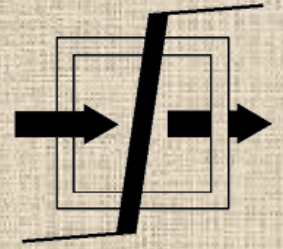




POLITECHNIKA ŁÓDZKA
INSTYTUT MECHATRONIKI
I SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH
ZESPÓŁ PRZEKŁADNIKÓW
I KOMPATYBILNOŚCI
ELEKTROMAGNETYCZNEJ



BHP w EMC

dr inż. Dariusz BRODECKI

dariusz.brodecki@p.lodz.pl

<http://matel.p.lodz.pl/wee/k23/>

Pola elektromagnetyczne

- zagrożenia dla organizmów żywych

Pole elektromagnetyczne jest tworzone przez współistniejące pole elektryczne i pole magnetyczne, i jest parametrem charakteryzującym **energię elektromagnetyczną** zgromadzoną w przestrzeni, zarówno w obiektach materialnych, powietrzu, próżni, czy w organizmach żywych (ciało człowieka).

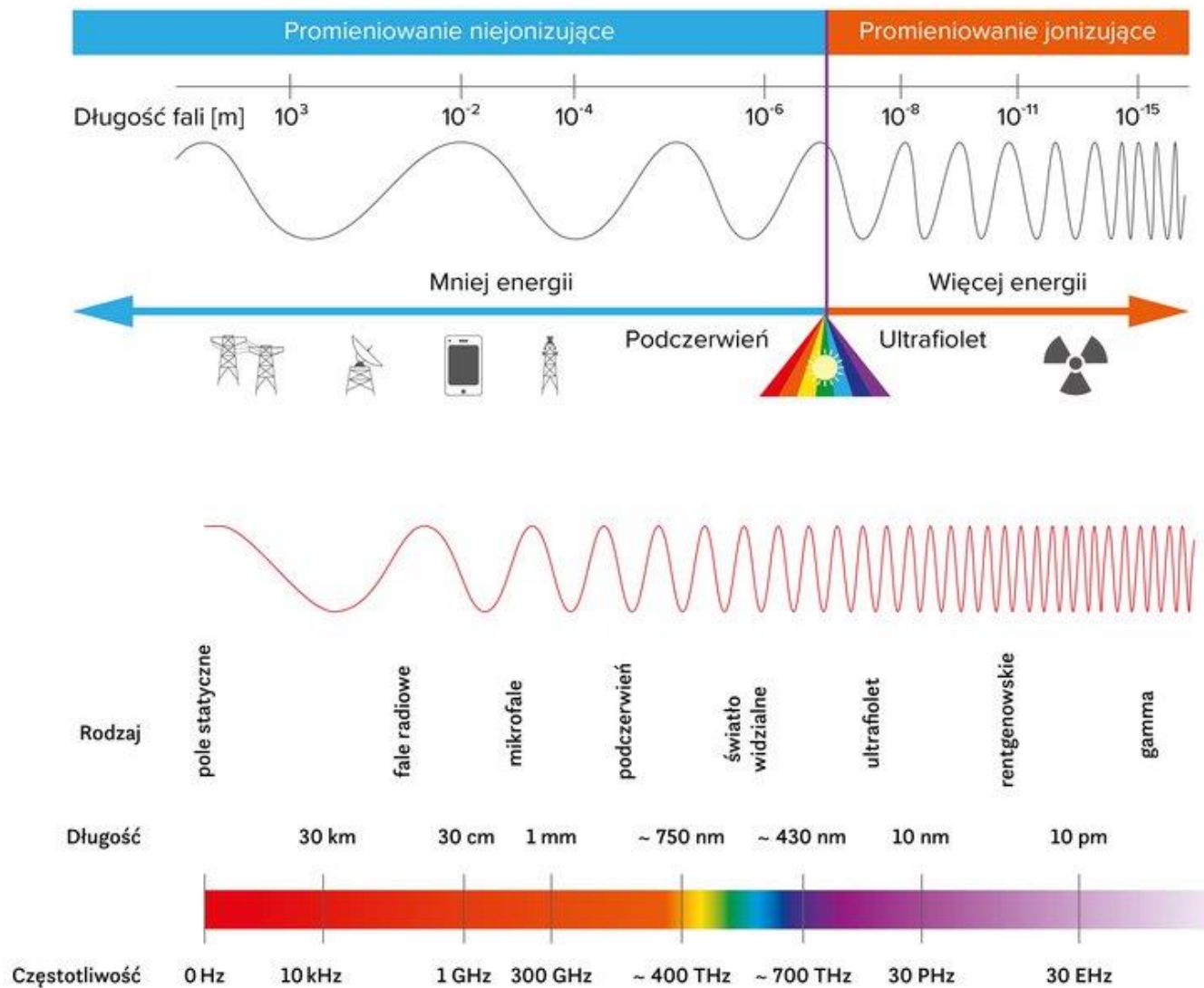
Właściwości pól elektromagnetycznych istotne z punktu widzenia BHP

1. natężenia pola i jego częstotliwość, gęstość mocy
2. polaryzacja pola występującego na stanowisku pracy,
3. rozkład przestrzenny natężenia pola w obszarze zajmowanym przez ciało pracownika,
4. wzajemny stosunek pola elektrycznego i magnetycznego.

Gęstość mocy: $S = E * H$

Widmo fal elektromagnetycznych

Niszczenie struktury atomowej materii



Bezpieczne wartości graniczne

Wraz z rozwojem stanu techniki prowadzącym do zwiększenia liczby urządzeń elektrycznych i elektronicznych wytwarzających pole elektromagnetyczne i emitujących energię elektromagnetyczną wokół nas, rozwija się również obszar niezbędnych **regulacji prawnych i normalizacyjnych**. Mają one na celu ograniczenie poziomu emisji elektromagnetycznej w środowisku poniżej pewnych ustalonych wartości dopuszczalnych, **uznawanych** za takie, które nie wpływają negatywnie na organizm człowieka.

Stosowne wytyczne w tym zakresie publikuje **Międzynarodowa Komisja ds. Ochrony Przed Promieniowaniem Niejonizującym (ICNIRP**, ang. *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*), opierając się na dowodach uznanych naukowo i potwierdzonych mechanizmach wymiany energii pomiędzy

W Polsce dopuszczalne poziomy pola elektromagnetycznego w środowisku określa Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 grudnia 2019 r.

Wartości graniczne łączą wszystko, co świat nauki wie o energii elektromagnetycznej i mechanizmach jej oddziaływania z otoczeniem, w tym z organizmami ludzkimi.

Są ustalane z kilkudziesięciokrotnym marginesem bezpieczeństwa w taki sposób, aby nie dochodziło do negatywnego wpływu energii elektromagnetycznej na organizm człowieka.

Wnioski z prowadzonych przez ICNIRP przeglądów badań naukowych.

W przypadku ekspozycji na niejonizujące pole elektromagnetyczne o poziomach nie przekraczających ustalonych wartości granicznych **nie można potwierdzić**, że taka ekspozycja powoduje zagrożenie dla zdrowia.

Wpływ PEM na człowieka

Pole elektromagnetyczne może wpływać na ludzi przez:

A) bezpośrednie oddziaływanie na organizm ekspozowanego człowieka,

B) pośrednie oddziaływanie na skutek oddziaływania na organizm energii pól zgromadzonej w ekspozowanych obiektach

A) Bezpośrednie oddziaływanie na organizm eksponowanego człowieka

Pola elektromagnetyczne **nie są rejestrowane** zmysłami człowieka.

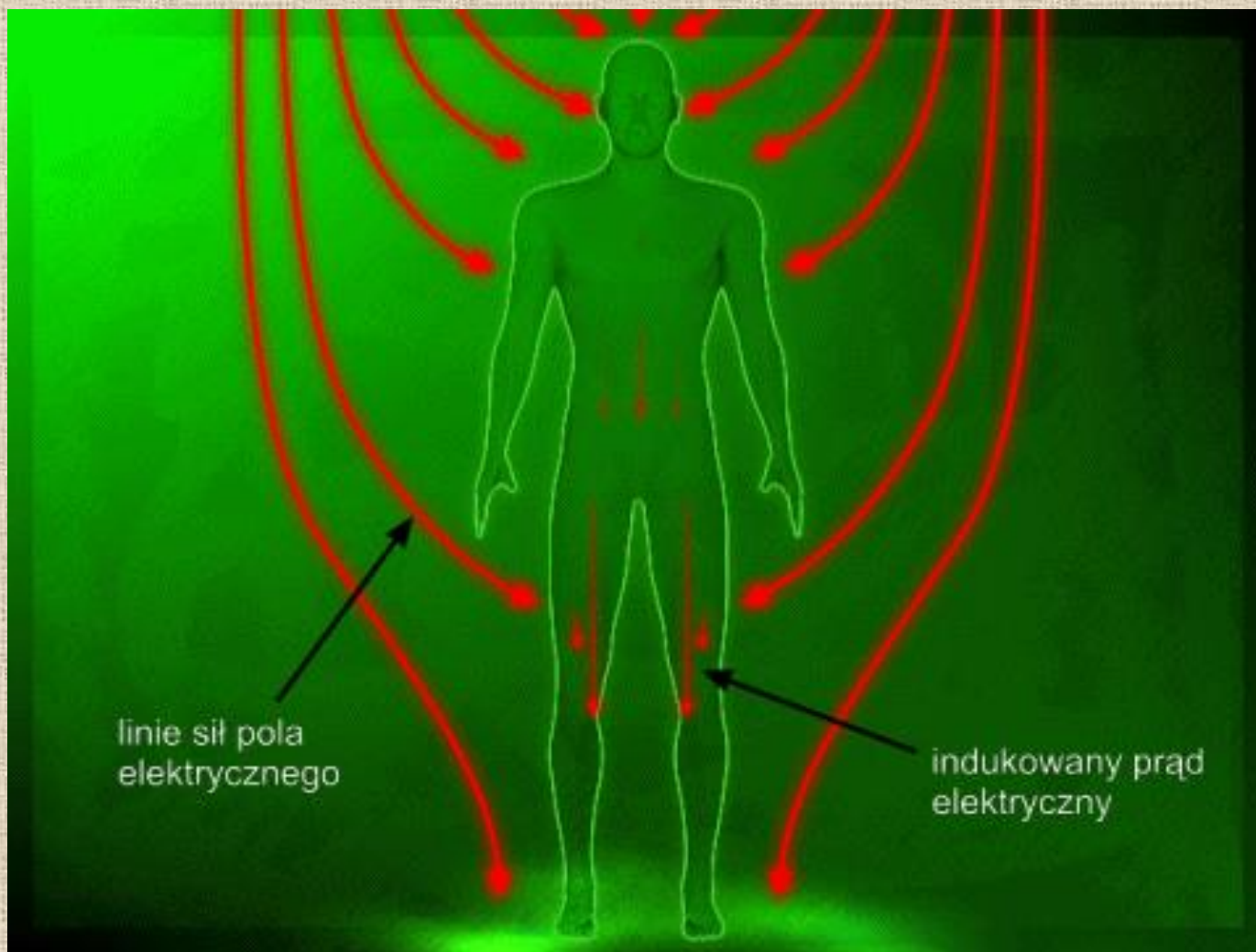
W pewnych sytuacjach możliwe jest bezpośrednie odczuwanie pól EM.

- Przykładowo w silnych polach PEM małych częstotliwości (kilkanaście do kilkudziesięciu Hz) człowiek może odczuwać wrażenia wzrokowe (np. magnetofosfeny).
- W impulsowych polach mikrofalowych możliwe jest odczuwanie wrażeń słuchowych (zj. Freya).
- W silnych polach elektrostatycznych można zaobserwować bezpośrednie podrażnienie nerwów czuciowych, znajdujących się np. w skórze ręki.

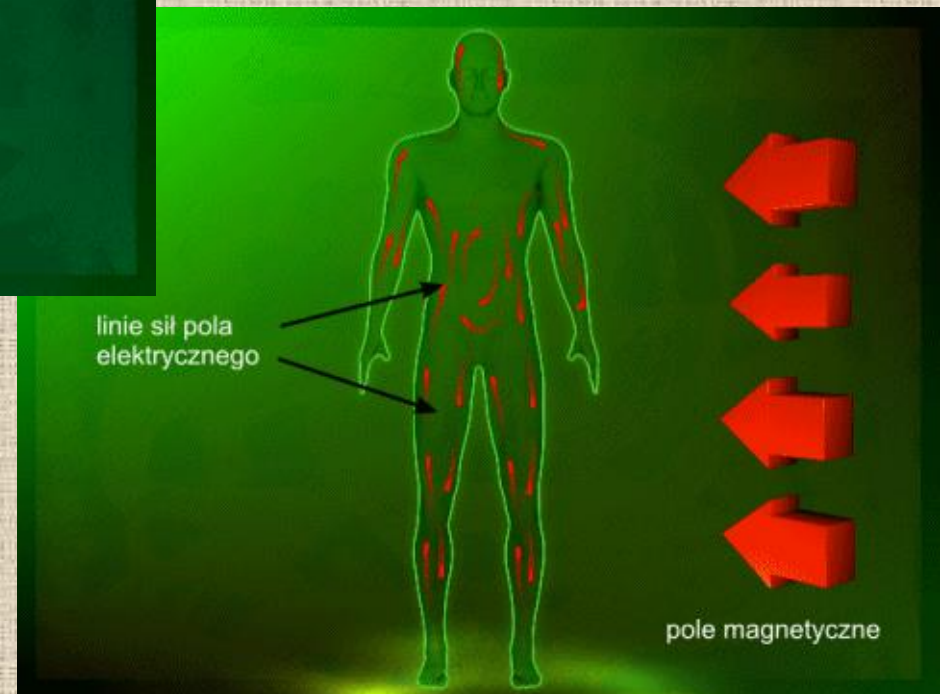
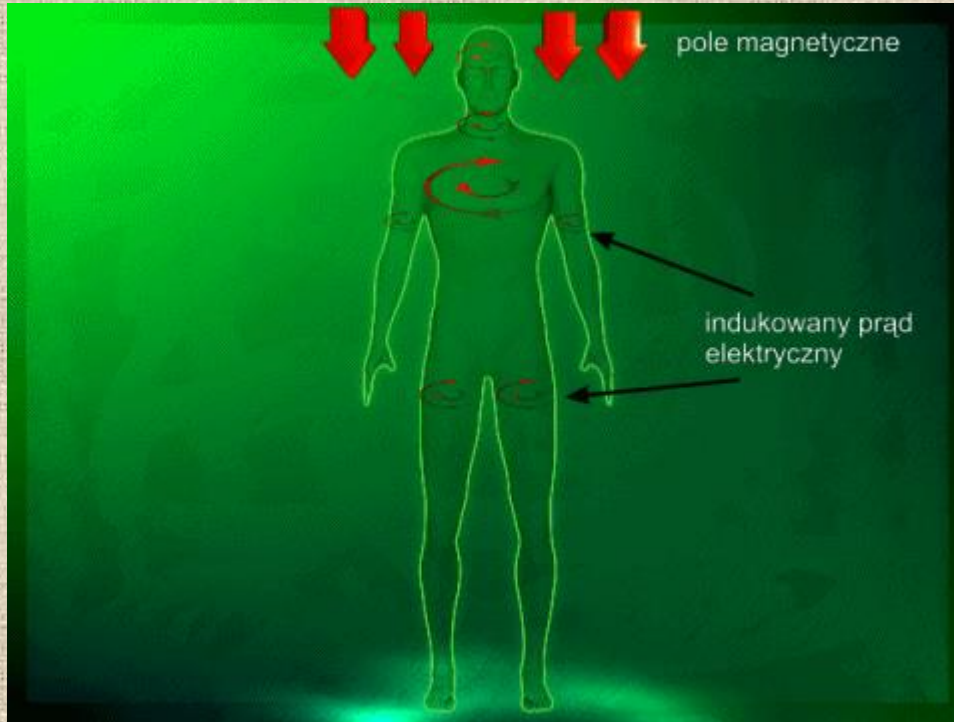
Efekty bezpośredniego oddziaływania pola na organizm można podzielić na:

- stymulację tkanki mięśniowej lub nerwowej przez indukowane w ciele prądy (głównie przy częstotliwościach mniejszych od kilkuset kHz), możliwe zatrzymanie pracy serca
- ogrzewanie tkanek na powierzchni lub wewnątrz organizmu, spowodowane pochłanianiem energii pól (największe znaczenie tego zjawiska występuje dla częstotliwości powyżej 1 MHz).

Człowiek w polu elektrycznym o polaryzacji pionowej



Człowiek w polu magnetycznym (prądy indukowane)



Szybkość pochłaniania właściwego (SAR)

Wielkość charakteryzująca tempo, w jakim energia pola elektromagnetycznego jest pochłaniana przez tkanki ciała, w watach na kilogram (W/kg)

Dominujące w paśmie częstotliwości powyżej 100 kHz

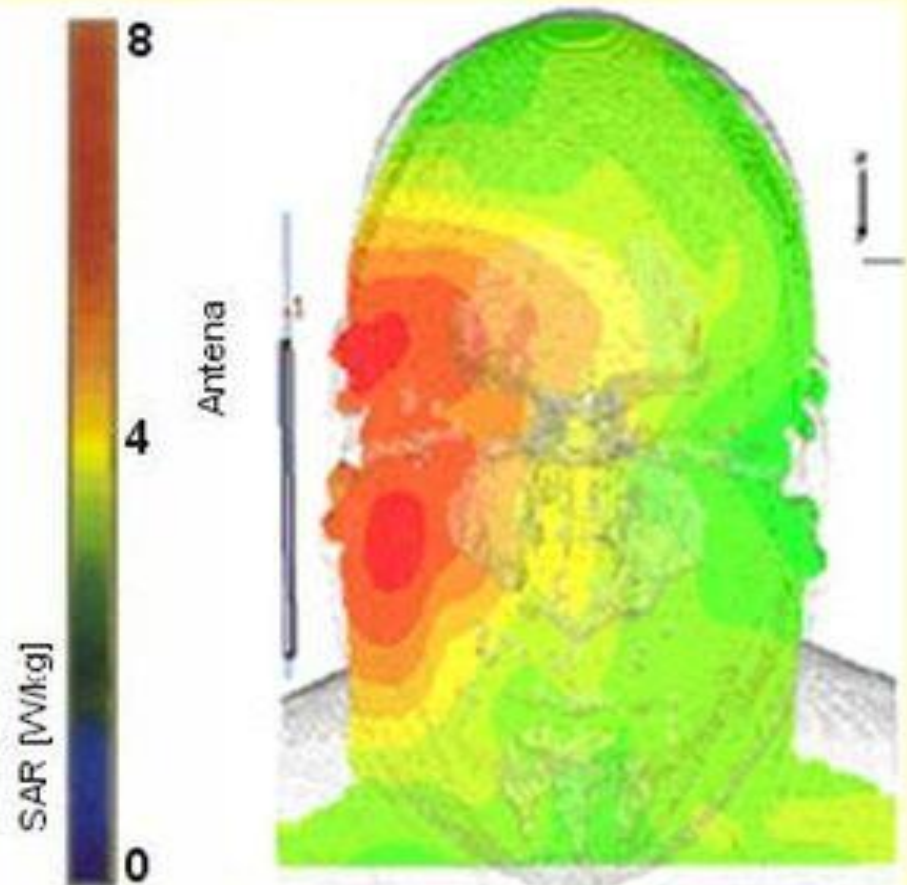
Wielkość dozymetryczna:
SAR [W/kg]

Dozymetria komputerowa do oceny zagrożeń (obliczenia na modelach ciała ludzkiego)

Pomiary na fantomach

Wartość dopuszczalna SAR (wg ICNIRP):

- **0,4 W/kg**
średni SAR dla całego ciała
- **10 W/kg**
maksymalny SAR w 10 g tkanki głowy lub kończyn



B) Pośrednie oddziaływanie na organizm ekspozowanego człowieka

PEM może stwarzać zagrożenie dla ludzi poprzez **oddziaływanie na infrastrukturę techniczną**, na skutek odbioru przez nią energii pola elektromagnetycznego, co może być przyczyną:

- zakłócenia działania urządzeń elektronicznych, w tym aparatury medycznej, implantów elektronicznych (np. stymulatory serca) i urządzeń medycznych do stałego noszenia na ciele (np. pompy infuzyjne),
- zagrożenie dla funkcjonowania metalowych implantów pasywnych (rezonans magnetyczny),
- detonacji urządzeń elektrowybuchowych (detonatorów)
- pożarów i eksplozji materiałów łatwopalnych od iskier wywołanych przez pola indukowane i ładunki elektrostatyczne.

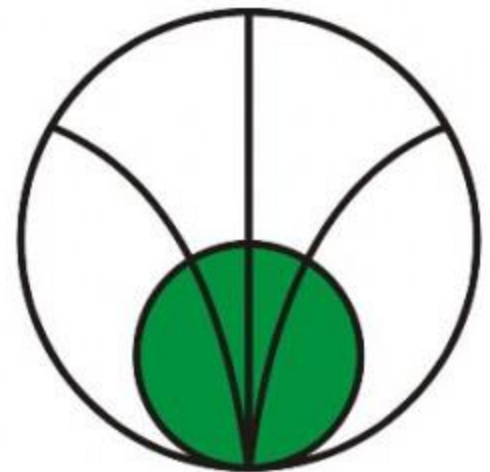
Ochrona przed PEM

Strefa ochronna: obszar w otoczeniu źródła pola, w którym ekspozycję pracowników charakteryzują **dozy** i **wskaźniki ekspozycji**, gdzie mogą przebywać wyłącznie pracownicy zatrudnieni przy źródłach pól, u których w wyniku przeprowadzonych badań lekarskich stwierdzono brak przeciwwskazań zdrowotnych do przebywania w zasięgu pól elektromagnetycznych, oraz którzy odbyli przeszkolenie w zakresie bezpiecznego obsługiwanie źródeł pól i zasad przebywania w strefach ochronnych.



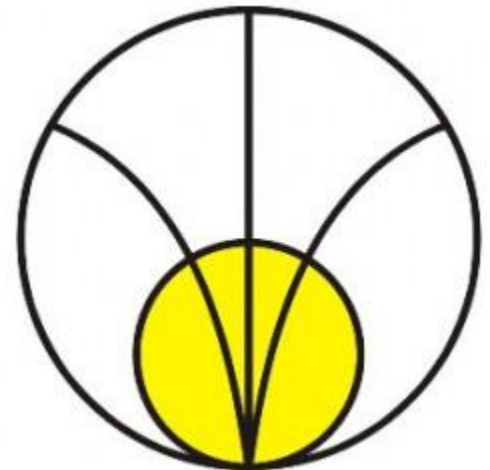
Ochrona przed PEM

Strefa bezpieczna: obszar poza strefami ochronnymi, w którym przebywanie ludzi nie podlega ograniczeniom



Ochrona przed PEM

Strefa pośrednia: strefa ochronna, w której mogą przebywać pracownicy w ciągu całej zmiany roboczej, wynoszącej 8 godzin



Ochrona przed PEM

Strefa zagrożenia: strefa ochronna, w której **mogą przebywać pracownicy przez określony czas, krótszy niż 8 godzin**, zależny od wartości natężenia pól elektrycznych i magnetycznych występujących na stanowisku pracownika, zgodnie z warunkami dopuszczalnej ekspozycji zawodowej, ustalonymi zgodnie z krajowymi zasadami BHP w polach elektromagnetycznych



Ochrona przed PEM

Strefa niebezpieczna: obszar bardzo silnych pól elektromagnetycznych, w którym **nie wolno przebywać** zarówno ogółowi ludności, jak i pracownikom.

Przebywanie w tym obszarze jest dozwolone jedynie w specjalnych kombinezonach ekranujących, które ograniczają narażenie pracowników);



Granice stref ochronnych (BHP) według: Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29.11.2002r. w sprawie dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Dz.U. nr 217 z dnia 18.12.2002 r. poz.1833)

Nazwa strefy:	Natężenie pola elektrycznego *	Natężenie pola magnetycznego
bezpieczna/pośrednia	$E_0(f)=E_1(f)/3$	$H_0(f)=H_1(f)/3$
pośrednia/ zagrożenia	$E_1(f)$	$H_1(f)$
zagrożenia/niebezpieczna	$E_2(f)=10E_1(f)$	$H_2(f)=10H_1(f)$

f – częstotliwość w jednostkach podanych w kolumnie „zakres częstotliwości”

* - Dla zakresu częstotliwości $0 \text{ Hz} \leq f \leq 300 \text{ Hz}$: $E_2(f)=2E_1(f)$, a $E_0(f)= E_1(f)/2$

Lp.	Zakres częstotliwości	$E_1(f)$ [V/m]	$Dd_E(f)$
1	$0 \text{ Hz} \leq f \leq 0.5 \text{ Hz}$	20 000	$3\,200 \text{ (kV/m)}^2 \text{ h}$
2	$0.5 \text{ Hz} < f \leq 300 \text{ Hz}$	10 000	$800 \text{ (kV/m)}^2 \text{ h}$
3	$0.3 \text{ kHz} < f \leq 1 \text{ kHz}$	$100/f$	$0.08/f^2 \text{ (kV/m)}^2 \text{ h}$
4	$1 \text{ kHz} < f \leq 3 \text{ MHz}$	100	$0.08 \text{ (kV/m)}^2 \text{ h}$
5	$3 \text{ MHz} < f \leq 15 \text{ MHz}$	$300/f$	$0.72/f^2 \text{ (kV/m)}^2 \text{ h}$
6	$15 \text{ MHz} < f \leq 3 \text{ GHz}$	20	$3\,200 \text{ (V/m)}^2 \text{ h}$
7	$3 \text{ GHz} < f \leq 300 \text{ GHz}$	$0.16f + 19.5$	$(f/2 + 55)^2 \text{ (V/m)}^2 \text{ h}$

Lp.	Zakres częstotliwości	$H_1(f)$ [A/m]	$Dd_H(f)$
1	$0 \text{ Hz} \leq f \leq 0.5 \text{ Hz}$	8 000 (10 mT)	$512 \text{ (kA/m)}^2 \text{ h}$
2	$0.5 \text{ Hz} < f \leq 50 \text{ Hz}$	200	$0.32 \text{ (kA/m)}^2 \text{ h}$
3	$0.05 \text{ kHz} < f \leq 1 \text{ kHz}$	$10/f$	$800/f^2 \text{ (A/m)}^2 \text{ h}$
4	$1 \text{ kHz} < f \leq 800 \text{ kHz}$	10	$800 \text{ (A/m)}^2 \text{ h}$
5	$0.8 \text{ MHz} < f \leq 150 \text{ MHz}$	$8/f$	$512/f^2 \text{ (A/m)}^2 \text{ h}$
6	$0.15 \text{ GHz} < f \leq 3 \text{ GHz}$	0.053	$0.022 \text{ (A/m)}^2 \text{ h}$

Metody ograniczenia narażenia na działanie PEM

Metody organizacyjne:

- 1) Uwzględnienie wymagań bezpieczeństwa elektromagnetycznego (wybór miejsca użytkowania urządzenia)
- 2) Badania pól elektromagnetycznych wokół urządzenia
- 3) Oznakowanie źródeł pól elektromagnetycznych i zasięgów stref ochronnych
- 4) Informowanie pracowników o zagrożeniu i prowadzenie szkoleń
- 5) Ograniczenie zmianowego czasu pracy w strefie zagrożenia i rotacja pracowników
- 6) Maksymalne odsunięcie pracowników obsługi od źródeł PEM

Metody ograniczenia narażenia na działanie PEM

Metody techniczne:

- 1) Stosowanie osłon ekranujących (ekranowanie urządzeń stanowiących źródła PEM/ekranowanie przestrzeni w której przebywają pracownicy)
- 2) Stosowanie przez pracowników ubiorów ochronnych ekranujących człowieka przed polem elektromagnetycznym (jedynie w przypadku pól 50 Hz i zakresu mikrofalowego)
- 3) Zwiększenie wilgotności lub jonizację powietrza (w przypadku pól elektrostatycznych)
- 4) Izolowanie stanowiska pracy oraz samych pracowników w celu ograniczenia prądu przepływającego przez pracownika na skutek sprzężenia pojemnościowego pomiędzy źródłem pola, ciałem człowieka i ziemią.

Dziękuję