przez nieuwagę wkroczyć do strefy

wyłączonej anteny. Strefa wyłączona anteny jest obszarem w pobliżu anteny, w którym poziomy narażenia mogą przekroczyć poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE).

Strefa wyłączona anteny powinna być dostępna wyłącznie dla pracowników posiadających zabezpieczenia do pracy na wysokości, takie jak drabiny lub rusztowania. W przypadkach, w których pracownicy muszą wejść do strefy wyłączonej, konieczne może być odłączenie anteny. Jeżeli strefa wyłączona anteny musi rzutować na dostępną powierzchnię dachu, należy oznaczyć dany obszar dachu.

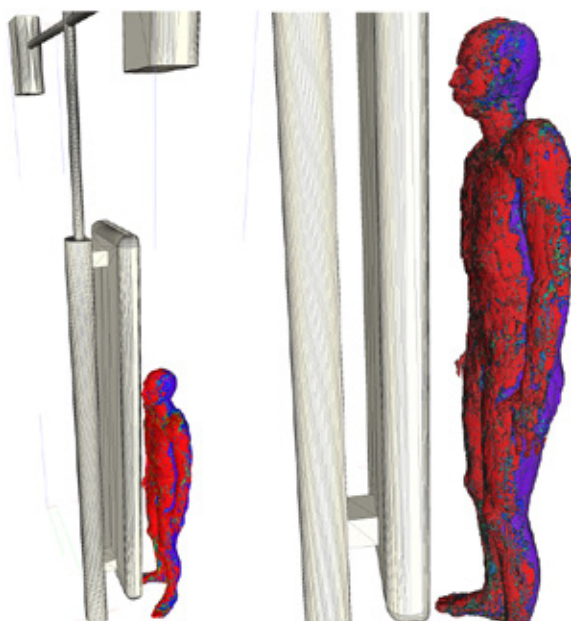
10.3 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne

Anteny zamocowane na dachu wchodziły zasadniczo w skład systemów telefonii ruchomej obejmujących stacje bazowe telefonii komórkowych i system urządzeń radiowych (pagerów). Oprócz anten sektorowych stacja bazowa telefonii komórkowych obejmowała również łącze danych typu punkt-punkt. Właściciel wiedział, że różne rodzaje anten znajdujące się na dachu stwarzają różny poziom zagrożenia oraz, ogólnie rzecz biorąc, że:

- anteny sektorowe telefonii komórkowej (800–2600 MHz) mogą stanowić zagrożenie sięgające kilku metrów do przodu oraz w mniejszym stopniu na boki i do tyłu (rys. 10.2);
- miskowe anteny mikrofalowe (10–30 GHz) powiązane ze stacjami bazowymi telefonii komórkowych raczej nie stanowią istotnego zagrożenia;
- anteny dipolowe i współliniowe (biczowe) (80–400 MHz) mogą stanowić zagrożenie w promieniu jednego lub dwóch metrów wokół anteny.

Ten ostatni przypadek został zilustrowany za pomocą modelu komputerowego przedstawiającego oddziaływanie półfalowej anteny dipolowej pracującej na częstotliwości 400 MHz (rys. 10.3). W tabeli 10.1 wskazano, że w miarę zwiększania mocy promieniowania z 25 W do 100 W, a następnie do 400 W, górne GPO są przekraczane w coraz większej odległości od anteny.

Rysunek 10.2 – Rozkład szybkości pochłaniania właściwego energii (SAR) w ciele pracownika stojącego przy nadawczej antenie sektorowej sieci telefonii komórkowej



Rysunek 10.3 – Rozkład szybkości pochłaniania właściwego energii (SAR) w modelu ciała ludzkiego w wyniku narażenia na działanie półfalowej anteny dipolowej o mocy 25 W znajdującej się w odległości 20 cm od tułowia. W ramce: 1 cm od tułowia. W obu przypadkach obliczone wartości SAR są niższe od odpowiadających im górnych GPO

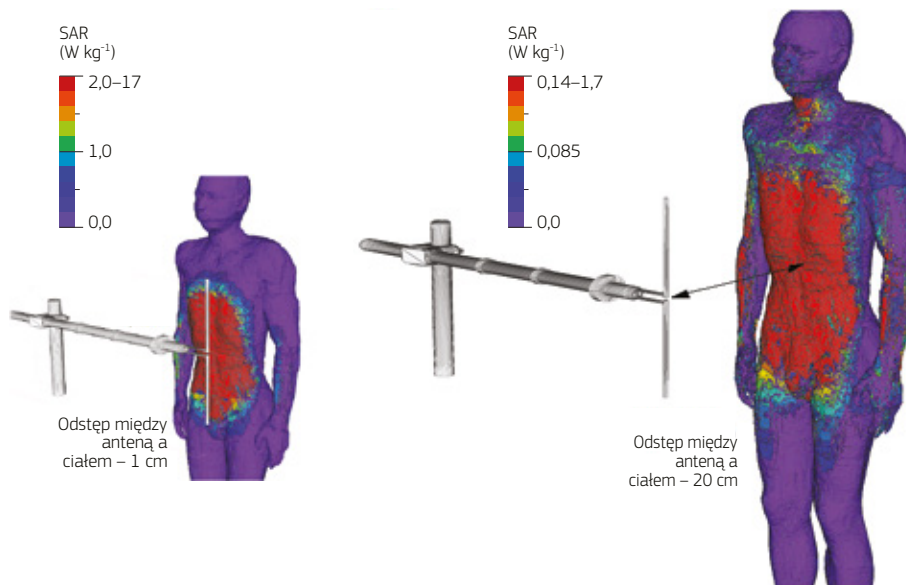


Tabela 10.1 – Wartości szybkości pochłaniania właściwego energii względem całego ciała (WBSAR) uzyskane w wyniku modelowania komputerowego i szczytowe wartości miejscowego SAR uśrednione względem 10 g zwartej masy (SAR_{10g cont}) dla półfalowej anteny dipolowej o mocy 5 W, 25 W, 100 W i 400 W. Wartości SAR, które przekraczają odpowiadające im wartości górnego GPO, zostały zapisane czerwoną czcionką

Odległość (cm)	Modelowany SAR (Wkg ⁻¹)							
	Antena o mocy 5 W		Antena o mocy 25 W		Antena o mocy 100 W		Antena o mocy 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

Górny GPO dla częstotliwości w zakresie 100 kHz – 6 GHz w odniesieniu do SAR uśrednionego względem całego ciała: 0,4 Wkg⁻¹ oraz w odniesieniu do miejscowego SAR w głowie i tułowiu uśrednionego względem 10 g zwartej masy: 10 Wkg⁻¹

10.4 Sposób korzystania z urządzeń

Urządzenia są zautomatyzowane i sterowane zdalnie przez operatorów. Stacja bazowa telefonii komórkowych dostosowuje swoją moc wyjściową do natężenia ruchu telefonicznego z zastrzeżeniem maksymalnej mocy określonej w warunkach udzielenia licencji na wykorzystanie widma radiowego. W tych okolicznościach właścicielowi trudno jest przewidzieć faktyczną moc w danym momencie. Częstotliwości wyjściowe są również określone w warunkach przyznania licencji na wykorzystanie widma radiowego.

Modyfikacje instalacji i sporadyczne prace konserwacyjne przeprowadzają podwykonawcy wyznaczani przez operatorów.

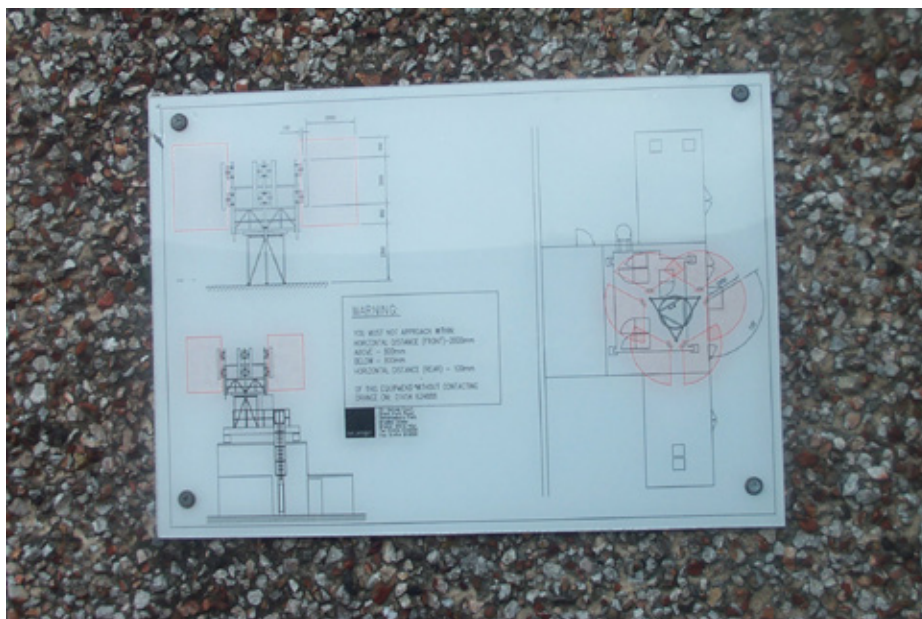
10.5 Podejście do oceny narażenia

Szczegółowa teoretyczna ocena narażenia wymaga informacji na temat kilku czynników, takich jak rodzaj anteny, właściwości emisji (np. częstotliwość, moc promieniowania, parametry sygnału, aktywność nadajnika, liczba nadawanych kanałów), pozycja pracownika w polu promieniowania, czas narażenia oraz czynniki wynikające z innych źródeł.

Możliwe byłoby również wykonanie pomiaru narażenia na dachu, jednak wymagałoby to skorzystania z usług eksperta-konsultanta stosującego specjalistyczne przyrządy. Właściciel wiedział, że istnieje możliwość wypożyczenia lub zakupu niedrogiego przyrządu przez Internet, lecz taki przyrząd może nie zapewniać wiarygodnego odczytu i może być wrażliwy na sygnały inne niż sygnały będące przedmiotem zainteresowania. Właściciel wiedział również, że skorzystanie z usług konsultanta byłoby kosztowne i pozwoliłoby uzyskać jedynie bardzo ograniczony obraz sytuacji dotyczącej poziomu narażenia w momencie wykonywania pomiarów.

Zamiast tego właściciel przeprowadził podstawowe badanie wizualne na dachu w celu zidentyfikowania anten i ich operatorów oraz zaznaczył te anteny na planie dachu. Następnie skontaktował się z operatorami i zwrócił się do nich z prośbą o udanie się na wskazane miejsce w celu zidentyfikowania należących do nich anten i przekazania informacji na temat bezpieczeństwa. Właściciel przeanalizował również rejestr osób odwiedzających, aby dowiedzieć się, kto miał dostęp do dachu, i na podstawie charakteru pracy usiłował ustalić, w jakim miejscu pracowały te osoby. Na podstawie tych informacji ustalono miejsca, w których pracownicy mogą wchodzić do stref oddziaływania niebezpiecznych pól lub stref wyłączonych (rys. 10.4). Dobrą praktyką w przypadku pracowników jest unikanie przebywania w bliskim sąsiedztwie anten emitujących promieniowanie i potencjalnego narażenia się na poziomy oddziaływania przekraczające interwencyjne poziomy narażenia (IPN), a na pewno nie powinni oni dotykać anten emitujących promieniowanie.

Rysunek 10.4 – Rysunek przedstawiający zasięg stref wyłączonych na dachu



10.6 Wyniki oceny narażenia

W wyniku badania wizualnego i nawiązania kontaktu z operatorami właściciel skompletował dokumenty zawierające istotne informacje na temat bezpieczeństwa, które następnie udostępnił pracownikom wykonującym prace na dachu. Dokumenty obejmowały szczegółowy wykaz anten wraz z następującymi informacjami: typ anteny (np. antena sektorowa, miskowa antena mikrofalowa, dipol pętlowy), dane operatora, lokalizację (pozycję, wysokość, ukierunkowanie), parametry działania, zasięg wszelkich stref wyłączonych, datę instalacji (tabela 10.2).

Tabela 10.2 – Wykaz anten znajdujących się na dachu sporządzony przez właściciela budynku

Typ anteny	Operator	Umiejscowienie na dachu	Parametry robocze	Strefa wyłączona	Data instalacji
Anteny sektorowe telefonii komórkowej (6 sztuk)	Vodafone	Wieża antenowa na dachu pomieszczenia dźwigowego Poziom 6 m 0°, 120°, 240°	Zakres częstotliwości: 2110–2170 MHz Moc: 56 dBm na każdy sygnał Szerokość wiązki: 85° Zysk anteny: 17 dBi	2,5 m z przodu 0,25 m z tyłu 0,3 m powyżej i poniżej	Czerwiec 2006 r.
Miskowa antena mikrofalowa o średnicy 0,3 m	Vodafone	Maszt montażowy na dachu pomieszczenia dźwigowego Poziom 5,5 m 220°	Częstotliwość: 26 GHz Moc: 3 mW Szerokość wiązki: 1° Zysk anteny: 44,5 dBm	Brak	Czerwiec 2006 r.
Dipol pętlowy	Pager Telecom	W pobliżu przejścia przy wejściu na dach Poziom 2 m	Częstotliwość: 138 MHz Moc: 100 W Wielokierunkowa Zysk anteny: 2,15 dBi	2,5 m wokół anteny	Nieznana

10.7 Analiza ryzyka

Właściciel był świadomy wymogu przeprowadzenia oceny wszystkich zagrożeń pracowników mających dostęp do dachu budynku (do zagrożeń tych można zaliczyć między innymi ogólne ryzyko poślizgnięcia, potknięcia i upadku; ryzyko wdychania spalin z kominów, pieców i przewodów wentylacyjnych oraz ryzyko oddziaływania pól elektromagnetycznych). W celu opracowania struktury procesu oceny zastosowano metodę proponowaną w ramach OiRA (interaktywnego narzędzia on-line do oceny ryzyka opracowanego przez Europejską Agencję Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy), a w trakcie przygotowań do oceny zidentyfikowano wszelkie informacje udostępnione przez operatora lub producenta poszczególnych anten. Informacje jakościowe na temat natężenia pola elektrycznego emitowanego przez antenę – lub schematy przedstawiające zasięg wszystkich stref wyłączonych – umożliwiły właścicielowi przeprowadzenie oceny poziomu zagrożenia. W przypadkach, w których IPN były przekroczone w dostępnym obszarze, konieczne było opracowanie i wdrożenie planu działania w celu wyeliminowania zagrożeń.

W tabeli 10.3 przedstawiono przykładową ocenę zagrożeń związanych z polem elektromagnetycznym.

Tabela 10.3 – Analiza ryzyka związanego z polem elektromagnetycznym w odniesieniu do anten dachowych

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień dotkliwości			Prawdopodobieństwo			Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach	Małe	Średnie	Duże		
Bezpośrednie skutki oddziaływania pola częstotliwości radiowej	Drzwi na dach zamykane na klucz; dostęp do klucza pod kontrolą	Osoby zajmujące się myciem okien	✓				✓		Niski	Przeniesienie anteny systemu urządzeń radiowych (pagerów) (dipol pętlowy) z dala od przejścia Zainstalowanie mechanicznego ogranicznika w celu zapewnienia, by podczas podnoszenia rusztowania do czyszczenia okien nie mogło ono znaleźć się na wysokości anten sektorowych Opracowanie procedury bezpieczeństwa na piśmie, którą wszyscy pracownicy muszą przeczytać (i podpisać) zanim uzyskają pozwolenie na dostęp do dachu
	Ostrzeżenia i zakazy	Wykonawcy pokryw dachowych	✓				✓		Niski	
	Zakaz zbliżania się do anten sektorowych zamontowanych w górnej części pomieszczenia dźwigowego i wkraczania do ich stref wyłączonych	Instalatorzy klimatyzacji	✓				✓		Niski	
	Zablokowana drabina umożliwiającej dostęp na dach	Inspektorzy ubezpieczeniowi	✓				✓		Niski	
	Miskowe anteny mikrofalowe zamontowane wysoko na masztach i emitowane wiązki promieniowania są niedostępne	Monterzy anten	✓				✓		Niski	
		Pracownicy szczególnie zagrożeni (pracownicy w ciąży)	✓				✓		Niski	
Skutki pośrednie oddziaływania pola częstotliwości radiowej (zakłócenie działania elektronicznego sprzętu medycznego)	Zob. powyżej	Pracownicy szczególnie zagrożeni		✓			✓		Niski	Zob. powyżej. Zamieszczenie ostrzeżenia dla osób korzystających z aktywnego wyrobu medycznego do implantacji w pisemnej procedurze bezpieczeństwa

10.8 Wdrożone środki ostrożności

W wyniku oględzin dachu przeprowadzonych przez właściciela stwierdzono, że:

- drzwi wyjściowe na dach były zamknięte na klucz, o którego wydaniu decydował zarządca budynku ds. bezpieczeństwa. Na wewnętrznej stronie drzwi zostało umieszczone pisemne ostrzeżenie o obecności anten pracujących na częstotliwościach radiowych (rys. 10.5 lit. a));
- anteny sektorowe sieci telefonii komórkowej zostały zamontowane w górnej części pomieszczenia dźwigowego i ich strefy wyłączone były niedostępne. Na masztach montażowych (rys. 10.5 lit. b)) i obudowach anten (rys. 10.5 lit. c)) umieszczone zostały ostrzeżenia;
- drabinę umożliwiającą dostęp do dachu pomieszczenia dźwigowego zablokowano i umieszczono na niej ostrzeżenie (rys. 10.5 lit. d));
- miskowe anteny mikrofalowe zamontowane zostały wysoko na masztach i nie było dostępu do emitowanych przez nie wiązek promieniowania. (W każdym przypadku właściciel otrzymał od operatorów dowody na piśmie stwierdzające brak stref wyłączonych).

Rysunek 10.5 – Ostrzeżenia

a) Na drzwiach wyjściowych na dach



b) Na słupku do mocowania anteny



c) Na obudowie anteny



d) Na drabinie prowadzącej na dach pomieszczenia dźwigowego



10.9 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny

Ponieważ niektóre aspekty sposobu administrowania instalacjami umieszczonymi na dachu budziły niezadowolenie właściciela, podjął on decyzję o wdrożeniu dodatkowych środków ostrożności obejmujących:

- zażądanie od operatora systemu urządzeń radiowych (pagerów) przeniesienia dipolu pętlowego i umieszczenia go z dala od przejścia (rys. 10.6 lit. a)) oraz umieszczenia na nim ostrzeżenia (rys. 10.6 lit. b));
- zainstalowanie mechanicznego ogranicznika, dzięki któremu rusztowanie do mycia okien nie mogło znaleźć się podczas podnoszenia na wysokości anten sektorowych (rys. 10.6 lit. c));
- sporządzenie na piśmie procedury bezpieczeństwa, z którą wszyscy pracownicy muszą się zapoznać (i podpisać) zanim uzyskają pozwolenie na dostęp do dachu. Obejmuje to sporządzenie planów awaryjnych dotyczących przewidywalnych wypadków i incydentów.

Rysunek 10.6

a) Antena urządzeń radiowych (pagerów) zbyt blisko przejścia



b) Nowe ostrzeżenie



c) Rusztowanie do czyszczenia okien nie może już zostać podniesione na wysokość anten



11. KRÓTKOFALÓWKI

11.1 Stanowisko pracy

Poniższe studium przypadku dotyczy małego przedsiębiorstwa budowlanego, którego pracownicy pracują na budowach. Brygadzista pracujący na budowie dowiedział się o nowej dyrektywie o polach elektromagnetycznych i zaniepokoił się, czy korzystając z krótkofalówek, pracownicy będą musieli stosować środki ostrożności.

11.2 Charakter pracy

Na budowie pracownicy kontaktują się między sobą, korzystając z krótkofalówek typu PMR (Private Mobile Radio) 446 (rys. 11.1) niewymagających pozwolenia radiowego. Z urządzeń mogą korzystać wszyscy pracownicy budowy.

Rysunek 11.1 – Pracownik budowy korzystający z krótkofalówki



Po zapoznaniu się z instrukcją producenta brygadzista ustalił, że urządzenia przenośne pracują w paśmie częstotliwości w okolicy 446 MHz. Ani w instrukcji, ani w deklaracji zgodności WE (rys. 11.2) nie było jednak żadnych informacji na temat skutecznej mocy promieniowania lub odpowiednich sposobów użytkowania.

Po przeszukaniu Internetu brygadzista znalazł informacje udostępnione przez organ regulujący wspomnianą usługę, stanowiące, że: „urządzenia radiowe PMR 446 muszą być przenośne, posiadać zintegrowaną z urządzeniem antenę, posiadać skuteczną moc promieniowania maksymalnie do 500 mW i być zgodne z ETS 300 296”.

Rysunek 11.2 – Deklaracja zgodności WE dołączona do urządzenia

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:

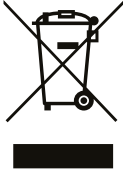
EMC&RF:

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 Sposób korzystania z urządzeń

Pracownicy nie zostali przeszkoleni w zakresie użytkowania urządzeń. Brygadzysta dokonał nieformalnej oceny położenia urządzenia podczas użytkowania, z której wynika, że krótkofalówki były trzymane przed twarzą albo z boku twarzy. Odnotowano również, że rozmowy między pracownikami były krótkie i ogólnie każde połączenie trwało nie dłużej niż kilkadziesiąt sekund.

11.4 Podejście do oceny narażenia

Przy dokonywaniu oceny narażenia na oddziaływanie nadajników znajdujących się w pobliżu ciała należy określić zgodność z GPO za pomocą modelowania komputerowego. Najlepiej byłoby, gdyby zrobił to producent. Jeżeli jednak takie dane nie są dostępne, oceny można dokonać poprzez odniesienie się do opublikowanych informacji na temat podobnych urządzeń. (Warto jest również sprawdzić w tabeli 3.2 w rozdziale 3 tomu 1 poradnika, czy dane urządzenie musi być zgodne a priori z dyrektywą o polach elektromagnetycznych).

11.5 Wyniki oceny narażenia

Dzięki wykonaniu kilku telefonów do agencji rządowych brygadzysta dowiedział się o istnieniu opublikowanych danych uzyskanych w wyniku modelowania komputerowego przeprowadzonego w odniesieniu do podobnego urządzenia pracującego na podobnych częstotliwościach (Dimbylow et al.). Z modelowania wynikało, że maksymalna szybkość pochłaniania właściwego energii (SAR) względem 10 g zwartej tkanki wynosi $3,9 \text{ Wkg}^{-1}$ na wat mocy wyjściowej w odniesieniu do każdego możliwego roboczego położenia urządzenia w pobliżu twarzy.

W celu dokonania oceny pod kątem górnego GPO w odniesieniu do miejscowego narażenia głowy na wspomnianej częstotliwości (10 Wkg^{-1}) poziom narażenia należy uśrednić dla 6 minut. Ze względu na fakt, że prowadzone rozmowy są dwukierunkowe, brygadzysta przyjął maksymalny poziom aktywności nadajnika 50% przy każdym połączeniu. W oparciu o dane uzyskane w wyniku modelowania brygadzysta mógł stwierdzić, że przekroczenie GPO wiązałoby się ze stosowaniem urządzenia o skutecznej mocy promieniowania powyżej 5 W.

Producent nie udostępnił żadnych informacji na temat skutecznej mocy promieniowania krótkofalówek, lecz organ regulujący określił wcześniej, że moc wyjściowa takich urządzeń nie może przekraczać mocy 0,5 W. Brygadzysta mógł zatem stwierdzić, że poziom narażenia na oddziaływanie stosowanych urządzeń nie przekroczyły wartości górnego GPO określonych w dyrektywie o polach elektromagnetycznych.

11.6 Analiza ryzyka

Z wyników oceny narażenia wynika, że korzystanie z krótkofalówek nie spowoduje przekroczenia odpowiednich wartości górnego GPO określonych w dyrektywie o polach elektromagnetycznych. Istnieje jednak możliwość wystąpienia u pracowników zakłóceń pracy wyrobów medycznych wszczepionych lub przeznaczonych do wprowadzenia w części do ludzkiego ciała. Wszyscy pracownicy korzystający z wyrobów medycznych powinni zostać poddani indywidualnej analizie ryzyka w przypadkach, w których można określić i wdrożyć środki ostrożności zalecone przez ich lekarza.

11.7 Wdrożone środki ostrożności

Nie wdrożono żadnych środków ostrożności.

11.8 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny

Brygadzysta podjął decyzję o wdrożeniu kilku prostych środków:

- pracownicy otrzymali instruktaż obejmujący kwestie tego, kiedy i jak należy korzystać z krótkofalówek oraz zalecane sposoby trzymania urządzeń;
- obecnych pracowników poproszono o zgłoszenie się, jeżeli są szczególnie narażeni, np. ze względu na wszczepiony stymulator serca;
- wszyscy nowi pracownicy są obecnie badani pod kątem narażenia na szczególne zagrożenia.

12. PORTY LOTNICZE

W niniejszym studium przypadku źródłami pola elektromagnetycznego są następujące urządzenia:

- radar dozoru w porcie lotniczym;
- radiolatarnia bezkierunkowa;
- urządzenie do pomiaru odległości.

12.1 Stanowisko pracy

Radar, radiolatarnia bezkierunkowa i urządzenia do pomiaru odległości wykorzystywano w międzynarodowym porcie lotniczym obsługującym pasażerskie i towarowe statki powietrzne. Stanowiska pracy w porcie lotniczym będące przedmiotem zainteresowania obejmowały:

- kabinę urządzeń radarowych, w której znajdował się generator częstotliwości radiowej;
- stalową wieżę kratową, na której zamocowana była antena radaru;
- wieżę kontroli ruchu lotniczego;
- kabinę urządzeń radiolatarni bezkierunkowej, w której znajdował się generator częstotliwości radiowej;
- ogrodzony teren, na którym znajdowała się antena radiolatarni bezkierunkowej;
- jednostkę straży pożarnej portu lotniczego, która znajdowała się w pobliżu radiolatarni bezkierunkowej;
- kabinę urządzeń do pomiaru odległości, w której znajdował się generator częstotliwości radiowej;
- obszar wokół kabiny urządzeń do pomiaru odległości, na którym umieszczona była antena.

12.2 Charakter pracy

12.2.1 Radar

Większość prac związanych z radarem technicy ruchu lotniczego wykonywali w kabinie urządzeń. Pracownicy ci od czasu do czasu musieli również wykonywać prace przy antenie. Pozostali pracownicy portu lotniczego pracujący w wieży kontroli ruchu lotniczego, która znajdowała się w odległości około 80 m od radaru i na podobnej wysokości, również mogli być narażeni na działanie promieniowania częstotliwości radiowej emitowanego przez antenę i wyrazili w związku z tym pewne obawy.

12.2.2 Radiolatarnia bezkierunkowa

Większość prac związanych z radiolatarnią bezkierunkową technicy wykonywali w kabinie urządzeń. Pracownicy ci czasami musieli również wchodzić na ogrodzony teren, na którym znajdowała się radiolatarnia bezkierunkowa, w celu jej dostrojenia, aby zapewnić zgodność z prawidłowymi specyfikacjami wyjściowymi; strojenie radiolatarni wykonywano w szafce znajdującej się w odległości kilku metrów od anteny. Bliska odległość radiolatarni bezkierunkowej od jednostki straży pożarnej portu lotniczego była również powodem do niepokoju dla strażaków pracujących w porcie lotniczym.

12.2.3 Urządzenia do pomiaru odległości

Większość prac związanych z urządzeniem do pomiaru odległości technicy wykonywali w kabinie urządzeń. Pracownicy ci rzadko musieli wykonywać prace przy samej antenie, lecz inni pracownicy portu lotniczego wyrazili pewne obawy związane z tym, że antena znajdowała się na wysokości zaledwie 2,5 m nad ziemią i dostęp do niej nie był w żaden sposób ograniczony.

12.3 Informacje dotyczące urządzeń wytwarzających pole elektromagnetyczne

12.3.1 Radar

Radar składał się z generatora częstotliwości radiowej, który wytwarza impulsy promieniowania częstotliwości radiowej, oraz obracającej się anteny. Generator częstotliwości radiowej zainstalowano w kabinie urządzeń, a antena była zamontowana na szczycie stalowej wieży kratowej. Sygnał z generatora częstotliwości radiowej był przekazywany do anteny za pośrednictwem prostokątnego falowodu. Przykładowy radar dozoru w porcie lotniczym przedstawiono na rys. 12.1, a jego specyfikację techniczną w tabeli 12.1.

Rysunek 12.1 – Przykładowy radar dozoru w porcie lotniczym



Tabela 12.1 – Parametry techniczne radaru dozoru w porcie lotniczym

Parametr roboczy	Wartość
Znamionowa częstotliwość nadajnika	3 GHz
Nominalna szczytowa moc wyjściowa	480–580 kW
Znamionowa średnia moc wyjściowa	430 W
Długość impulsu	0,75–0,9 μ s
Częstotliwość powtarzania impulsów	995 Hz
Prędkość obrotu anteny	15 obr./min

12.3.2 Radiolatarnia bezkierunkowa

Radiolatarnia bezkierunkowa składała się z generatora częstotliwości radiowej, wytwarzającego sygnał częstotliwości radiowej 343 kHz modulowany amplitudą o maksymalnej mocy 100 W, oraz niezależnego nadajnika w postaci masztu kratowego o wysokości 15 m. Antena była zainstalowana na ogrodzonym terenie, na którym znajdowała się również szafka, w której umieszczone były urządzenia służące do strojenia. Generator częstotliwości radiowej był zainstalowany w kabinie urządzeń poza ogrodzonym terenem, na którym znajdowała się antena.

12.3.3 Urządzenia do pomiaru odległości

Urządzenia do pomiaru odległości składały się z generatora częstotliwości radiowej i anteny, którą zainstalowano na kabinie urządzeń. Urządzenia do pomiaru odległości emitują impulsy promieniowania o częstotliwości radiowej w odpowiedzi na sygnały odbierane od statków powietrznych zbliżających się do portu lotniczego. Sygnały o częstotliwości radiowej są transmitowane w zakresie częstotliwości 978–1213 MHz z długością impulsu wynoszącą 3,5 μ s. Odstęp czasu między impulsami wynosi 12–36 μ s.

12.4 Sposoby korzystania z urządzeń

Radar, radiolatarnia bezkierunkowa i urządzenia do pomiaru odległości są automatyczne i sterowane zdalnie. Modyfikacje urządzeń i sporadyczne prace konserwacyjne przeprowadzają technicy, którzy czasami potrzebują dostępu do anten. W każdym przypadku, gdy zachodzi potrzeba uzyskania dostępu do anten, generator częstotliwości radiowej zostaje wyłączony.

12.5 Podejście do oceny narażenia

Pomiary narażenia wykonał ekspert-konsultant z wykorzystaniem specjalistycznych przyrządów (anteny rożkowej połączonej z analizatorem widma umożliwiającej szczegółową ocenę narażenia na oddziaływanie pulsacyjnego sygnału z radaru w określonych miejscach oraz trójosiowej sondy do wykrywania zagrożeń związanych z częstotliwością radiową). Pomiary zostały przeprowadzone w miejscach dostępnych dla pracowników, gdy urządzenia były w trakcie nadawania.

12.5.1 Radar

Z uwagi na charakter transmisji sygnału radaru (sygnał częstotliwości radiowej składa się z krótkich impulsów, a antena się obraca) narażenie w jednym konkretnym miejscu nie jest ciągłe, w związku z czym konieczne było przeprowadzenie szczegółowej oceny narażenia z uwzględnieniem dwóch wielkości:

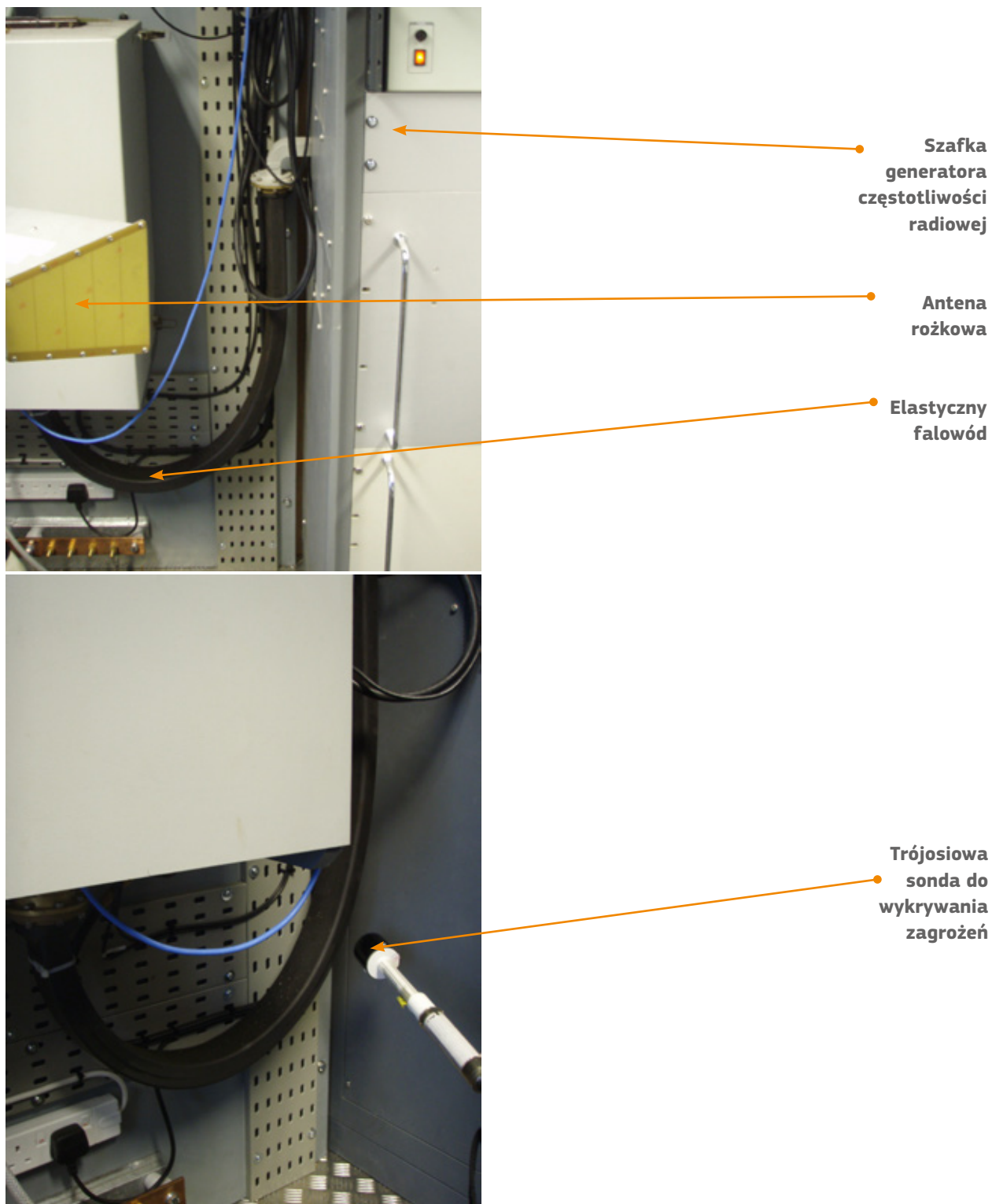
- szczytowej gęstości mocy, która jest miarą narażenia pracownika na oddziaływanie poszczególnych impulsów sygnału częstotliwości radiowej;
- średniej gęstości mocy, którą oblicza się na podstawie szczytowej gęstości mocy i która jest miarą poziomu narażenia uśrednionego w czasie kilku minut z uwzględnieniem pulsacyjnego charakteru sygnału radaru i czasu obrotu anteny.

Pomiary gęstości mocy wykonano w czterech miejscach w wieży kontroli ruchu lotniczego przy użyciu anteny rożkowej i analizatora widma.

Wykonano również pomiary natężenia pola elektrycznego w kilku miejscach przy użyciu sondy do wykrywania zagrożeń związanych z częstotliwością radiową.

Pomiary wykonano w kabinie urządzeń, na wieży antenowej, w pobliżu falowodu (zwracając szczególną uwagę na kołnierze połączeń i wszystkie odcinki elastycznego falowodu (rys. 12.2)), w wieży kontroli ruchu lotniczego oraz w innych strefach wokół radaru, do których dostęp mieli pracownicy, w tym pracownicy szczególnie zagrożeni.

Rysunek 12.2 – Pomiary wykonane wokół elastycznego falowodu w kabinie urządzeń radarowych



12.5.2 Radiolatarnia bezkierunkowa

Pomiary natężenia pola elektrycznego wykonano przy użyciu sondy do wykrywania zagrożeń związanych z częstotliwością radiową w miejscach dostępnych dla pracowników wokół radiolatarni bezkierunkowej, zwracając szczególną uwagę na obszary zajmowane przez techników ruchu lotniczego i strażaków pracujących w porcie lotniczym.

12.5.3 Urządzenia do pomiaru odległości

Pomiary natężenia pola elektrycznego wykonano przy użyciu sondy do wykrywania zagrożeń związanych z częstotliwością radiową wewnątrz kabiny urządzeń i w najbliższej położonym punkcie dostępu do anteny poza kabiną, co odzwierciedlało sytuację, w której pracownik wyciągał rękę w kierunku anteny, stojąc na poziomie terenu.

12.6 Wyniki oceny narażenia

Wyniki wykonanych pomiarów porównano z odpowiednimi interwencyjnymi poziomami narażenia (IPN), a istotne wnioski z oceny narażenia przedstawiono w tabelach 12.2, 12.3 i 12.4. Podczas oceny narażenia pracowników szczególnie zagrożonych na konkretne zagrożenie przeprowadzono porównanie poziomów odniesienia podanych w zaleceniu Rady (1999/519/WE) (zob. dodatek E do tomu 1 poradnika).

Tabela 12.2 – Podsumowanie wyników oceny narażenia na oddziaływanie radaru

Lokalizacja	Zmierzona wielkość	Wynik	Wartość procentowa poziomu narażenia	
			Odpowiedni interwencyjny poziom narażenia ^{1,2}	Poziom odniesienia określony w zaleceniu Rady (1999/519/WE) ³
Dach wieży kontroli ruchu lotniczego	Szczytowa gęstość mocy	33 000 Wm ⁻²	66%	330%
	Średnia gęstość mocy	0,012 Wm ⁻²	0,024%	0,12%
Kabina urządzeń	Maksymalne natężenie pola elektrycznego	< 0,1 Vm ⁻¹	< 0,1%	< 0,2%
10 cm od elastycznego falowodu na zewnątrz kabiny urządzeń		29 Vm ⁻¹	21%	48%
Pozycja tułowia w punkcie dostępu położonym najbliższej anteny na wieży anteny		31 Vm ⁻¹	22%	51%

¹ Zauważono, że w odniesieniu do gęstości mocy promieniowania fal radiowych o częstotliwościach poniżej 6 GHz w dyrektywie o polach elektromagnetycznych nie określono żadnych interwencyjnych poziomów narażenia, co ma szczególne znaczenie w przypadku impulsowych sygnałów częstotliwości radiowej, w związku z czym zgodnie z motywem 15 dyrektywy o polach elektromagnetycznych, w celu przeprowadzenia oceny narażenia na oddziaływanie pulsacyjnego promieniowania częstotliwości radiowej wytwarzanego przez radar, konsultant wykorzystał wytyczne dostarczone przez Międzynarodową Komisję Ochrony przed Promieniowaniem Niejonizującym (ICNIRP) w następujący sposób:

Poziom odniesienia w środowisku pracy dla szczytowej gęstości mocy w przypadku pulsacyjnego promieniowania częstotliwości radiowej dla częstotliwości 300 GHz: 50 000 Wm⁻²

Poziom odniesienia w środowisku pracy dotyczący średniej gęstości mocy dla częstotliwości 2–300 GHz: 50 Wm⁻²

² Interwencyjny poziom narażenia dla natężenia pola elektrycznego przy częstotliwości 2–6 GHz: 140 Vm⁻¹

³ Poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE):

szczytowa gęstość mocy w przypadku pulsacyjnego promieniowania częstotliwości radiowej dla częstotliwości 2–300 GHz: 10 000 Wm⁻²;

średnia gęstość mocy dla częstotliwości 2–300 GHz: 10 Wm⁻²;

natężenie pola elektrycznego dla częstotliwości 2–300 GHz: 61 Vm⁻¹.

Uwaga: Niepewność pomiarów oszacowano na ±2,7 dB i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) powyższe wyniki zostały porównane bezpośrednio z IPN/PO.

Tabela 12.3 – Podsumowanie wyników oceny narażenia na oddziaływanie radiolatarni bezkierunkowej

Lokalizacja	Maksymalne natężenie pola elektrycznego (Vm^{-1})	Wartość procentowa poziomu narażenia		
		Dolny interwencyjny poziom narażenia ¹	Górny interwencyjny poziom narażenia ²	Poziom odniesienia określony w zaleceniu Rady (1999/519/WE) ³
Kabina urzędzeń	100	59%	17%	120%
Pomieszczenie załogi straży pożarnej	< 0,1	< 0,1%	< 0,1%	< 0,2%
Ogrodzenie terenu, na którym znajduje się radiolatarnia bezkierunkowa	270	160%	45%	310%

1. Dolny interwencyjny poziom narażenia w odniesieniu do natężenia pola elektrycznego o częstotliwościach 3 kHz – 10 MHz: $170 Vm^{-1}$

2. Górny interwencyjny poziom narażenia w odniesieniu do natężenia pola elektrycznego o częstotliwościach 3 kHz – 10 MHz: $610 Vm^{-1}$

3. Określony w zaleceniu Rady (1999/519/WE) poziom odniesienia dotyczący natężenia pola elektrycznego o częstotliwościach 150 kHz – 1 MHz: $87 Vm^{-1}$

Uwaga: Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 2,7$ dB i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) wyniki zostały porównane bezpośrednio z IPN/PO.

Tabela 12.4 – Podsumowanie wyników oceny narażenia na oddziaływanie urzędzeń do pomiaru odległości

Lokalizacja	Maksymalne natężenie pola elektrycznego (Vm^{-1})	Wartość procentowa poziomu narażenia	
		Interwencyjny poziom narażenia ¹	Poziom odniesienia określony w zaleceniu Rady (1999/519/WE) ²
Kabina urzędzeń	< 0,1	< 0,2%	< 0,3%
2,5 m nad poziomem terenu, w odległości 0,6 m od anteny	14	15%	33%

¹ Najbardziej restrykcyjna wartość interwencyjnego poziomu narażenia w przypadku natężenia pola elektrycznego dla częstotliwości transmisji 978–1213 MHz wykorzystywanych w urzędzeniach do pomiaru odległości: $94 Vm^{-1}$

² Najbardziej restrykcyjna wartość poziomu odniesienia określonego w zaleceniu Rady (1999/519/WE) dotyczącego natężenia pola elektrycznego dla częstotliwości transmisji 978–1213 MHz wykorzystywanych w urzędzeniach do pomiaru odległości: $43 Vm^{-1}$

Uwaga: Niepewność pomiarów oszacowano na $\pm 2,7$ dB i zgodnie z podejściem opartym na „podziale ryzyka” (zob. dodatek D5 do tomu 1 poradnika) powyższe wyniki zostały porównane bezpośrednio z IPN/PO.

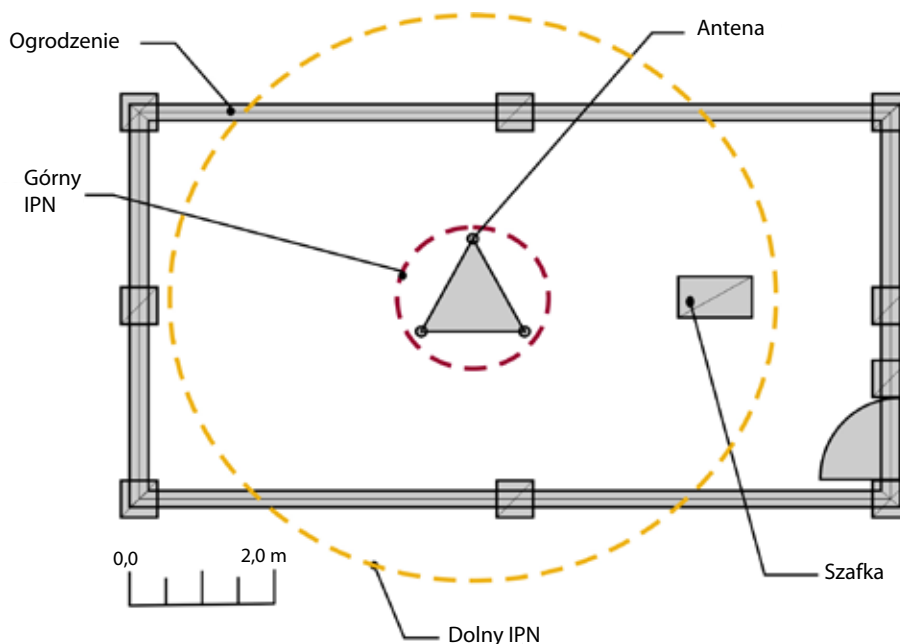
12.6.1 Radar

Wyniki oceny narażenia wykazały, że poziom narażenia na promieniowanie częstotliwości radiowej z radaru był niższy od wartości IPN określonych w dyrektywie o polach elektromagnetycznych. W ocenie zwrócono jednak uwagę na pewne obszary, na których poziomy odniesienia określone w zaleceniu Rady (1999/519/WE) zostały przekroczone, chociaż istniało małe prawdopodobieństwo, aby pracownicy szczególnie zagrożeni przebywali w tych strefach.

12.6.2 Radiolatarnia bezkierunkowa

Wyniki oceny narażenia wykazały, że na obszarach poza ogrodzeniem otaczającym radiolatarnię bezkierunkową poziom narażenia na promieniowanie częstotliwości radiowej pochodzące z radiolatarni bezkierunkowej był wyższy od wartości dolnego IPN dotyczącego pola elektrycznego (rys. 12.3) oraz wyższy od poziomów odniesienia określonych w zaleceniu Rady (1999/519/WE). We wspomnianych strefach mogli przebywać pracownicy, w tym pracownicy szczególnie zagrożeni.

Rysunek 12.3 – Rzut poziomy przedstawiający linie wyznaczające obszary wokół radiolatarni bezkierunkowej, w których interwencyjne poziomy narażenia mogą zostać przekroczone



12.6.3 Urządzenia do pomiaru odległości

Wyniki oceny narażenia wykazały, że na wszystkich łatwo dostępnych obszarach wokół urządzenia do pomiaru odległości poziom narażenia na promieniowanie częstotliwości radiowej pochodzące z urządzenia do pomiaru odległości był niższy od wartości IPN oraz niższy od poziomów odniesienia określonych w zaleceniu Rady (1999/519/WE).

12.7 Analiza ryzyka

W oparciu o ocenę narażenia przeprowadzoną przez konsultanta operator portu lotniczego ocenił zagrożenia związane z oddziaływaniem radaru, radiolatarni bezkierunkowej i urządzenia do pomiaru odległości. Działanie to było spójne z metodyką proponowaną w ramach OiRA (interaktywnego narzędzia on-line do oceny ryzyka opracowanego przez Europejską Agencję Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy). Na podstawie analizy ryzyka stwierdzono, że:

- pracownicy szczególnie zagrożeni mogą być narażeni na działanie radaru znajdującego się na dachu wieży kontroli ruchu lotniczego;
- pracownicy, w tym pracownicy szczególnie zagrożeni, mieli nieograniczony dostęp do obszarów wokół radiolatarni bezkierunkowej, w których dolny IPN dotyczący wpływu na percepcję zmysłową był przekroczony, ponieważ ogrodzenie zostało postawione zbyt blisko nadajnika;
- istnieje małe prawdopodobieństwo, aby urządzenie do pomiaru odległości stanowiło zagrożenie dla pracowników.

Na podstawie oceny zagrożeń operator portu lotniczego opracował plan działania, który został udokumentowany.

W tabelach 12.5, 12.6 i 12.7 przedstawiono przykładowe oceny zagrożeń związanych z polem elektromagnetycznym przeprowadzone w odniesieniu do radaru, radiolatarni bezkierunkowej i urządzenia do pomiaru odległości.

Tabela 12.6 – Analiza ryzyka związanego z polem elektromagnetycznym w odniesieniu do radiolatarni bezkierunkowej

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień dotkliwości			Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności		
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach			Małe	Średnie
Skutki bezpośrednio oddziaływania częstotliwości radiowej	Fizyczne uniemożliwienie osobom nieuprawnionym dostępu do ogrodzonego terenu, na którym znajduje się nadajnik	Personel techniczny	✓				✓	Niski	Przestawienie ogrodzenia tak, aby obejmowało cały obszar, na którym poziom natężenia pola elektrycznego przekracza dolny interwencyjny poziom narażenia
	Prosta procedura zapewniająca wyłączenie nadajnika ilekroć zachodzi konieczność zbliżenia się do anteny	Pracownicy portu lotniczego	✓				✓	Niski	Uwzględnienie szczegółowych ostrzeżeń w informacjach dotyczących bezpieczeństwa w miejscu pracy
	Ostrzeżenia informujące wyłącznie o ryzyku porażenia prądem	Pracownicy szczególnie zagrożeni (w tym pracownicy w ciąży)	✓				✓	Niski	Umieszczenie odpowiednich ostrzeżeń informujących o zagrożeniu związanym z oddziaływaniem częstotliwości radiowej w punktach dostępu do ogrodzonego terenu, na którym znajduje się radiolatarnia bezkierunkowa Opracowanie procedury dotyczącej strojenia radiolatarni bezkierunkowej Zapewnienie technikom odpowiedzialnym za dostrajanie sygnału radiolatarni bezkierunkowej szkolenia z zakresu bezpieczeństwa związanego z częstotliwością radiową
Skutki pośrednie oddziaływania częstotliwości radiowej (zakłócenie działania implantów medycznych)	Ostrzeżenia informujące wyłącznie o ryzyku porażenia prądem Wszyscy pracownicy poinstruowani o konieczności powiadomienia operatora portu lotniczego o posiadaniu wszczepionego implantu medycznego	Pracownicy szczególnie zagrożeni	✓				✓	Średni	Zob. powyżej

Tabela 12.7 – Analiza ryzyka związanego z polem elektromagnetycznym w odniesieniu do urządzenia do pomiaru odległości

Zagrożenia	Istniejące środki zapobiegawcze i środki ostrożności	Osoby zagrożone	Stopień dotkliwości			Prawdopodobieństwo			Ocena stopnia zagrożenia	Nowe środki zapobiegawcze i środki ostrożności
			Niski	Wysoki	Śmiertelny w skutkach	Male	Średnie	Duże		
Skutki bezpośrednie oddziaływania częstotliwości radiowej	Prosta procedura zapewniająca wyłączenie nadajnika ilekroć zachodzi konieczność zbliżenia się do anteny	Personel techniczny	✓			✓			Niski	Brak
		Pracownicy portu lotniczego	✓			✓			Niski	
		Pracownicy szczególnie zagrożeni (w tym pracownice w ciąży)	✓			✓			Niski	
Skutki pośrednie oddziaływania częstotliwości radiowej (zakłócenie działania implantów medycznych)	Wszyscy pracownicy poinstruowani o konieczności powiadomienia operatora portu lotniczego o posiadaniu wszczepionego implantu medycznego	Pracownicy szczególnie zagrożeni		✓			✓		Niski	Brak

12.8 Wdrożone środki ostrożności

12.8.1 Radar

Z radarem wiązał się szereg różnych środków ochronnych i środków zapobiegawczych, w tym:

- kabina urządzeń i wieża antenowa znajdowały się na zamkniętym terenie z zabezpieczonym ogrodzeniem;
- drzwi wejściowe do kabiny urządzeń i brama wejściowa na ogrodzony teren były zamknięte na klucz, gdy nie było dozoru, a dostęp do kluczy mieli wyłącznie uprawnieni pracownicy;
- do klatki schodowej wieży antenowej prowadziła oddzielna brama zamknięta na klucz, znajdująca się w obrębie ogrodzonego terenu;
- na bramie wejściowej na ogrodzony teren, na którym znajdował się radar, i na bramie wejściowej na klatkę schodową wieży antenowej były umieszczone ostrzeżenia (rys. 12.4);
- szafka generatora częstotliwości radiowej została wyposażona w blokady;
- stosowano prostą procedurę zapewniającą wyłączenie generatora częstotliwości radiowej w razie potrzeby uzyskania dostępu do wieży antenowej;
- stosowano zabezpieczenie zapewniające wyłączenie generatora częstotliwości radiowej w momencie, w którym radar przestaje się obracać;
- poinstruowano wszystkich pracowników portu lotniczego o konieczności powiadomienia operatora portu lotniczego o posiadaniu wszczepionego implantu medycznego.

Rysunek 12.4 – Ostrzeżenia umieszczone na bramie wejściowej na ogrodzony teren, na którym znajdował się radar (z lewej), i na bramie wejściowej klatki schodowej wieży antenowej (z prawej)



12.8.2 Radiolatarnia bezkierunkowa

Przed oceną narażenia wykonaną przez konsultanta wdrożone były tylko nieliczne środki ochronne i środki zapobiegawcze. Środki te ograniczały się do:

- ogrodzenia wokół nadajnika;
- ostrzeżeń informujących o ryzyku porażenia prądem umieszczonych na ogrodzeniu wokół radiolatarni bezkierunkowej;
- stosowania prostej procedury zapewniającej wyłączenie generatora częstotliwości radiowej w razie konieczności uzyskania dostępu do wieży antenowej;
- poinstruowania wszystkich pracowników portu lotniczego o konieczności powiadomienia operatora portu lotniczego o posiadaniu wszczepionego implantu medycznego.

12.8.3 Urządzenia do pomiaru odległości

Przed przeprowadzeniem oceny narażenia wdrożono prostą procedurę zapewniającą wyłączenie generatora częstotliwości radiowej w razie potrzeby uzyskania dostępu do anteny.

12.9 Dodatkowe środki ostrożności wynikające z oceny

12.9.1 Radar

Dzięki istniejącym środkom ochronnym i środkom zapobiegawczym poziomy narażenia pracowników portu lotniczego były ogólnie niższe od odpowiednich IPN i poziomów odniesienia określonych w zaleceniu Rady (1999/519/WE) w odniesieniu do stref, w których przeprowadzono pomiary. Jedyne wyjątek stanowił dach wieży kontroli ruchu lotniczego, na którym pracownicy szczególnie zagrożeni mogą być narażeni na promieniowanie częstotliwości radiowej emitowane przez radar, chociaż stwierdzono, iż istnieje małe prawdopodobieństwo, aby pracownicy ci musieli wchodzić do tego obszaru.

W wyniku oceny narażenia za radą konsultanta operator portu lotniczego wdrożył pewne mniej istotne zalecenia:

- na drzwiach wyjściowych na dach i drzwiach wejściowych wieży kontroli ruchu lotniczego umieszczono ostrzeżenia zawierające piktogram przedstawiający antenę emitującą promieniowanie i słowa „Uwaga! Promieniowanie niejonizujące”;
- pracownikom portu lotniczego przypomniano o konieczności powiadomienia operatora portu lotniczego o posiadaniu wszczepionego implantu medycznego;

- w informacjach dotyczących bezpieczeństwa w miejscu pracy uwzględniono ostrzeżenia dotyczące w szczególności zagrożeń powodowanych przez promieniowanie niejonizujące związane z działaniem radaru.

Warto zauważyć, że można zastanowić się nad wprowadzeniem dodatkowego środka ochronnego, chociaż nie został on wdrożony w analizowanym przypadku, znanego jako „wygaszanie sektorów” i polegającego na pracy nadajnika radaru ze zmniejszoną mocą w odniesieniu do ustalonego z góry omiatanego obszaru, w przypadku zidentyfikowania w wyniku oceny narażenia istotnego ryzyka narażenia na promieniowanie częstotliwości radiowej pochodzące z radaru. Wiązałoby się to z zaprogramowaniem radaru tak, aby następowało zmniejszenie mocy promieniowania częstotliwości radiowej lub wyłączenie jej źródła w momencie, w którym antena jest skierowana na dany obszar. Stosowanie wygaszania sektorów należy jednak rozważyć z dużą ostrożnością, a korzyści takiego rozwiązania należy zestawić z z brakiem danych z nadzoru spowodowanym pracą nadajnika radaru ze zmniejszoną mocą.

12.9.2 Radiolatarnia bezkierunkowa

Stwierdzono, że istniejące środki ochronne i środki zapobiegawcze są nieodpowiednie i wdrożono kilka nowych środków.

W wyniku oceny narażenia za radą konsultanta operator portu lotniczego wdrożył szereg zaleceń:

- ogrodzenie otaczające radiolatarnię bezkierunkową odsunięto od nadajnika, tak aby obejmowało obszar, na którym natężenie pola elektrycznego przekraczało dolny IPN. Zauważono, że rozwiązaniem alternatywnym dla przesunięcia ogrodzenia byłoby zapewnienie szkoleń pracownikom, od których może być wymagane wchodzenie na dany obszar, lecz przestawienie ogrodzenia było łatwiejszym i skuteczniejszym rozwiązaniem;
- na bramie wejściowej na ogrodzony teren, na którym znajdowała się radiolatarnia bezkierunkowa, umieszczono ostrzeżenia zawierające piktogram przedstawiający antenę emitującą promieniowanie i słowa „Uwaga! Promieniowanie niejonizujące”;
- opracowano procedurę dostrajania sygnału radiolatarni bezkierunkowej;
- technikom, od których może być wymagane dostrajanie sygnału radiolatarni bezkierunkowej na ogrodzonym terenie, zapewniono szkolenie z zakresu wpływu promieniowania częstotliwości radiowej;
- pracownikom portu lotniczego przypominano o konieczności powiadomienia operatora portu lotniczego o posiadaniu wszczepionego implantu medycznego;
- w informacjach dotyczących bezpieczeństwa w miejscu pracy uwzględniono ostrzeżenia dotyczące w szczególności zagrożeń powodowanych przez promieniowanie niejonizujące związane z działaniem radiolatarni bezkierunkowej.

12.9.3 Urządzenia do pomiaru odległości

- Nie wdrożono żadnych dalszych środków ochronnych ani środków zapobiegawczych, ponieważ stwierdzono, że istniejące środki są wystarczające.

Dyrektywa 2013/35/UE ustanawia minimalne wymogi w zakresie bezpieczeństwa dotyczące narażenia pracowników na zagrożenia związane z polami elektromagnetycznymi. Niniejszy poradnik został przygotowany, aby pomóc pracodawcom, szczególnie małym i średnim przedsiębiorstwom, w zrozumieniu, co powinni zrobić, aby spełnić wymogi dyrektywy. Może on jednak również być przydatny dla pracowników, przedstawicieli pracowników i organów regulacyjnych w państwach członkowskich. Składa się on z dwóch tomów i specjalnego poradnika dla MŚP.

W tomie 1 poradnika zawarto porady dotyczące przeprowadzania oceny ryzyka oraz dalsze porady dotyczące opcji, które mogą mieć zastosowanie, gdy pracodawcy muszą wdrożyć dodatkowe środki ochronne i zapobiegawcze.

W tomie 2 przedstawiono dwanaście analiz konkretnych przypadków, w których pokazano pracodawcom, jak przeprowadzać ocenę, oraz przedstawiono niektóre ze środków ochronnych i zapobiegawczych, które mogliby oni wybrać i stosować. Analizy konkretnych przypadków zostały przedstawione w kontekście typowych miejsc pracy, ale oparte są na rzeczywistych sytuacjach.

Poradnik dla MŚP pomoże Państwu w przeprowadzaniu wstępnej oceny ryzyka wynikającego z narażenia na działanie pola elektromagnetycznego na stanowisku pracy. Na podstawie wyników tej oceny będą Państwo mogli łatwiej zdecydować, czy konieczne jest podjęcie dalszych działań zgodnie z dyrektywą o polach elektromagnetycznych.

Niniejsza publikacja jest dostępna w formie elektronicznej we wszystkich językach urzędowych UE.

Nasze publikacje mogą Państwo pobrać bezpłatnie na stronie:

<http://ec.europa.eu/social/publications>

Jeżeli chcieliby Państwo regularnie otrzymywać nowe informacje na temat Dyrekcji Generalnej ds. Zatrudnienia, Spraw Społecznych i Włączenia Społecznego, zaprenumerujcie Państwo bezpłatną publikację *Social Europe e-newsletter* na stronie

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



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



https://twitter.com/EU_Social

