

Międzyresortowa Komisja  
ds. Najwyższych Dopuszczalnych  
Stężeń i Natężeń Czynników  
Szkodliwych dla Zdrowia  
w Środowisku Pracy



# CZYNNIKI SZKODLIWE W ŚRODOWISKU PRACY

wartości dopuszczalne

2024

**CIOP**  **PIB**

# 10A

## POLE ELEKTROMAGNETYCZNE

---

*dr hab. inż. Jolanta Karpowicz*  
*dr hab. inż. Krzysztof Gryz*  
Centralny Instytut Ochrony Pracy  
– Państwowy Instytut Badawczy

- 10A.1. Zagrożenia elektromagnetyczne  
w środowisku pracy
  - 10A.2. Źródła pola elektromagnetycznego
  - 10A.3. Narażenie elektromagnetyczne ogółu pra-  
cujących
  - 10A.4. Ochrona kobiet w ciąży i młodocianych
  - 10A.5. Ochrona użytkowników implantów  
medycznych i urządzeń nasobnych
  - 10A.6. Ocena narażenia na pole elektromagne-  
tyczne
  - 10A.7. Środki ochronne
  - 10A.8. Ocena ryzyka zawodowego związanego  
z zagrożeniami elektromagnetycznymi
- Piśmiennictwo
- Załącznik: Charakterystyka narażenia  
przy wybranych źródłach pola  
elektromagnetycznego



### 10A.1. Zagrożenia elektromagnetyczne w środowisku pracy

Wykorzystywaniu energii elektrycznej w różnego typu urządzeniach i instalacjach, użytkowanych we wszystkich obszarach działalności człowieka, towarzyszy rozpraszanie w ich otoczeniu energii elektromagnetycznej (tabela 1).

**Tabela 1.** Wielkości charakteryzujące zjawiska elektromagnetyczne zachodzące w środowisku pracy

| Wielkość                                    | Oznaczenie skrótowe | Parametr                                                                                                                      | Symbol            | Jednostka           | Uwagi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| pole elektryczne                            | <b>pole-E</b>       | – natężenie pola-E (wielkość wektorowa)<br>– wartość skuteczna (RMS) lub równoważna (WR) natężenia pola-E (wielkość skalarna) | <b>E</b><br><br>E | wolt na metr (V/m)  | determinowane przez rozkład potencjału elektrycznego w źródle pola                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| pole magnetyczne                            | <b>pole-M</b>       | – natężenie pola-M (wielkość wektorowa)<br>– wartość skuteczna (RMS) lub równoważna (WR) natężenia pola-M (wielkość skalarna) | <b>H</b><br><br>H | amper na metr (A/m) | determinowane przez rozkład prądów elektrycznych w źródle pola                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| zmienności pola-E i pola-M w czasie         | ---                 | częstotliwość (wielkość skalarna)                                                                                             | <b>f</b>          | herc (Hz)           | – długość fali elektromagnetycznej ( $\lambda$ ) jest skorelowana z częstotliwością<br>– przybliżone zależności obowiązujące w powietrzu:<br>$\lambda_{[m]} \times f_{[MHz]} = 300$<br>$\lambda_{[mm]} \times f_{[GHz]} = 300$<br>– przykładowo: przy częstotliwości 27 MHz długość fali wynosi ok. 11 m, a przy częstotliwości 6 GHz długość fali wynosi ok. 50 mm |
| zróznicowanie pola-E i pola-M w przestrzeni | ---                 | impedancja pola (wielkość skalarna)                                                                                           | E/H               | om ( $\Omega$ )     | podobnie jak poziom narażenia, determinowana przez odległość od źródła pola i jego wymiary geometryczne                                                                                                                                                                                                                                                             |

Zgodnie z postanowieniami rozporządzenia Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej (dalej jako MRPiPS) w sprawie NDS i NDN czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy pole elektrostatyczne, magnetostatyczne i pole elektromagnetyczne zmienne w czasie, o częstotliwościach nieprzekraczających 300 GHz, stanowiących niskoczęstotliwościowy podzakres promieniowania niejonizującego, są określane jako „pole lub promieniowanie elektromagnetyczne”, w skrócie „**pole-EM**” [28,31].

W pobliżu źródła pola-EM natężenie pola-E i natężenie pola-M są od siebie niezależne, ponieważ determinują je różne parametry elektryczne źródła pola-EM. Natomiast w odległościach przekraczających kilka długości fali elektromagnetycznej, w przestrzeni tzw. strefy dalekiej pola-EM, wartość skuteczna natężenia pola-E jest skorelowana z wartością skuteczną natężenia pola-M (tj.: wartość  $E_{[V/m]}$  jest ok. 400 razy większa od wartości  $H_{[A/m]}$ ). W związku z tym pole-EM wielkiej częstotliwości (tj. większej od kilku MHz) nazywane jest również promieniowaniem elektromagnetycznym.

Bezpośrednie skutki oddziaływania pola-EM to głównie: indukowanie potencjałów elektrycznych w obiektach materialnych, m.in. w organizmie człowieka (najistotniejsze dla bezpieczeństwa pracowników w przypadku oddziaływania pola-EM o częstotliwościach nieprzekraczających kilku megaherców), obciążenie termiczne (najistotniejsze dla bezpieczeństwa pracowników w przypadku oddziaływania pola-EM o częstotliwościach mega- lub gigahercowych), jądrowy rezonans magnetyczny, zjawisko magneto-hydrodynamiczne, modyfikacja dynamiki procesów rodnikowych [12,20]. Liczne badania naukowe wskazują, że oddziaływanie silnego pola-EM powoduje w organizmie różne reakcje fizjologiczne i w konsekwencji niepożądane zmiany zdolności do pracy lub stanu zdrowia (czasowe lub trwałe). Potencjały i prądy indukowane mogą zakłócać pracę organizmu na skutek zaburzenia naturalnych procesów elektrofizjologicznych w komórkach nerwowych lub mięśniowych, a wzrost temperatury tkanek może wywołać uszkodzenie termiczne różnego stopnia i rozległości – na powierzchni ciała lub wewnątrz, zależnie od częstotliwości pola-EM i warunków jego oddziaływania.

Bezpośrednie oddziaływanie pola-EM na organizm zwykle nie jest odczuwane zmysłami człowieka. Do wyjątków należy odczuwanie wrażeń wzrokowych, tzw. magneto- lub elektrofosfenów, podczas przebywania w silnym polu-EM małych częstotliwości, i wrażeń słuchowych pod wpływem impulsowych mikrofal [12,20]. Ponadto człowiek poruszający się podczas oddziaływania pola magnetostatycznego może odczuwać zawroty głowy i nudności oraz mieć utrudnioną koordynację wzrokowo-ruchową (może to istotnie ograniczać zdolność do precyzyjnego i bezpiecznego wykonywania pracy). Odczucia te ustają po zakończeniu narażenia i nie ustalono dotychczas ich wpływu na zdrowie przy narażeniu wieloletnim [12,13,15,16,20]. Badania naukowe zmierzają również do ustalenia, w jakim stopniu wieloletnie oddziaływanie pola-EM sprzyja rozwojowi zaburzeń funkcjonowania układu nerwowego, sercowo-naczyniowego, krwionośnego,

odpornościowego, procesów nowotworowych, a także dolegliwości subiektywnych (takich jak: bóle głowy, zmęczenie, zaburzenia pamięci) [12,20].

Skutki biologiczne lub zdrowotne oddziaływania pola-EM zależą głównie od jego częstotliwości i poziomu oraz od stopnia separacji potencjału elektrycznego pracownika od obiektów uziemionych elektrycznie, a także od rozkładu narażenia pracownika w czasie i przestrzeni (tj. od tego, czy narażenie jest miejscowe i jakiej części ciała dotyczy, czy ogólne, obejmujące cały organizm i jak długo występuje) [2,9,12,20].

Oprócz opisanego działania bezpośredniego występuje także pośrednie oddziaływanie pola-EM na ludzi, przejawiające się głównie jako prądy kontaktowe przepływające przez ciało człowieka dotykającego obiektu metalowego, którego potencjał elektryczny różni się od potencjału człowieka wskutek oddziaływania pola-EM [9,28]. Zjawisko to może wywoływać elektrostymulację tkanek i odczuwanie bólu oraz odruch uniku, podobnie jak oddziaływanie prądów indukowanych bądź rażenia prądem przy dotknięciu instalacji elektrycznej pod napięciem, a przy silnym narażeniu na pole-EM – również poważne poparzenia. Przepływ prądów kontaktowych może powodować też wyładowania iskrowe i zagrożenie wybuchem lub pożarem w atmosferze łatwopalnej lub wybuchowej.

Bezpośrednią przyczyną bardzo poważnych zagrożeń bezpieczeństwa pracowników może być również wprawienie w ruch metalowych obiektów ferromagnetycznych przez oddziaływanie pola magnetostatycznego (wytworzonego np. przez stałą siłę prądu prostowanego lub przez magnesy i elektromagnesy) [10,13-16,21]. W silnych, niejednorodnych przestrzennie polach obiekty takie mogą zachowywać się jak lecące w stronę magnesu pociski i z tego powodu zagrażać ludziom lub infrastrukturze technicznej (uderzeniem lub przygnieceniem przez obiekt przyciągnięty do magnesu lub przez magnes przyciągnięty do większego obiektu ferromagnetycznego).

Zagrożenia związane z pośrednim oddziaływaniem pola-EM mogą wynikać również z takich zjawisk inicjujących wypadki, jak: zakłócenia działania automatycznych urządzeń sterujących, uszkodzenia magnetycznych nośników pamięci, rażenia i wybuchy na skutek indukowania prądów i ładunków w dużych konstrukcjach metalowych (np. w urządzeniach) [28]. Zjawiska takie są nieobojętne dla bezpieczeństwa ludzi przebywających w pobliżu źródeł pola-EM, a przeciwdziałanie im jest realizowane głównie poprzez różnorodne wymagania techniczne, m.in. dotyczące tzw. kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) i ochrony środowiska. W kontekście problematyki EMC prawo pracy kładzie szczególny nacisk na bezpieczeństwo użytkowania implantów medycznych lub urządzeń nasobnych przez pracujących w narażeniu na pole-EM [28].

Konieczność harmonizacji polskich przepisów z dyrektywą 2013/35/UE w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracujących na zagrożenia spowodowane czynnikami fizycznymi (polami elektromagnetycznymi) [Dz. Urz. UE L 179, s. 1-19] spowodowała w 2016 r. nowelizację

wymagań prawa pracy dotyczącego ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z oddziaływania pola-EM na organizm człowieka i obiekty techniczne w środowisku pracy, którą opublikowano w:

- rozporządzeniu MRPiPS w sprawie BHP przy pracach związanych z narażeniem na pole-EM (tekst jednolity: DzU 2018, poz. 331) – dalej cytowane jako: **R-BHP-EM** [28]
- rozporządzeniu MRPiPS w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (DzU 2018, poz. 1286) – dalej cytowane jako: **R-NDN-EM** [31].

Aby zapewnić pracującym bezpieczne i higieniczne warunki pracy, w R-BHP-EM określono zagrożenia elektromagnetyczne, jakie pracodawca powinien rozpoznać i ograniczać [28]. Są to zagrożenia powodowane przez:

a) bezpośrednie skutki biofizyczne oddziaływania pola-EM na organizm człowieka, obejmujące natychmiastowe i ostre skutki oddziaływania pola-EM:

- skutki termiczne – ogrzanie tkanki przez pochłoniętą energię pola-EM
- skutki pozatermiczne mogące wpływać na zdolność do bezpiecznego wykonywania pracy – pobudzenie mięśni, nerwów lub narządów zmysłów, które mogą mieć szkodliwy wpływ na zdrowie psychiczne lub fizyczne; pobudzenie narządów zmysłów, które może prowadzić do przejściowych objawów, takich jak zawroty głowy czy wrażenia wzrokowe, powodujących przejściowe uciążliwości lub wpływających na funkcje poznawcze lub inne funkcje mózgu lub mięśni
- prądy kończynowe indukowane – prądy pojemnościowe indukowane bezpośrednio w organizmie, przepływające w kończynach,

b) pośrednie skutki oddziaływania pola-EM na inne obiekty, obejmujące:

- zakłócenie działania urządzeń elektronicznych, w szczególności powodujące zakłócenie działania elektronicznego sprzętu medycznego i elektronicznych wyrobów medycznych przeznaczonych do wprowadzenia w całości lub w części do ludzkiego ciała, takich jak: stymulatory serca, pompy insulinowe i inne aktywne implanty medyczne (a także urządzenia nasobne), spowodowane wrażliwością urządzeń na oddziaływanie pola-EM
- skutki termiczne oddziaływania na implanty mechaniczne, w szczególności na endoprotezy ortopedyczne lub naczyniowe i inne pasywne implanty medyczne
- zagrożenie balistyczne, rozumiane jako zagrożenie powodowane gwałtownym przemieszczaniem się przedmiotów ferromagnetycznych w polu magnetostatycznym
- uruchomienie elektrycznych urządzeń (sieci strzałowe, zapalniki) inicjujących detonację materiałów wybuchowych
- zapłon materiałów łatwopalnych lub atmosfer wybuchowych, którego źródło mogą stanowić: wyładowania elektrostatyczne, iskrzenie w obiektach technicz-

nych spowodowane prądem indukowanym w tych obiektach lub wyładowania iskrowe spowodowane prądem kontaktowym stanu przejściowego

- prądy kończynowe kontaktowe – prądy przepływające w kończynach podczas dotykania obiektu w polu-EM: prądy kontaktowe stanu ustalonego, gdy dana osoba ma ciągłą styczność z obiektem, lub prądy kontaktowe stanu przejściowego, występujące w momencie rozpoczęcia lub przerwania styczności z obiektem.

## 10A.2. Źródła pola elektromagnetycznego

Wokół wszystkich urządzeń zasilanych energią elektryczną występuje pole-EM słabnące w miarę oddalania się od nich. Dlatego pracujący przebywają stale w polu-EM złożonym ze składowych o różnych częstotliwościach i o poziomie zależnym od odległości od źródeł pola-EM i poziomu emisji z tych źródeł. Warunki narażenia pracujących w przestrzeni pracy przy różnorodnych urządzeniach, przy których mogą występować stosunkowo silne pola-EM, powinny być rozpoznane i ocenione niezależnie od powodu przebywania tam pracujących. **Źródła pola-EM wymagające uwagi w środowisku pracy** to głównie [2-27,39-41]:

- obiekty elektroenergetyczne: linie wysokiego napięcia, stacje przesyłowo-rozdzielcze, rozdzielcze transformatory energetyczne, energetyczna instalacja zasilająca
- urządzenia medyczne: diagnostyczne i terapeutyczne
- urządzenia przemysłowe: piece i nagrzewnice indukcyjne, piece łukowe i rezystancyjne, zgrzewarki rezystancyjne i dielektryczne, dielektryczne (wielkiej częstotliwości) i mikrofalowe urządzenia do grzania, urządzenia do magnetycznej kontroli jakości mechanicznej elementów metalowych, urządzenia do elektrolizy i galwanizacji, urządzenia do spawania łukiem elektrycznym
- urządzenia radiokomunikacyjne: anteny nadawcze radiowe i telewizyjne, stacje radiolokacyjne, systemy telefonii ruchomej – stacje bazowe oraz telefony komórkowe i radiotelefony (przenośne, przewożne i stacjonarne), znajdujące się w pobliżu pracowników urządzenia bezprzewodowe krótkiego zasięgu (np. anteny systemów RFID, WLAN, Wi-Fi)
- inne urządzenia elektryczne: kuchnie mikrofalowe i indukcyjne, systemy antykrazieżowe, systemy zdalnego nadzorowania obiektów i kontroli dostępu, pojazdy elektryczne i zasilająca je infrastruktura itp.

Dla ułatwienia rozpoznania źródeł pola-EM i parametrów ekspozycji w ich otoczeniu w R-BHP-EM podano charakterystyki wybranych źródeł (załącznik 1). Określono w nim także możliwość wykorzystania do rozpoznania zagrożeń elektromagnetycznych danych dotyczących poziomu emisji pola-EM ze źródeł lub poziomu pola-EM w otoczeniu źródła, które opracowano na podstawie odrębnych przepisów (§ 5.1.3), np. wymagań dotyczących EMC.

### 10A.3. Narażenie elektromagnetyczne ogółu pracujących

Do fizycznych, niebezpiecznych i szkodliwych czynników występujących w procesie pracy zaliczono pole-EM o częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz – od pól statycznych, rozpatrywanych łącznie ze zmiennością poziomu narażenia człowieka poruszającego się w pobliżu źródła pola statycznego (w zakresie częstotliwości 0-5 Hz), do mikrofal [PN-80/Z-08052, R-BHP-EM]. Oddziaływanie takich czynników powinno być odpowiednio ograniczone w środowisku pracy, aby podczas wieloletniej aktywności zawodowej nie powodowało negatywnych skutków zdrowotnych u pracownika, jak również u jego potomstwa [31]. Kluczowe znaczenie mają środki ochronne stosowane zgodnie z wymaganiami prawa pracy w razie przebywania pracujących i osób potencjalnie narażonych w przestrzeni **pola-EM stref ochronnych**, gdzie oddziaływanie pola-EM (bezpośrednie lub pośrednie) jest na tyle silne, że konieczne jest przeciwdziałanie różnorodnym zagrożeniom elektromagnetycznym. Środki ochronne dotyczące ogółu pracujących lub osób szczególnie chronionych powinny być dostosowane do zróżnicowanej wrażliwości charakteryzującej [R-BHP-EM]:

- ogół zdrowych pracujących dorosłych
- kobiety w ciąży
- pracowników młodocianych
- użytkowników implantów medycznych lub elektronicznych urządzeń nasobnych
- inne osoby szczególnie chronione.

W rozporządzeniu R-BHP-EM określono, że oddziaływaniu pola-EM w zróżnicowanych okolicznościach podlega:

- **osoba potencjalnie narażona** – każda osoba mająca dostęp do miejsca narażenia, chociaż nie wykonuje prac przy użytkowaniu źródła pola-EM
- **pracujący** – osoba wykonująca prace przy użytkowaniu źródła pola-EM: pracownik, osoba fizyczna wykonująca te prace na innej podstawie niż stosunek pracy albo osoba prowadząca na własny rachunek działalność gospodarczą
- **osoba szczególnie chroniona** – osoba, która podlega ograniczeniom dotyczącym przebywania w polu-EM stref ochronnych: kobieta w ciąży, młodociany, użytkownik aktywnych lub pasywnych implantów medycznych, osoba, u której stwierdzono inne przeciwskazania do wykonywania pracy w warunkach narażenia.

Ze względu na transpozycję dyrektywy 2013/35/UE do prawa pracy wprowadzono zróżnicowane kryteria dotyczące zagrożeń elektromagnetycznych:

- Graniczne Poziomy Oddziaływania (GPO), rozumiane jako limity miar skutków biofizycznych oddziaływania bezpośredniego pola-EM na ludzi (R-BHP-EM, załącznik nr 2)
- Interwencyjne Poziomy Narażenia (IPN), rozumiane jako limity miar narażenia na pole-EM, określające poziomy operacyjne umożliwiające uproszczoną ocenę, czy

narażenie spełnia wymagania określone przez limity GPO, lub w celu zastosowania odpowiednich środków ochronnych [R-NDN-EM].

Wspomniane limity GPO odnoszą się do natężenia pola-E indukowanego w układzie nerwowym człowieka ( $E_w$ ), współczynnika szybkości pochłaniania właściwego energii ( $SAR$ ) oraz oddziałujących na niego natężenia pola-M ( $H$ ) lub gęstości mocy ( $S$ ) promieniowania, a także prądów kończynowych (wynikających łącznie z bezpośredniego oddziaływania pola-EM na człowieka odseparowanego od obiektów lub dotykającego obiektów znajdujących się w tym polu-EM).

W przestrzeni pola-EM stref ochronnych, określonej w R-BHP-EM jako przestrzeń pracy, gdzie natężenie pola-E lub natężenie pola-M przekracza limit dolnej granicy strefy pośredniej (tj. odpowiednie limity IPNp-E lub IPNp-H, określone w R-NDN-EM), wyróżniono:

- przestrzeń pola-EM strefy niebezpiecznej – w której przebywanie w ramach codziennej praktyki jest zabronione
- przestrzeń pola-EM strefy zagrożenia – w której wymagane jest stosowanie środków ochronnych określonych ze względu na rozpoznane tam zagrożenia elektromagnetyczne wynikające z bezpośrednich lub pośrednich skutków oddziaływania pola-EM
- przestrzeń pola-EM strefy pośredniej – w której wymagane jest stosowanie środków ochronnych określonych ze względu na rozpoznane zagrożenia elektromagnetyczne wynikające z pośrednich skutków oddziaływania pola-EM.

Ponadto przestrzeń pola-EM strefy bezpiecznej jest określona jako przestrzeń poza strefami ochronnymi, dla której nie określono warunków ograniczających ekspozycję pracujących.

Jako **miejsce narażenia** określono część przestrzeni pracy (terenu, obiektu budowlanego lub pomieszczenia), w której występuje pole-EM stref ochronnych, jako **narażenie** – oddziaływanie pola-EM stref ochronnych, a jako **ekspozycję pomijalną** przebywanie w przestrzeni pola-EM strefy bezpiecznej.

Przebywanie w przestrzeni pola-EM strefy zagrożenia lub pośredniej określono jako **narażenie kontrolowane**, a przebywanie w przestrzeni pola-EM strefy niebezpiecznej jako **narażenie niebezpieczne**.

Określono również kryterium oceny tymczasowości narażenia na pole-EM [R-BHP-EM]. Jako narażenie tymczasowe rozumiane jest takie oddziaływanie pola-EM, podczas którego wskaźnik narażenia nie przekracza wartości równej jeden ( $W < 1$ ). Wskaźnik narażenia jest parametrem dziennego narażenia ogólnego pracującego, zależnym od parametrów środowiska pracy (m.in. zasięgu przestrzeni pola-EM stref ochronnych) oraz, a często w przeważającym stopniu, od organizacji pracy.

Wskaźnik  $W$  jest sumą wskaźników narażenia wynikających z narażenia *quasi*-stacjonarnego, zgodnie z zależnościami:

$$W = T_g (E/\text{IPNob}-E)^2 + T_g (H/\text{IPNob}-H)^2$$

gdzie:

$T_g$  – bezwymiarowy współczynnik krotności czasu *quasi*-stacjonarnego narażenia ogólnego w stosunku do 8 godzin

$E$  i  $H$  – wartości natężenia pola- $E$  i pola- $M$ , maksymalne z punktów pomiarowych odpowiadających narażeniu głowy i tułowia podczas narażenia *quasi*-stacjonarnego

$\text{IPNob}-E$  i  $\text{IPNob}-H$  – wartości odpowiednich limitów IPN [R-NDN-EM].

Narażenie *quasi*-stacjonarne rozumiane jest jako oddziaływanie pola-EM, podczas którego miara narażenia (wartość równoważna odpowiednio natężenia pola- $E$  i natężenia pola- $M$ ) zmienia się nie więcej niż  $\pm 20\%$ , obejmując zmienność wynikającą z charakterystyki emisji źródła pola-EM oraz rodzaju wykonywanej pracy.

W tabeli 2 scharakteryzowano klasyfikację oddziaływania pola-EM na pracujących.

**Tabela 2.** Klasyfikacja oddziaływania pola-EM na pracujących, zgodna z wymaganiami R-BHP-EM

| Klasyfikacja                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Charakterystyka oddziaływania pola-EM na pracujących                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ekspozycja pomijalna                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | pracujący przebywa wyłącznie w przestrzeni pola-EM strefy bezpiecznej                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| narażenie kontrolowane                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | a) pracujący przebywa w przestrzeni pola-EM strefy pośredniej lub zagrożenia<br>b) ze względu na charakter pracy źródeł pola-EM i aktywności pracującego rozróżnia się:<br>– narażenie kontrolowane tymczasowe, jeśli $W < 1$<br>– narażenie kontrolowane długotrwałe (nadmierne), jeśli nie jest to narażenie tymczasowe, tzn. $W > 1$                                                                                    |
| narażenie niebezpieczne                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | a) pracujący przebywa w przestrzeni pola-EM strefy niebezpiecznej (oraz zagrożenia i pośredniej)<br>b) ze względu na charakter pracy źródeł pola-EM i aktywności pracującego rozróżnia się:<br>– narażenie niebezpieczne tymczasowe (warunkowo zgodne z wymaganiami), jeśli $W < 5$<br>– narażenie niebezpieczne długotrwałe (niezgodne z wymaganiami), jeśli nie jest to narażenie niebezpieczne tymczasowe, tzn. $W > 5$ |
| <p>Podkreślenia wymaga, że określono szczególne okoliczności i dodatkowe warunki, w jakich narażenie niebezpieczne tymczasowe podczas pracy można traktować jako zgodne z wymaganiami prawa pracy. Tymczasowe narażenie niebezpieczne jest dopuszczalne, jeżeli nie zostaną przekroczone górne limity GPO i spełnione są łącznie następujące warunki [R-BHP-EM]:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– udokumentowano okoliczności przemawiające za koniecznością wykonania prac związanych z narażeniem na pole-EM strefy niebezpiecznej</li> <li>– ocena poziomu narażenia i zagrożeń elektromagnetycznych wykazała, że zostały przekroczone limity IPNog lub dolne limity GPO</li> <li>– zastosowano wszystkie techniczne i organizacyjne środki ochronne, z uwzględnieniem najnowszego stanu wiedzy</li> <li>– uwzględniono charakterystykę miejsca pracy, sprzętu roboczego lub praktyk roboczych</li> <li>– użytkownik wykaże, że pracujący lub osoby potencjalnie narażone są w dalszym ciągu chronieni przed niekorzystnymi skutkami dla zdrowia i zagrożeniami bezpieczeństwa, a wskaźnik narażenia <math>W &lt; 5</math></li> <li>– w ramach profilaktycznej opieki medycznej lekarz medycyny pracy informowany jest, że pracownika dotyczy narażenie na pole-EM strefy niebezpiecznej.</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

Limity  $E$  i  $H$ , określone w R-NDN-EM jako wartości graniczne IPN dotyczące poszczególnych stref ochronnych, podano w tabelach 3-5. Do określonych w tabelach limitów narażenia na pole-EM, które oznaczają wartości równoważne (WR) odnoszące się do przedziału czasu  $T = 1/f$ , zastosowano oznaczenia:

IPNog-E, IPNog-H – limity operacyjne górne, rozumiane jako poziom natężenia, odpowiednio pola-E i pola-M, określające górny limit pola-EM strefy zagrożenia

IPNp-E, IPNp-H – limity pomocnicze, rozumiane jako poziom natężenia, odpowiednio pola-E i pola-M, określające dolny limit pola-EM strefy pośredniej

IPNk-H – limit miejscowy, rozumiany jako poziom natężenia pola-M, określający limit miejscowego narażenia kończyn.

Zastosowana w R-NDN-EM notacja odnosząca się do zakresów częstotliwości została zastąpiona skrótami jednostek nadwielokrotnych, odpowiednio:  $10^3$  Hz odpowiada notacji kHz,  $10^6$  Hz – MHz, a  $10^9$  Hz – GHz.

**Tabela 3.** Wartości Interwencyjnych Poziomów Narażenia (IPN) określające granice pola-E stref ochronnych

| Częstotliwość $f$ | Limity IPN dotyczące natężenia pola-E (WR) |                         |
|-------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                   | IPNog-E                                    | IPNp-E                  |
|                   | kV/m                                       | V/m                     |
| < 5 Hz            | 60                                         | 15 000                  |
| (5-50) Hz         | 20                                         | 1 000                   |
| (0,05-0,1) kHz    | 20                                         | $50 / f_{[\text{kHz}]}$ |
| (0,1-2,5) kHz     | $2 / f_{[\text{kHz}]}$                     | $50 / f_{[\text{kHz}]}$ |
| (0,0025-3) MHz    | 0,8                                        | 20                      |
| (3-10) MHz        | $2,4 / f_{[\text{MHz}]}$                   | 7                       |
| (10-300 000) MHz  | 0,24                                       | 7                       |

W odniesieniu do pola elektrostatycznego (PES) alternatywnie stosuje się limity dotyczące natężenia pola-E oraz ładunku elektrycznego  $Q$ : IPNog-E = 60 kV/m oraz IPNog-Q = 700 nC; IPNp-E = 15 kV/m i IPNp-Q = 100 nC.

**Tabela 4.** Wartości Interwencyjnych Poziomów Narażenia (IPN) określające granice pola-M stref ochronnych

| Częstotliwość $f$ | Limity IPN dotyczące natężenia pola-M (WR) |                           |                                   |
|-------------------|--------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
|                   | IPNog-H                                    | IPNp-H                    | IPNk-H (limity narażenia kończyn) |
|                   | kA/m                                       | A/m                       | kA/m                              |
| < 5 Hz            | 320                                        | 400                       | 800                               |
| (5-50) Hz         | 3,2                                        | 60                        | 8                                 |
| (0,05-1) kHz      | $0,16 / f_{[\text{kHz}]}$                  | $3 / f_{[\text{kHz}]}$    | $0,4 / f_{[\text{kHz}]}$          |
| (1-20) kHz        | 0,16                                       | 3                         | 0,4                               |
| (0,02-3) MHz      | $0,0032 / f_{[\text{MHz}]}$                | $0,06 / f_{[\text{MHz}]}$ | $0,008 / f_{[\text{MHz}]}$        |
| (3-10) MHz        | $0,0032 / f_{[\text{MHz}]}$                | 0,02                      | $0,008 / f_{[\text{MHz}]}$        |
| (10-300 000) MHz  | 0,00032                                    | 0,02                      | nie określono                     |

W odniesieniu do pola magnetostatycznego (PMS) alternatywnie stosuje się limity dotyczące natężenia pola-M oraz indukcji magnetycznej  $B$ , m.in:  $IPNog-H = 320 \text{ kA/m}$  oraz  $IPNog-B = 400 \text{ mT}$ ;  $IPNp-H = 0,4 \text{ kA/m}$  oraz  $IPNp-B = 0,5 \text{ mT}$ ;  $IPNk-H = 800 \text{ kA/m}$  oraz  $IPNk-B = 1 \text{ T}$ .

W odniesieniu do pola-EM o częstotliwości z wybranych pasm określono również limity IPN dotyczące modulowanego pola-EM –  $IPNm-E$  oraz  $IPNm-H$  – tj. limity szczytowe, które oznaczają wartości szczytowe (P) natężenia pola-E i natężenia pola-M, odnoszące się do przedziału czasu  $T = 1/f$  dla częstotliwości  $f < 10 \text{ MHz}$ , a odnoszące się do przedziału czasu  $T = 6 \text{ min}$  dla częstotliwości  $f > 100 \text{ MHz}$ .

**Tabela 5.** Wartości Interwencyjnych Poziomów Narażenia (IPN) dotyczące modulowanego pola-EM

| Częstotliwość $f$ | Limity dotyczące modulowanego pola-EM,<br>natężenie pola-E (P) i natężenie pola-M (P) |                                                    |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                   | $IPNm-E$                                                                              | $IPNm-H$                                           |
|                   | V/m                                                                                   | A/m                                                |
| < 3 MHz           | nie określono                                                                         | nie określono                                      |
| (3-10) MHz        | 200                                                                                   | 80<br>tylko dla częstotliwości:<br>20 kHz - 10 MHz |
| (10-100) MHz      | nie określono                                                                         | nie określono                                      |
| (0,1-3) GHz       | 4500                                                                                  | nie określono                                      |
| (3-10) GHz        | $3200 + 430 f_{[GHz]}$                                                                | nie określono                                      |
| (10-300) GHz      | 7500                                                                                  | nie określono                                      |

#### 10A.4. Ochrona kobiet w ciąży i młodocianych

W wykazie prac uciążliwych, niebezpiecznych lub szkodliwych dla zdrowia kobiet w ciąży uwzględniono „prace w zasięgu pola elektromagnetycznego o natężeniach przekraczających wartości dla strefy bezpiecznej, określone w przepisach w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy” [32].

Ponadto dla kobiet w ciąży do prac związanych z nadmiernym wysiłkiem fizycznym, w tym ręcznym transportem ciężarów, zaliczono „prace na stanowiskach z monitorami ekranowymi – w łącznym czasie przekraczającym 8 godzin na dobę, przy czym czas spędzony przy obsłudze monitora ekranowego nie może jednorazowo przekraczać 50 minut, po którym to czasie powinna nastąpić co najmniej 10-minutowa przerwa, wliczana do czasu pracy”.

Co więcej, wzbronione jest zatrudnianie młodocianych przy pracach w zasięgu pól elektromagnetycznych o natężeniach przekraczających wartości dla strefy bezpiecznej, określone w przepisach w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [29].

### 10A.5. Ochrona użytkowników implantów medycznych i urządzeń nasobnych

Bezpośrednie skutki biofizyczne oddziaływania pola-EM są większe w sąsiedztwie implantów medycznych, aktywnych (elektronicznych, np. pomp insulinowych lub stymulatorów serca) lub pasywnych (mechanicznych, np. endoprotez ortopedycznych). Ponadto oddziaływanie pola-EM na implant może bezpośrednio zakłócać jego funkcjonowanie. Obie przyczyny powodują zwiększoną wrażliwość użytkowników implantów medycznych na oddziaływanie pola-EM. Obowiązek przeprowadzenia indywidualnej oceny zagrożeń elektromagnetycznych, jakie dotyczą użytkowników implantów medycznych, określa rozporządzenie R-BHP-EM (poprzez włączenie ich do grupy osób szczególnie chronionych). Ze względu na duże zróżnicowanie podatności implantów na niepożądane skutki oddziaływania pola-EM konieczna jest indywidualna ocena bezpieczeństwa poszczególnych użytkowników zamierzających przebywać w polu-EM stref ochronnych. Zadanie to wymaga analizy danych medycznych, powinno więc należeć do zakresu opieki sprawowanej nad pracującymi przez lekarza medycyny pracy.

Wprawdzie ocena indywidualnej sytuacji poszczególnych pracujących wymaga rozpatrzenia parametrów konkretnego implantu, jednak pomocne mogą być również ogólne zalecenia międzynarodowe. Przykładowo, limity dotyczące miejsc przebywania użytkowników elektrostymulatorów serca określono na poziomie: 1) 0,5 mT dla pola magnetostatycznego, 2) 0,1 mT dla pola magnetycznego 50 Hz (jako obszar ograniczonego dostępu zdefiniowany w normie międzynarodowej PN-EN-60601-2-33 oraz w amerykańskich zaleceniach higienicznych ACGIH) [1,36].

Przebywanie użytkownika implantu w silniejszym polu-EM powinno być poprzedzone analizą zagrożeń uwzględniającą cechy implantu i stan zdrowia jego użytkownika oraz parametry ekspozycji na pole-EM.

Analogiczne zasady powinny dotyczyć ochrony użytkowników różnego rodzaju elektronicznych urządzeń nasobnych, np. urządzeń monitorujących funkcje życiowe organizmu, wykorzystywanych w lokalnych sieciach monitorowania zagrożeń w środowisku pracy [41].

### 10A.6. Ocena narażenia na pole elektromagnetyczne

Warunki narażenia kontrolowanego lub niebezpiecznego pracujących podlegają okresowej kontroli zgodnie z postanowieniami Kodeksu pracy i przepisów szczegółowych stanowionych przez ministra zdrowia [33]. Miary narażenia na pole-EM podlegające ocenie ze względu na wymagania prawa pracy określono w rozporządzeniu R-BHP-EM i R-NDN-EM.

**Do określenia, w przestrzeni jakiej strefy pola-EM jest zlokalizowane miejsce wykonywania pracy, i rozpoznania, czy mają zastosowanie wymagania wspomnianego**

rozporządzenia ministra zdrowia, **przyjmuje się maksymalne miejscowe wartości natężenia niezaburzonego pola-E i natężenia pola-M w pionie pomiarowym odpowiadającym położeniu osi głównej ciała**. Pracodawca jest zobowiązany do rejestrowania wyników wykonywanych pomiarów pola-EM i do informowania pracowników o ich rezultatach. Rozporządzenie ministra zdrowia określa również częstotliwość okresowych pomiarów czynników środowiska pracy oraz kompetencje laboratoriów wykonujących takie pomiary.

Dostosowując środki ochronne do charakterystyki przestrzeni pracy i urządzeń, jakie są tam użytkowane, rozpoznanych pierwotnych i wtórnych źródeł pola-EM i zakresu ich użytkowania, rodzaju wykonywanej tam pracy oraz rodzaju, częstotliwości i poziomu pola-EM, użytkownik uwzględni omówione wymagania dotyczące przebywania w przestrzeni pola-EM stref ochronnych. **W ramach tej oceny poziom narażenia danej osoby charakteryzowany jest przez maksymalne wartości miejscowe narażenia jej głowy, tułowia i kończyn.**

Zasady oceny miar bezpośrednich skutków oddziaływania pola-EM określono w załączniku nr 2 do R-BHP-EM, a zasady oceny miar narażenia na pole-EM w załączniku nr 3. Limity GPO nie dotyczą parametrów środowiska pracy, więc ich miary nie podlegają pomiarom wykonywanym w trybie określonym w rozporządzeniu ministra zdrowia [33]. W celu zapewnienia niezbędnej reprezentatywności, powtarzalności i odtwarzalności ocen narażenia, a także zapewnienia jej użyteczności do planowania i monitorowania skuteczności środków ochronnych stosowanych w polu-EM stref ochronnych, konieczne jest dostosowanie metod oceny do miar zagrożeń elektromagnetycznych (jakie w R-NDN-EM powiązano z limitami narażenia na pole-EM). Dlatego w R-BHP-EM (załącznik nr 3) określono, że „do oceny ekspozycji lub narażenia na pole-EM rozpoznane w przestrzeni pracy wykorzystuje się wyniki pomiarów wykonanych odpowiednimi dla tego pola metodami, opublikowanymi w czasopiśmie *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*, które są metodami rekomendowanymi w rozumieniu rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy” [33]. Metody te mają być naukowo sprawdzonymi i zwalidowanymi doświadczalnie przez co najmniej dwa współpracujące ze sobą podmioty, które łącznie mają udokumentowany dorobek naukowy w zakresie pomiarów i oceny pola-EM w przestrzeni pracy i doświadczenie praktyczne w tym zakresie, będące laboratoriami instytutów badawczych lub instytutów naukowych Polskiej Akademii Nauk lub uniwersytetów technicznych.

R-BHP-EM określa wymagania dotyczące: (1) rozpoznawania obiektów technicznych emitujących pole-EM mające wpływ na bezpieczeństwo i higienę pracy, (2) miar oraz oceny narażenia na pole-EM, (3) miar i limitów oraz oceny bezpośredniego oddziaływania pola-EM na organizm człowieka, (4) ochrony przed szkodliwymi dla zdrowia, niebezpiecznymi lub uciążliwymi skutkami bezpośredniego lub pośredniego oddziaływania pola-EM, (5) środków ochronnych stosowanych w celu

zapobiegania zagrożeniom elektromagnetycznym [§ 1.1]. Określone szczegółowo w rozporządzeniu środki ochronne dostosowuje się do charakterystyki zagrożeń w środowisku pracy poprzez realizację wymagań zróżnicowanych względem narażenia na pole-EM stref ochronnych (niebezpiecznej, zagrożenia i pośredniej) i częstotliwości pola-EM na podstawie wyników oceny zagrożeń przeprowadzonej zgodnie z wymaganiami określonymi w tymże rozporządzeniu.

Z tego powodu **badania i pomiary pola-EM stanowią jedynie jeden z elementów programu stosowania środków ochronnych, jaki opracowuje się i wprowadza w życie w środowisku pracy** [R-BHP-EM, § 10, ust. 1-3]. Wspomniana ocena zagrożeń elektromagnetycznych jest przeprowadzana w regularnych odstępach czasu, uzależnionych od rodzaju i poziomu zagrożeń, nie rzadziej niż co 4 lata [R-BHP-EM, § 8, ust. 3]. Rozpoznanie źródeł pola-EM, poziomu ekspozycji i narażenia na pole-EM, wyznaczenie zasięgu pola-EM stref ochronnych, rozpoznanie i ocena zagrożeń elektromagnetycznych w miejscach narażenia są **wykonywane każdorazowo, jeżeli wystąpiły okoliczności, które mogły spowodować nieaktualność danych dotyczących ww. działań, np. spowodowane procesami zużycia technicznego źródeł pola-EM i ich wyposażenia** (blokad, obudów, osłon lub ekranów) [R-BHP-EM, § 5-9]. W § 6.1 tegoż rozporządzenia określono ponadto, że „...§ dokonuje się oceny poziomu narażenia na pole-EM źródeł pierwotnych i wtórnych **na podstawie posiadanych przez użytkownika i odpowiednio udokumentowanych informacji**, ze szczególnym uwzględnieniem danych, o których mowa w § 5 ust. 1, **a w przypadku ich braku albo niedostatecznego zakresu** – na podstawie pomiarów wykonywanych w trybie określonym w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (DzU poz. 166)”. Natomiast we wspomnianym rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. (z jego późniejszymi zmianami: DzU 2023, poz. 419, § 2, ust. 1) określono, że „pracodawca wskazuje czynniki szkodliwe dla zdrowia w środowisku pracy, dla których wykonuje się badania i pomiary, po przeprowadzeniu rozpoznania źródeł ich emisji oraz warunków wykonywania pracy, które mają wpływ na poziom stężeń i natężeń tych czynników lub na poziom narażenia na oddziaływanie tych czynników, ze szczególnym uwzględnieniem: (1) rodzaju tych czynników oraz ich właściwości; (2) procesów technologicznych i ich parametrów; (3) wyposażenia technicznego, w tym maszyn, urządzeń, instalacji i narzędzi, które mogą być źródłem emisji czynników szkodliwych dla zdrowia, z uwzględnieniem wyników pomiarów tej emisji dostarczanych przez producentów, (3) środków ochrony zbiorowej i danych dotyczących ich użytkowania; (4) organizacji pracy i sposobu wykonywania pracy; (5) rzeczywistego czasu narażenia na oddziaływanie czynników szkodliwych dla zdrowia, z uwzględnieniem obowiązującego u pracodawcy systemu i rozkładu czasu pracy”.

Biorąc pod uwagę wspomniane okoliczności formalno-prawne, informacje techniczne udostępniane przez producentów i dostawców wielu urządzeń, a także do-

stępne publikacje naukowe (spełniające kryteria określone w R-BHP-EM, zał. 3, cz. I, ust. 8), zaliczenie pola-EM do czynników szkodliwych dla zdrowia pracowników użytkujących takie urządzenia lub przebywających w ich pobliżu z innych powodów nie wymaga przeprowadzenia pomiarów. W wątpliwych przypadkach konieczne jest prowadzenie oceny zagrożeń elektromagnetycznych dotyczących poszczególnych pracujących, a zakres pomiarów służących przeprowadzeniu takiej oceny powinien być dopasowany do znaczącego zróżnicowania parametrów technicznych i warunków użytkowania źródeł pola-EM użytkowanych w przestrzeni pracy.

### 10A.7. Środki ochronne

Wspomniany program stosowania środków ochronnych, którego opracowanie i wprowadzenie w życie należy do wymagań R-BHP-EM, powinien być związany w miarę możliwości ze stosowaniem środków technicznych, jako mniej zawodnych niż organizacyjne [28,38]. Ogólne wymagania odnoszące się do ochrony pracujących przed niepożądanymi skutkami oddziaływania pola-EM w przestrzeni pracy określają przepisy wykonawcze do ustawy Kodeks pracy:

- dokumentowanie oceny ryzyka zawodowego, dobór środków ochrony indywidualnej, stosowanie znaków bezpieczeństwa – rozporządzenie w sprawie ogólnych przepisów bhp [30]
- tryb wykonywania pomiarów dotyczących pola-EM w przestrzeni pracy – rozporządzenie w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [33]
- profilaktyczne badania lekarskie – rozporządzenie w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy [35]
- wstępne i okresowe szkolenia bhp – rozporządzenie w sprawie szkolenia w dziedzinie BHP
- ochronę kobiet w ciąży podczas pracy – rozporządzenie w sprawie wykazu prac uciążliwych, niebezpiecznych lub szkodliwych dla zdrowia kobiet w ciąży i kobiet karmiących dziecko piersią [32]
- ochronę młodocianych podczas pracy – rozporządzenie w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudniania przy niektórych z tych prac [29].

Szczegółowe wymagania dotyczące ochrony przed zagrożeniami elektromagnetycznymi określono w R-BHP-EM i R-NDN-EM, doprecyzowując obowiązki pracodawcy w zakresie:

- rozpoznania, oceny i kontroli zagrożeń elektromagnetycznych w przestrzeni pracy
- stosowania środków ochronnych ze względu na zagrożenia elektromagnetyczne

- tematyki szkoleń dotyczących bhp w polu-EM
- profilaktyki medycznej dotyczącej pracowników narażonych na pola-EM stref ochronnych.

Zasady stosowania środków ochronnych określono w załączniku nr 3 do R-BHP-EM. Ponadto określono, że środki ochronne powinny być podejmowane ze względu na zagrożenia bezpośrednie i zagrożenia pośrednie.

Ocena pola-EM w otoczeniu rozpoznanych źródeł powinna być wykonywana okresowo. Ponadto ocena zagrożeń elektromagnetycznych powinna być przeprowadzana każdorazowo ze względu na nieaktualność danych dotyczących rozpoznania źródeł pola-EM, oceny poziomu narażenia lub oceny zagrożeń elektromagnetycznych (§ 9), w szczególności kiedy:

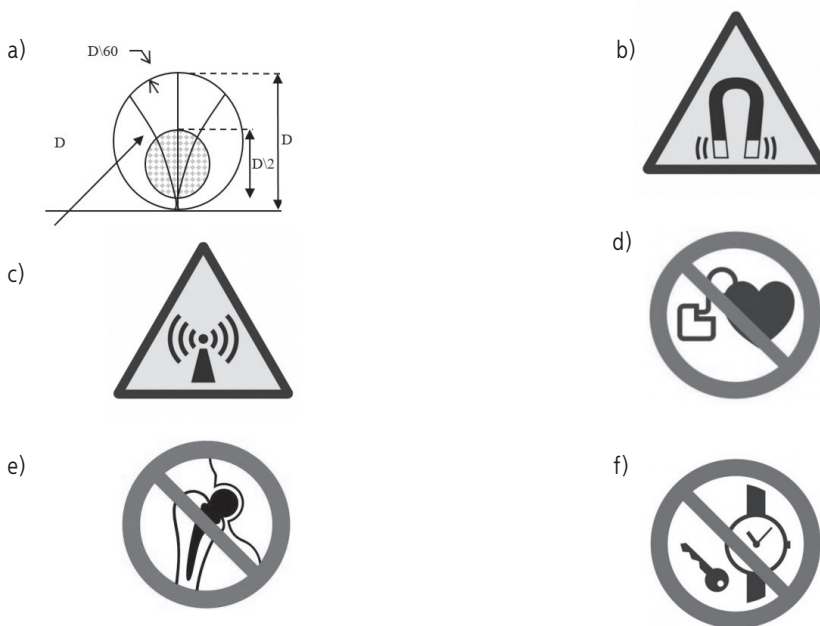
- wystąpiły zmiany w wyposażeniu technicznym, procesie technologicznym lub w warunkach wykonywania pracy
- wystąpiły zmiany dotyczące danych charakteryzujących pole-EM na podstawie wymagań innych przepisów
- zaobserwowano niepożądane zmiany stanu zdrowia narażonych pracowników lub zmiany poziomów emisji lub narażenia spowodowane procesami zużycia technicznego źródeł pola-EM i ich wyposażenia.

Wspomniane szczegółowe wymagania bhp określają m.in., że narażenie kontrolowane lub niebezpieczne w polu-EM stref ochronnych jest dopuszczalne pod warunkiem, że:

- źródła pola-EM i zagrożenia zostały rozpoznane i oznakowane (rys. 1)
- pracownicy zostali poinformowani o możliwych zagrożeniach
- pracownicy podlegają okresowym specjalistycznym badaniom lekarskim
- pracownicy przechodzą okresowe szkolenia dotyczące zasad bezpiecznego wykonywania pracy w polu-EM.

W celu zminimalizowania oddziaływania pola-EM na pracujących i ludność zalecane są następujące systematyczne działania:

- producent urządzenia emitującego pole-EM powinien w instrukcji obsługi podać warunki jego bezpiecznego użytkowania z uwzględnieniem wymagań przepisów dotyczących zagrożeń elektromagnetycznych, w tym powinien określić zasięg pola-EM stref ochronnych i wskazać sposób obsługi urządzenia, przy jakim oddziaływanie pola-EM jest najłagodniejsze
- pracodawca powinien na podstawie dostępnych informacji rozpoznać zagrożenia elektromagnetyczne występujące w środowisku pracy i ocenić konieczność zastosowania środków ochronnych [28,30]
- miejsce użytkowania źródła pola-EM należy wybrać w taki sposób, by w zasięgu pola-EM stref ochronnych nie przebywały osoby, które nie obsługują źródła pola-EM



**Rys. 1.** Oznakowanie związane z zagrożeniami elektromagnetycznymi:

a) znaki ostrzegawcze wg PN-T-06260:1974 [39] (kolorystyka tła i wypełnienia środkowego koła oznacza odpowiednio: biały i niebieski – źródło pola; biały i żółty – strefa pośrednia; żółty i czerwony – strefa zagrożenia; czerwony i czerwony – strefa niebezpieczna; biały i zielony – strefa bezpieczna);  
 b), c), d), e) i f) znaki ostrzegawcze wg PN-ISO 7010:2012 [37] kolejno – silne pole magnetyczne i promieniowanie niejonizujące (czarne znaki na żółtym tle); zakaz wstępu z aktywnymi implantami medycznymi, zakaz wstępu dla użytkowników implantów metalowych oraz zakaz wnoszenia przedmiotów z metali magnetycznych i zegarków (biała tarcza, otoczona czerwonym kolorem, czarny znak)

- pracujących, których obowiązki wymagają przebywania w polu-EM stref ochronnych (niezależnie od tego, czy obsługują takie źródła, czy wykonują inne zadania), należy przeszkolić w zakresie zagrożeń wynikających z oddziaływania pola-EM na organizm ludzki i środowisko pracy, spodziewanego zasięgu pola-EM stref ochronnych i zasad bezpiecznego przebywania w tych strefach
- pracujących, o których mowa powyżej, należy skierować na wstępne badania lekarskie w celu stwierdzenia, czy stan ich zdrowia pozwala na zatrudnienie w zasięgu pola-EM stref ochronnych; badania te powinny być ponawiane z częstotnością określoną przez lekarza [35]
- po uruchomieniu źródła pola-EM należy przeprowadzić rozpoznanie parametrów pola-EM w przestrzeni pracy, a w razie potrzeby pomiary pola-EM, zgodnie z od-

powiednimi wymaganiami [28,33] i na podstawie wyników tych działań wyznaczyć zasięg pola-EM stref ochronnych (zasięg pola-EM stref ochronnych powinien być oznakowany zgodnie z wymaganiami ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [30])

- na podstawie uzyskanych danych dotyczących pola-EM w przestrzeni pracy użytkownik (jak określono w R-BHP-EM, najczęściej pracodawca) jest zobowiązany dostosować harmonogram pracy w polu-EM stref ochronnych do wymagań dotyczących wskaźnika narażenia (tzn. oszacować wskaźnik narażenia przy rzeczywistym harmonogramie pracy i różnicowaniu warunków użytkowania źródeł pola-EM, a w razie rozpoznania, że w takich warunkach możliwe jest przekroczenie jego wartości dopuszczalnej, podjąć działania zmniejszające narażenie)
- na podstawie uzyskanych danych należy sporządzić m.in. instrukcję bezpiecznej pracy w zasięgu pola-EM stref ochronnych, podając w niej m.in. informacje dotyczące zasięgu pola-EM stref ochronnych i sposobu ich oznakowania oraz rozpoznanych rodzajów zagrożeń.

Jeśli wyniki badań wykażą narażenie niebezpieczne lub kontrolowane długotrwałe na pole-EM, należy je ograniczyć, stosując środki organizacyjne lub techniczne. Do środków organizacyjnych ograniczania narażenia należy m.in. odsunięcie pracującego z przestrzeni silnego pola-EM bądź skracanie czasu przebywania w polu-EM stref ochronnych przez wprowadzanie rotacji (tzn. dzielenia pracy w polu-EM stref ochronnych) w zespole pracowników. Do środków technicznych ograniczania narażenia należy m.in. wprowadzenie ekranowania elektromagnetycznego źródła pola-EM (ekranowanie lokalizujące) lub ekranowania stanowiska pracy (ekranowanie osłaniające).

Ekranowanie elektromagnetyczne stanowisk pracy należy zlecić specjalistom, gdyż nieumiejętne ekranowanie może nieoczekiwanie zwiększyć poziom narażenia w przestrzeni pracy. Skuteczność ekranu powinna być po zainstalowaniu oceniana przez pomiary pola-EM w jego otoczeniu, a także okresowo kontrolowana ze względu na możliwość jej znacznego pogorszenia wskutek procesów starzeniowych lub uszkodzeń eksploatacyjnych zainstalowanej konstrukcji. Również z tego względu w R-BHP-EM określono obowiązek ponawiania, nie rzadziej niż co 4 lata, oceny zagrożeń elektromagnetycznych przy źródłach pola-EM, w których zastosowano techniczne środki ochronne.

### **| 10A.8. Ocena ryzyka zawodowego związanego z zagrożeniami elektromagnetycznymi**

Wyniki oceny ryzyka zawodowego zaliczają się do informacji niezbędnych do opracowania programu stosowania różnorodnych środków ochronnych, mających na celu skorygowanie rozpoznanych niezgodności między warunkami pracy a odpowiednimi wymaganiami prawnymi lub zapobieganie takim niezgodnościom.

W odniesieniu do najbardziej typowych sytuacji, zgodnie z założeniami PN-N-18002 [31], można wykorzystać trzystopniową skalę oceny ryzyka zawodowego ogółu pracowników, których narażenie na pole-EM charakteryzuje natężenie pola-E lub pola-M i wartość wskaźnika narażenia,  $W$ , związanego z rozkładem narażenia podczas dnia pracy [R-BHP-EM] (tabela 6). W razie stwierdzenia ryzyka dużego lub średniego niezbędne jest podjęcie działań zmniejszających to ryzyko przez ograniczenie parametrów narażenia – metodami technicznymi lub organizacyjnymi.

**Tabela 6.** Ocena ryzyka związanego z zagrożeniami elektromagnetycznymi zgodna z wymaganiami R-BHP-EM

| Ocena ryzyka                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Warunki oddziaływania pola-EM na pracującego                                                                                               | Uwagi                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ryzyko duże                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | a) na pracującego oddziałuje pole-EM strefy niebezpiecznej<br>b) wskaźnik narażenia na pole-EM strefy zagrożenia przekracza limit, $W > 1$ | a) narażenie niebezpieczne<br>b) narażenie kontrolowane długotrwałe, tj. nieprawidłowa jest organizacja pracy w polu-EM strefy zagrożenia o poziomach przekraczających odpowiednie limity IPNob (ok. 10-krotnie wyższe od limitów IPNp) |
| ryzyko średnie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | na pracującego oddziałuje pole-EM strefy pośredniej lub zagrożenia i wskaźnik narażenia nie przekracza limitu, $W < 1$                     | narażenie kontrolowane tymczasowe, tj. na przykład kiedy pracujący nie przebywa w polu-EM o poziomach przekraczających odpowiednie limity IPNob                                                                                         |
| ryzyko małe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | na pracującego oddziałuje pole-EM strefy bezpiecznej                                                                                       | ekspozycja pomijalna                                                                                                                                                                                                                    |
| <p>a) Jako dodatkowe kryteria oceny ryzyka zawodowego należy uwzględnić limity narażenia kończyn lub limity pola-EM modulowanego impulsowo, jeżeli dla danego pola-EM je określono.</p> <p>b) W ocenie ryzyka dla pracowników młodocianych i kobiet w ciąży stosowana jest skala dwustopniowa: ryzyko duże występuje w przypadku, kiedy przebywają oni w polu-EM stref ochronnych, a ryzyko małe, kiedy podczas całego dnia pracy przebywają poza zasięgiem pola-EM stref ochronnych.</p> |                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                         |

**Na szczególną uwagę zasługuje warunkowe dopuszczenie narażenia niebezpiecznego** – R-BHP-EM określa szczegółowo wymagania, które muszą być spełnione łącznie w razie narażenia niebezpiecznego. Wobec tego można rozważyć stosowanie 4-stopniowej skali oceny ryzyka zawodowego związanego z oddziaływaniem pola-EM, rozróżniając **ryzyko duże akceptowalne** przez prawo pracy (kiedy okoliczności, w jakich dochodzi do narażenia niebezpiecznego, są zgodne z wymaganiami R-BHP-EM) i **ryzyko duże nieakceptowalne** (w przeciwnych okolicznościach).

Rozważając inne kryteria oceny ryzyka zawodowego związanego z oddziaływaniem pola-EM w środowisku pracy, należy uwzględnić, że większość zagrożeń bezpośrednich i pośrednich wynikających z oddziaływania pola-EM występuje już od chwili jego zaistnienia (a więc poprawne jest klasyfikowanie takiego ryzyka w kontekście czasu narażenia jedynie poprzez uwzględnienie szacunków dotyczących wskaźnika narażenia,  $W$ , ocenianego w przypadku oddziaływania pola-EM o poziomie przekraczającym odpowiednie limity IPNob-E lub IPNob-H).

Udział w procesie oceny zagrożeń elektromagnetycznych i klasyfikacji ryzyka zawodowego należy m.in. do zakresu działania służby BHP, określonego w rozporządzeniu w sprawie służby bezpieczeństwa i higieny pracy [30]. Proces oceny zagrożeń bezpieczeństwa i zdrowia wynikających z bezpośrednich i pośrednich skutków oddziaływania pola-EM w przestrzeni pracy oraz stosowane metody i zasady dokumentowania wyników zostały szczegółowo określone w rozporządzeniu R-BHP-EM. Bardziej szczegółowe zasady oceny narażenia na pole-EM prezentują artykuły opublikowane w czasopiśmie specjalistycznych, takich jak kwartalnik *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy* i miesięcznik *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka* [2,4,9,11,19,22,41].

*Zweryfikowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny i Polityki Społecznej, zadanie nr 3.ZS.14 pt. „Badanie i ocena warunków koegzystencji człowieka z urządzeniami w świecie technologii elektromagnetycznych w ramach Centrum Badań i Promocji Bezpieczeństwa Elektromagnetycznego Pracujących i Ludności (EM-Centrum)”. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.*

## PIŚMIENNICTWO

1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH): *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents. Biological Exposure Indices*. 2022.
2. Bieńkowski P., Karpowicz J., Kieliszek J.: *Przegląd miar skutków narażenia na zmienne w czasie pole elektromagnetyczne i właściwości metrologicznych mierników, istotnych podczas oceny narażenia w środowisku pracy*. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy* 2016, nr 4(90), s. 41-74.
3. Bieńkowski P., Zmyślony M., Karpowicz J., Politański P., Bortkiewicz A., Kieliszek J., Rydzyński K.: *Uwarunkowania ekspozycji ludności na pole elektromagnetyczne związane z użytkowaniem radiokomunikacyjnych sieci w technologii 5G w Polsce*, *Medycyna Pracy* 2020, nr 71(2), s. 245-253.
4. Bieńkowski P., Aniołczyk H., Karpowicz J., Kieliszek J.: *Narażenie na pole elektromagnetyczne w przestrzeni pracy podczas użytkowania urządzeń nadawczych systemów radiokomunikacyjnych. Metoda pomiaru pola elektromagnetycznego in situ – wymagania szczegółowe*. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy* 2017, nr 2(92), 89-131.
5. Gryz K., Karpowicz J., Zradziński P.: *Pole elektromagnetyczne emitowane przez systemy radiokomunikacyjne - zmiany na terenie Warszawy w XXI wieku*. *Bezpieczeństwo Pracy*, 2021, nr 7(598), s. 5-9.
6. Gryz K., Karpowicz J.: *Stacjonarne urządzenia komputerowe – rozpoznanie i ocena pola elektromagnetycznego w przestrzeni pracy*. *Bezpieczeństwo Pracy* 2018, nr 8(563), s. 21-23.

7. Gryz K., Karpowicz J., Zradziński P.: *Przenośne urządzenia komputerowe (laptopy) – charakterystyka pola elektromagnetycznego w ich otoczeniu*, Bezpieczeństwo Pracy 2019, nr 2(569), s. 16-19.
8. Gryz K., Karpowicz J., Zradziński P., Tokarski T., Kapica Ł.: *Ekspozycja na pole elektromagnetyczne podczas użytkowania pojazdów samochodowych z napędem elektrycznym lub hybrydowym*, Bezpieczeństwo Pracy 2020, nr 12(591), s. 18-21.
9. Gryz K., Karpowicz J.: *Zasady oceny zagrożeń elektromagnetycznych związanych z występowaniem prądów indukowanych i kontaktowych*. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy 2008, nr 4(58), s. 137-171.
10. Karpowicz J.: *Oddziaływanie wywierane przez pole magnetostatyczne wytwarzane przez magnesy na przedmioty metalowe – zagrożenia bezpieczeństwa przy skanerach rezonansu magnetycznego i spektrometrach NMR*. Inżynier Medyczny 2012, nr 3, s. 135-137.
11. Karpowicz J., Aniołczyk H., Bieńkowski P., Gryz K., Kieliszek J., Politański P., Zmyślony M., Zradziński P.: *Narażenie na pole elektromagnetyczne w przestrzeni pracy podczas użytkowania urządzeń do magnetoterapii lub magnetostymulacji. Metoda pomiaru pola elektromagnetycznego in situ – wymagania szczegółowe*. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy 2016, nr 90(4), s. 151-180.
12. Karpowicz J., Bortkiewicz A., Gryz K., Kubacki R., Wiaderkiewicz R.: *Pola i promieniowanie elektromagnetyczne o częstotliwości z zakresu 0 Hz – 300 GHz. Dokumentacja nowelizacji harmonizującej dopuszczalny poziom ekspozycji pracowników z wymaganiami dyrektywy 2004/40/WE*. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy 2008, nr 4(58), s. 7-45.
13. Karpowicz J., Gryz K.: *Bezpieczeństwo pacjentów i pracowników przy wykorzystywaniu pól elektromagnetycznych w diagnostyce i terapii medycznej*. Inżynier Medyczny 2012, nr 1, s. 25-28.
14. Karpowicz J., Gryz K.: *Experimental evaluation of ballistic hazards in imaging diagnostic center*. Polish Journal of Radiology 2013, 78(2), 31-37.
15. Karpowicz J., Gryz K.: *Rozpoznanie i ocena zagrożeń elektromagnetycznych w placówkach diagnostyki obrazowej rezonansu magnetycznego – część 1*. Inżynier i Fizyk Medyczny 2017, nr 6, s. 399-406.
16. Karpowicz J., Gryz K.: *Dostosowanie środków ochronnych w placówkach diagnostyki rezonansu magnetycznego do wymagań prawa pracy dotyczących zagrożeń elektromagnetycznych – część 2*. Inżynier i Fizyk Medyczny 2018, t. 2, s. 107-115.
17. Karpowicz J., Gryz K.: *Ograniczanie ryzyka zawodowego przy źródłach pól elektromagnetycznych (1) – środki ochrony zbiorowej i indywidualnej*. Bezpieczeństwo Pracy 2009, nr 1(448), s. 6-9.
18. Karpowicz J., Gryz K.: *Ograniczanie ryzyka zawodowego przy źródłach pól elektromagnetycznych (2) – wybrane źródła pól i charakterystyka odzieży ochronnej*. Bezpieczeństwo Pracy 2009, nr 2(449), s. 2-5.
19. Karpowicz J., Gryz K., Zradziński P.: *Warunki koegzystencji ludzi z infrastrukturą elektroenergetycznych technologii radiokomunikacyjnych w wybranych mikrośrodkach*, Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy 2024, nr 1(119), s. 7-27.

20. Korniewicz H., Karpowicz J., Gryz K., Aniołczyk H., Zmysłony M., Kubacki R., Ciołek Z.: *Pola i promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu częstotliwości 0 Hz – 300 GHz. Dokumentacja proponowanych znowelizowanych wartości dopuszczalnych ekspozycji zawodowej*. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy 2001, nr 2(28), s. 97-238.
21. Leszko W., Gryz K.: *Elektromagnetyczne zagrożenia balistyczne podczas służby funkcjonariuszy straży pożarnej*. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza 2017, nr 2(46), s. 12-27.
22. Szuba M., Hasiec I., Papliński P., Śmietanka H., Zajdler K., Zmysłony M., Karpowicz J., Gryz K.: *Narażenie na pole elektromagnetyczne w przestrzeni pracy podczas użytkowania systemów elektroenergetycznych i elektrycznych instalacji zasilających prądu przemiennego w energetyce*. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy 2016, nr 4(90), s. 91-150.
23. Środowiskowe narażenie zawodowe przy obsłudze sieci elektroenergetycznych wysokiego napięcia. Pod red. J. Karpowicz i J. Bugajskiej. Warszawa, CIOP-PIB 2013.
24. Zmysłony M., Bieńkowski P., Bortkiewicz A., Karpowicz J., Kieliszek J., Politański P., Rydyński K.: *Ochrona zdrowia ludności przed zagrożeniami elektromagnetycznymi – wyzwania wynikające z planowanego w Polsce wdrożenia systemu radiokomunikacji standardu 5G*. Medycyna Pracy 2020, nr 71(1), s. 105-113.
25. Zradziński P.: *Uwarunkowania wykorzystania numerycznych modeli pracowników do oceny zagrożeń bezpośrednich wynikających z narażenia na pole elektromagnetyczne*. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy 2016, nr 4(90), s. 75-89.
26. Zradziński P., Leszko W., Karpowicz J., Gryz K.: *Profilaktyka zagrożeń elektromagnetycznych związanych z użytkowaniem radiotelefonów*. Bezpieczeństwo Pracy 2013, nr 10(505), s. 20-23.
27. Zradziński P., Karpowicz J., Gryz K.: *Charakterystyka emisji elektromagnetycznych związanych z użytkowaniem nasobnych urządzeń działających w technologii Internetu Rzeczy*. Bezpieczeństwo Pracy 2021, nr 5(596), s. 17-21.
28. Obwieszczenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 11 stycznia 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na pole elektromagnetyczne. DzU 2018, poz. 331.
29. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 19 czerwca 2023 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudniania przy niektórych z tych prac. DzU 2023, poz. 1240.
30. Obwieszczenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 sierpnia 2003 r. w sprawie jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Socjalnej w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. DzU 2003, nr 169, poz. 1650.
31. Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU 2018, poz. 1286.
32. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 19 kwietnia 2017 r. w sprawie wykazu prac uciążliwych, niebezpiecznych lub szkodliwych dla zdrowia kobiet w ciąży i kobiet karmiących dziecko piersią. DzU 2017, poz. 796.

33. Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 6 lutego 2023 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU 2023, poz. 419.
34. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 1 grudnia 1998 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy na stanowiskach wyposażonych w monitory ekranowe. DzU 1998, nr 148, poz. 973.
35. Obwieszczenie Ministra Zdrowia w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy. DzU 2023, poz. 607.
36. PN-EN 60601 *Medyczne urządzenia elektryczne – Część 2-33: Szczegółowe wymagania bezpieczeństwa urządzeń rezonansu magnetycznego do diagnostyki medycznej.*
37. PN-ISO 7010:2012 *Symbole graficzne – Barwy bezpieczeństwa i znaki bezpieczeństwa – Zarejestrowane znaki bezpieczeństwa.*
38. PN-N-18002: 2011 *Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy – Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego.*
39. PN-T-06260:1974 (PN-74/T-06260) *Źródła promieniowania elektromagnetycznego – Znaki ostrzegawcze.*
40. Bezpieczeństwo Pracy 2013, nr 9(504). Numer tematyczny: *Pola elektromagnetyczne*. Pod red. J. Karpowicz i K. Gryza.
41. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy 2022, nr 4(144). Numer tematyczny: *Elektromagnetyczne zagrożenia radiacyjne w środowisku pracy*. Pod red. J. Karpowicz.

## Załącznik

### Charakterystyka narażenia przy wybranych źródłach pola elektromagnetycznego

W tabeli na podstawie R-BHP-EM (s. 244) zaprezentowano charakterystyki wybranych źródeł pola-EM i poziomów ekspozycji lub narażenia, występujące najczęściej w przestrzeni pracy przy takich źródłach. Charakterystyki te ułatwiają rozeznanie, gdzie wymagane jest przeprowadzenie oceny poziomu narażenia i zagrożeń elektromagnetycznych oraz zastosowanie środków ochronnych. W tabeli nie zaprezentowano wszystkich urządzeń i instalacji elektrycznych stanowiących źródła pola-EM których użytkowanie może wymagać rozpoznania poziomów narażenia na pole-EM.

W tabeli nie uwzględniono prac przy zwiększonym poziomie emisji ze źródeł pola-EM, takich jak: naprawy przy zdjętych zabezpieczeniach lub obudowach urządzeń, prace techniczne w pobliżu aktywnych anten nadawczych albo kontrola automatycznych linii produkcyjnych przy działających urządzeniach będących źródłami pola-EM, dla których warunki narażenia należy oceniać indywidualnie. Ponadto, poza przedstawionymi w tabeli stosunkowo popularnymi grupami urządzeń wytwarzających pole-EM w środowisku pracy można spotkać wiele urządzeń unikatowych (szczególnie w zakładach przemysłowych i placówkach naukowych). W takim przypadku niezbędne jest indywidualne przeanalizowanie zasady ich działania i parametrów technicznych w celu rozpoznania, czy poziom narażenia pracujących przebywających w otoczeniu urządzeń może być wysoki. W razie wątpliwości odnośnie do poziomu zagrożeń elektromagnetycznych (ze względu na oddziaływanie na ludzi lub na urządzenia) rozstrzygające może być jedynie wykonanie pomiarów odpowiednich parametrów pola-EM w przestrzeni pracy.

Charakterystyki podano w tabeli Z1 z wykorzystaniem oznaczeń:

- SEN – ekspozycja lub słabe narażenie; szczegółowa ocena zagrożeń elektromagnetycznych i środki ochronne dotyczące zapobiegania skutkom bezpośrednim nie są konieczne podczas użytkowania zgodnie z przeznaczeniem (zgodnie z zaleceniami producenta) pod warunkiem właściwego funkcjonowania źródeł pola-EM i organizacji pracy
- SN – silne narażenie; konieczne są: szczegółowa ocena poziomu narażenia i zagrożeń elektromagnetycznych oraz środki ochronne
- T – najbardziej typowe/prawdopodobne warunki ekspozycji/narażenia na pole-EM przy źródle
- MT – mniej typowe warunki ekspozycji/narażenia na pole-EM przy źródle.

**Tabela.** Wybrane źródła pola-EM w środowisku pracy i charakterystyka oddziaływania pola-EM w otoczeniu

| Lp. | Źródła pola-EM                                                                                               | Typowe częstotliwości<br>pola-EM przy źródle<br>[w nawiasie mniej typowe] | Poziom oddziaływania<br>pola-EM przy źródle |    |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----|
|     |                                                                                                              |                                                                           | SEN                                         | SN |
| 1.  | Elektryczny sprzęt powszechnego użytku                                                                       | PQS                                                                       | T                                           | MT |
| 2.  | Systemy elektroenergetyczne i elektryczna instalacja zasilająca                                              | PQS [PMS]                                                                 | T                                           | MT |
| 3.  | Telefony komórkowe, bezprzewodowe i urządzenia bezprzewodowe krótkiego zasięgu (WLAN, Wi-Fi, Bluetooth itp.) | PWCZ, PMF                                                                 | T                                           | MT |
| 4.  | Stacje bazowe systemów telefonii komórkowej, nadawcze systemy tele- i radiokomunikacyjne (RTV itp.)          | PWCZ, PMF                                                                 | T                                           | MT |
| 5.  | Pojazdy elektryczne (pociągi, tramwaje, trolejbusy, metro)                                                   | PMS, PQS                                                                  | T                                           | MT |
| 6.  | Systemy antykradzieżowe oraz elektronicznej kontroli obiektów                                                | PQS, PWCZ, PMF                                                            | T                                           | MT |
| 7.  | Diatermie chirurgiczne                                                                                       | PWCZ                                                                      | MT                                          | T  |
| 8.  | Diatermie fizykoterapeutyczne                                                                                | PWCZ, PMF                                                                 | MT                                          | T  |
| 9.  | Urządzenia do magnetoterapii                                                                                 | PQS [PMS]                                                                 | T                                           | MT |
| 10. | Skanery rezonansu magnetycznego                                                                              | PMS, PQS, PWCZ                                                            | MT                                          | T  |
| 11. | Urządzenia do spawania łukowego, instalacje elektrolityczne                                                  | PMS, PQS                                                                  | T                                           | MT |
| 12. | Urządzenia do grzania dielektrycznego (suszenia lub zgrzewania)                                              | PWCZ [PMF]                                                                | MT                                          | T  |
| 13. | Urządzenia do grzania indukcyjnego                                                                           | PQS [PWCZ]                                                                | MT                                          | T  |
| 14. | Zgrzewarki rezystancyjne                                                                                     | PQS                                                                       | MT                                          | T  |
| 15. | Przemysłowe magnetyzatory i demagnetyzatory                                                                  | PMS, PQS                                                                  | MT                                          | T  |
| 16. | Przemysłowe piece, nagrzewnice i suszarki mikrofalowe                                                        | PMF                                                                       | T                                           | MT |
| 17. | Spektrometry NMR                                                                                             | PMS, PWCZ, PMF                                                            | T                                           | MT |
| 18. | Systemy radarowe                                                                                             | PMF [PWCZ]                                                                | MT                                          | T  |
| 19. | Urządzenia techniki wojskowej                                                                                | PWCZ [PMF]                                                                | T                                           | MT |
| 20. | Urządzenia do wytwarzania i przetwarzania tworzyw sztucznych                                                 | PES [PWCZ, PMF]                                                           | MT                                          | T  |

Zakresy częstotliwości pola-EM podano w tabeli Z1 zgodnie z R-BHP-EM:

PMS – pole magnetostatyczne –  $f < 5$  Hz

PES – pole elektrostatyczne –  $f < 5$  Hz

PQS – pole-EM *quasi*-statyczne –  $5 \text{ Hz} < f < 100 \times 10^3 \text{ Hz}$ , tj.:  $5 \text{ Hz} < f < 100 \text{ kHz}$

PWCZ – pole-EM wielkiej częstotliwości –  $100 \times 10^3 \text{ Hz} < f < 300 \times 10^6 \text{ Hz}$ , tj.  $100 \text{ kHz} < f < 300 \text{ MHz}$

PMF – promieniowanie mikrofalowe –  $300 \times 10^6 \text{ Hz} < f < 300 \times 10^9 \text{ Hz}$ , tj.:  $300 \text{ MHz} < f < 300 \text{ GHz}$ .