

Medyczne, biologiczne, techniczne i prawne aspekty wpływu pola elektromagnetycznego na środowisko

(oceny, poglądy, harmonizacja)

WARSZAWA, 15.12.2016



STANDARYZACJA METODYK POMIARÓW PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH ZWIĄZANYCH Z EKSPOZYCJĄ CZŁOWIEKA I JEJ WPŁYW NA JAKOŚCI BADAŃ

Jarosław Kieliszek

Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii
Warszawa

- Badania pola elektromagnetycznego oddziałującego na człowieka są badaniami bardzo specyficznymi. W pewnej części należą one do grupy badań regulowanych prawem.
- Regulacja prawna obejmuje zarówno badań pola elektromagnetycznego w środowisku pracy jak i w środowisku ogólnym i dotyczy tak dopuszczalnych wartości natężeń pól jak również metodyk wykonywania tych badań.
- Standaryzacja procesów badawczych ma podnosić ich wiarygodności, jak również ułatwiać prowadzenie porównań uzyskiwanych wyników badań.
- Proponowane standardy są na tyle uniwersalne, że pozwalają na ich łatwą adaptację do zbliżonych profilem badań pola elektromagnetycznego.



Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów
(Dz.U. 2003 nr 192 poz. 1883)



Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 12 listopada 2007 r. w sprawie zakresu i sposobu prowadzenia okresowych badań poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku
(Dz.U. 2007 nr 221 poz. 1645)

USTAWA

z dnia 27 kwietnia 2001 r.
Prawo ochrony środowiska
Dz.U. 2001 Nr 62 poz. 627

Art. 147a. 1. Prowadzący instalację oraz użytkownik urządzenia są obowiązani zapewnić wykonanie pomiarów wielkości emisji lub innych warunków korzystania ze środowiska, w tym pobieranie próbek przez:

- 1) akredytowane laboratorium w rozumieniu ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz. U. z 2014 r. poz. 1645 i 1662 oraz z 2015 r. poz. 1223 i 1918) lub

- 2) certyfikowane jednostki badawcze, o których mowa w art. 16 ust. 1 ustawy z dnia 25 lutego 2011 r. o substancjach chemicznych i ich mieszaninach (Dz. U. z 2015 r. poz. 1203)

– w zakresie badań, do których wykonywania są obowiązani.

PN-EN 50413 Norma podstawowa dotycząca metody pomiaru i obliczeń ekspozycji ludzi w polach elektrycznych, magnetycznych i elektromagnetycznych (0 Hz – 300 GHz).

PN-EN 50492 Norma podstawowa dotycząca miejscowych pomiarów natężeń pól elektromagnetycznych związanych z ekspozycją ludzi w otoczeniu stacji bazowych.

PN-EN 50383 Norma podstawowa dotycząca obliczania i pomiaru natężenia pola elektromagnetycznego i SAR związanego z ekspozycją ludzi w polach elektromagnetycznych o częstotliwościach od 110 MHz do 40 GHz, wytwarzanych przez radiowe stacje bazowe i stałe stacje końcowe bezprzewodowych systemów telekomunikacyjnych.

PN-EN 61566 Pomiary ekspozycji w polu elektromagnetycznym. Natężenie pola w zakresie częstotliwości od 100 kHz do 1 GHz.

PN-EN 50385 Norma grupy wyrobów dla wykazania zgodności radiowych stacji bazowych i stacjonarnych stacji końcowych systemów bezprzewodowej telekomunikacji z ograniczeniami podstawowymi lub poziomami odniesienia dotyczącymi ekspozycji ludzi w polach elektromagnetycznych częstotliwości radiowych (110 MHz – 40 GHz). Ekspozycja ludności.

PN-EN 50401 Norma wyrobu do oceny zgodności wprowadzanych do eksploatacji stacjonarnych urządzeń nadawczych (od 110 MHz do 40 GHz) przeznaczonych do stosowania w sieciach telekomunikacyjnych z ograniczeniami podstawowymi lub poziomami odniesienia dotyczącymi ekspozycji ludności na pola elektromagnetyczne.

PN-EN 62311 Ocena urządzeń elektronicznych i elektrycznych w odniesieniu do ograniczeń ekspozycji ludności w polach elektromagnetycznych (0 Hz-300 GHz).

Algorytm badania



Przedstawiony algorytm przeprowadzenia badania obejmuje całość przedsięwzięć związanych z procesem przeprowadzenia badania pola elektromagnetycznego.

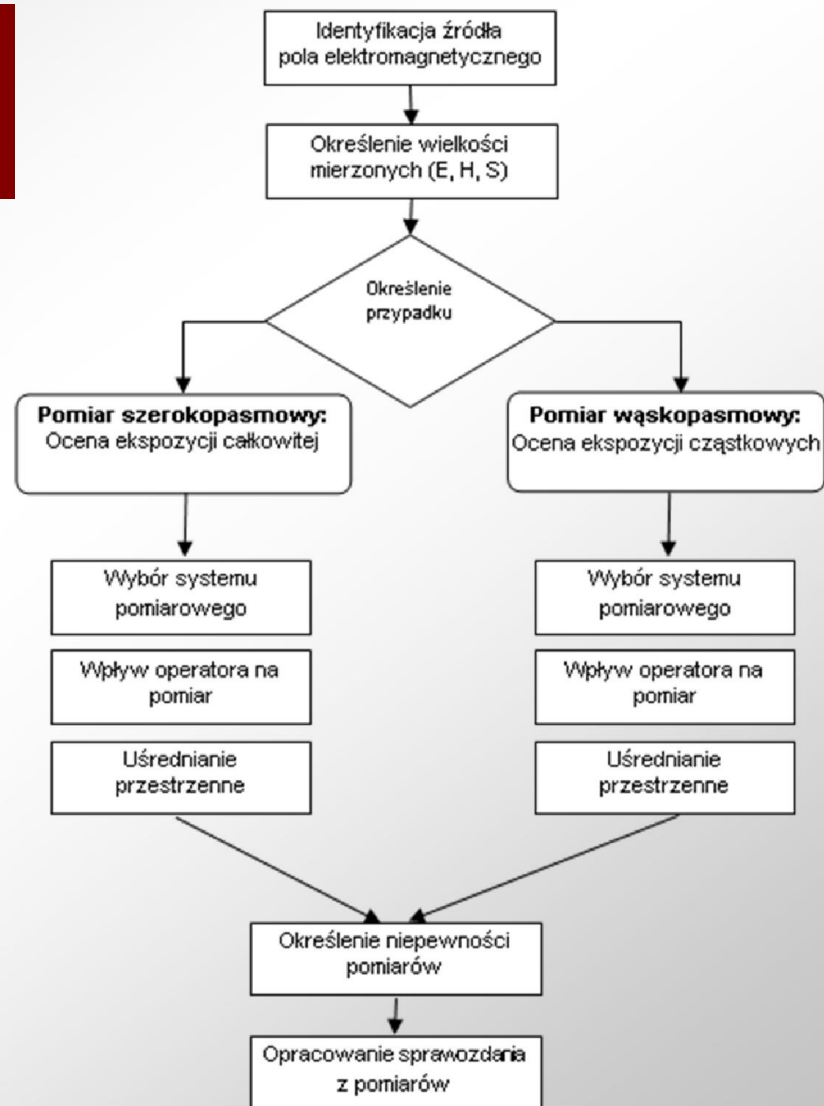


Każdy z przedstawionych w algorytmie etapów postępowania ma istotny wpływ na końcowy wynik badania.



Przyjęte na poszczególnych etapach założenia, propozycje lub wymagania mają uzasadnienie metrologiczne wynikające z wieloletnich badań prowadzonych w tym zakresie.

Algorytm wyznaczania miejscowego natężenia pola elektromagnetycznego do oceny ekspozycji ludzi



Identyfikacja źródła pola elektromagnetycznego

Istotnym elementem wstępnego etapu przygotowania do badania jest identyfikacja źródła i analiza widmowa wytwarzanego sygnału, urządzenia lub obszaru pomiarowego.

Analiza to może polegać na przeglądzie dokumentacji technicznej, baz danych lub poprzez selektywne pomiary częstotliwości.

Stużby	Częstotliwość
GSM 900	925 MHz - 960 MHz
GSM 1800	1 805 MHz - 1 880 MHz
WCDMA (UMTS, 3G)	2 110 MHz - 2 170 MHz
WLAN	2,4 GHz - 2,4835 GHz, 5,15 GHz - 5,35 GHz, 5,47 GHz - 5,725 GHz, 5,725 GHz - 5,875 GHz
Radio	LW: 148,5 kHz - 283,5 kHz MW: 596,5 kHz - 1 606,5 kHz SW: 25,67 MHz - 26,1 MHz FM: 87,5 MHz - 108 MHz
TV	e.g.: 174 MHz - 230 MHz 470 MHz - 862 MHz
DECT	1 880 MHz - 1 900 MHz
Radiokomunikacja amatorska	Zakresy HF: 1,8 MHz, 3,5 MHz, 7 MHz, 10 MHz, 14 MHz, 18 MHz, 21 MHz, 24 MHz, 28 MHz Zakresy V/U/SHF: 50 MHz, 144 MHz, 432 MHz, 1 296 MHz, 2 300 MHz, 3 400 MHz, 5 600 MHz, 10 000 MHz, 24 000 MHz, 47 000 MHz
Cyfrowe PMR (TETRA, TETRAPOLI)	380 MHz - 512 MHz, 806 MHz - 869 MHz

Określenie wielkości mierzonych w zależności od odległości źródła sygnału



Na podstawie analizy wytwarzanego pola elektromagnetycznego i elementów promieniujących, w zależności od odległości od anteny, należy określić które składowe pola elektromagnetycznego będą mierzone.



Dla każdego elementu promieniującego, zgodnie z analizą przypadku należy wykonać pomiary natężenia pola elektrycznego E [V/m] lub natężenia pola magnetycznego H [A/m], lub obie te wielkości.



Na podstawie analizy elementów promieniujących, należy ustalić czy punkty pomiarowe znajdują się w strefie dalekiej czy strefie bliskiej pola elektromagnetycznego.

W strefie dalekiej składowa elektryczna pola elektromagnetycznego E i składowa magnetyczna pola elektromagnetycznego H są matematycznie zależne i można je wzajemnie przeliczać.

W strefie bliskiej pola elektromagnetycznego przeliczenia takie są niemożliwe i należy przeprowadzać oddzielne ich pomiary.

Określenie przypadku



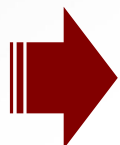
Po przeprowadzeniu analizy badanego sygnału należy podjąć decyzję o wyborze sposobami oceny (ekspozycja całkowita bądź cząstkowa).

Przypadek pierwszy zapewnia uzyskanie jednego rezultatu odnoszącego się do wszystkich źródeł i częstotliwości.

Przypadek drugi umożliwia uzyskanie zestawu wartości pól dla różnych źródeł, częstotliwości lub podzakresów częstotliwości.



Jeżeli celem pomiarów miejscowych jest ocena ekspozycji cząstkowej, czyli zbadanie udziału każdego ze źródeł z wykorzystaniem selektywnej analizy częstotliwościowej, należy wykonywać pomiary wąskopasmowe.



Jeżeli celem pomiarów miejscowych jest ocena ekspozycji całkowitej, czyli wypadkowego wkładu wszystkich źródeł pola elektromagnetycznego, oceny należy dokonać albo wykorzystując przypadek drugi, poprzez łączną ocenę wszystkich składowych albo wykorzystując Przypadek pierwszy (pomiary szerokopasmowe).

Pomiar szerokopasmowy

Pomiar szerokopasmowy dotyczy sytuacji, w której potrzebne jest dokonanie oceny ekspozycji całkowitej za pomocą przyrządu szerokopasmowego.

Pomiary szerokopasmowe można wykorzystywać do uzyskiwania informacji o natężeniu pola w czasie rzeczywistym „tak jak zaobserwowano”.

Pomiarów szerokopasmowych nie należy wykorzystywać do ekstrapolacji. Bez możliwości rozróżnienia częstotliwości taka ekstrapolacja prowadzi do znacznego przeszacowania maksymalnej ekspozycji.

Wymagania dla szerokopasmowego systemu pomiarowego

	Odpowiedź częstotliwościowa	Dolna granica wykrywania	Zakres dynamiki	Liniowość	Izotropowość
Poniżej 900 MHz i powyżej 3 GHz	± 3 dB	≤ 1 V/m lub 0,003 A/m	≥ 40 dB	$\pm 1,5$ dB	< 2 dB oceniana dla całości system pomiarowego
Pomiędzy 900 MHz a 3 GHz	$\pm 1,5$ dB				

Pomiar wąskopasmowy

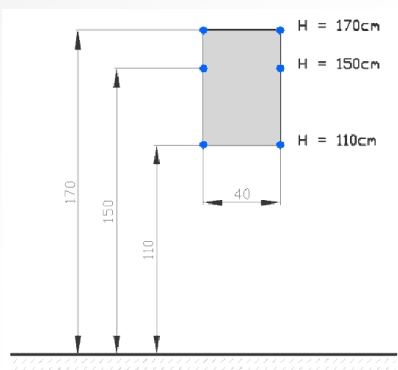
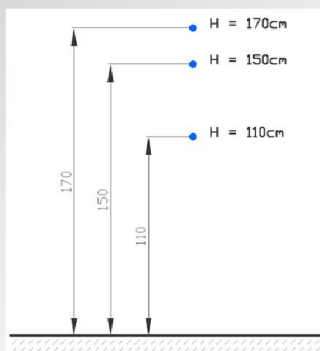
Pomiar wąskopasmowy dotyczy sytuacji, w której potrzebne jest dokonanie wszechstronnej oceny ekspozycji, obejmującej, jeżeli to potrzebne, ekstrapolacje w celu uwzględnienia natężenia pola wytwarzanego przez wszystkie źródła pola elektromagnetycznego w obszarze pomiarowym.

W celu przeprowadzenia takiej wszechstronnej analizy należy wykorzystywać przyrządy do pomiarów selektywnych tj. analizatory widma lub wąskopasmowe sondy pomiarowe.

Wymagania dla selektywnych systemów pomiarowych

	Odpowiedź częstotliwościowa	Dolna granica wykrywania	Zakres dynamiki	Liniowość	Izotropowość
Poniżej 900 MHz i powyżej 3 GHz	± 3 dB	$\leq 0,01$ mW/m ² (tzn. 0,05 V/m)	≥ 66 dB	$\pm 1,5$ dB	< 2,5 dB oceniana dla całości systemu pomiarowego W przypadku metody przemiatania izotropowość może nie być wymagana.
Pomiędzy 900 MHz a 3 GHz	$\pm 1,5$ dB	Współczynnik szumów co najmniej 20 dB			

Uśrednianie przestrzenne



Wartość maksymalna z zakresu wysokości 0,3 – 2,0 m.

Aby ocenić ekspozycję całego ciała człowieka, potrzebne jest uśrednianie mierzonego pola. Wartości pola elektromagnetycznego należy wyznaczać w kilku punktach pomiarowych.

Zalecane jest stosowanie trzech punktów pomiarowych, jednakże, w zależności od lokalizacji i wymaganej dokładności, liczba punktów pomiarowych dla celów uśredniania może być zwiększana do sześciu.

Przyjmuje się, aby niepewność szacowania średniej wartości dla trzech punktów pomiarowych wynosiła ~ 3 dB, a niepewność dla sześciu punktów pomiarowych wynosiła ~ 2 dB.

Wymagania stawiane systemom pomiarowym

W skład systemu pomiarowego wchodzi zwykle następujące elementy:

- sonda do składowych pola E lub H , do izotropowej oceny pola;
- przyrząd pomiarowy (np. analizator widma lub odbiornik);
- kabel lub światłowód łączące sondę z przyrządem pomiarowym;
- trójnóg do ustawienia i pozycjonowania sondy.

Do badań zwykle stosuje się anteny o konstrukcji dipolowej. Anten kierunkowych można używać jedynie do metody szerokopasmowej lub w przypadkach, w których istnieje wyłącznie bezpośrednia ścieżka do anteny źródłowej.

W celu uniknięcia wpływu pól niepożądanych zaleca się używanie pierścieni ferrytowych, zakładanych na kable współosiowe łączące sondę z przyrządem pomiarowym. Dla częstotliwości poniżej 800 MHz jest to obowiązkowe.

Statyw, jeżeli jest wykorzystywany, powinien być wykonany z materiałów słabo odbijających, takich jak tworzywo sztuczne lub drewno.

Wpływ ciała człowieka na pomiary natężenia pola elektrycznego za pomocą sondy



Zaleca się, aby we wszystkich przypadkach minimalna odległość pomiędzy końcówką sondy pomiarowej i ciałem „operatora”, jak również przedmiotami powodującymi odbicia wynosiła 1 m podczas pomiarów poniżej 300 MHz i 0,5 m podczas pomiarów powyżej 300 MHz.



Dla zakresu częstotliwości 100 MHz – 2,5 GHz, przy odległości 2 m pomiędzy sondą pomiarową a mierniczym, ciało człowieka wpływa na wskazywane przez sondę bezkierunkową pole o około 1 dB do 1,5 dB.



Można się spodziewać, że dla większych częstotliwości wpływ będzie podobny. Należy jasno stwierdzić, że te wyniki można przyjmować jako ważne w środowisku wolnej przestrzeni bez odbić lub przy małych odbiciach. W środowisku, w którym występują wielokrotne odbicia, co oznacza środowisko z zanikami, wpływ ciała może być większy ze względu na znoszenie się lokalnych maksimów.

Niepewność pomiarów

Niepewność rozszerzona pomiarów wykonywanych w środowisku kontrolowanym nie powinna przekraczać 2 dB.

Niepewność rozszerzona pomiarów miejscowych (*in-situ*), z uwzględnieniem wpływu środowiska, nie może przekraczać 4 dB.

Źródła błędów	Opis (podrozdział)	Wartość niepewności (%) uv_i	Rozkład prawdopodobieństwa	Dzielnik k_i	c_i	Niepewność standardowa (%) $u_i = uv_i/k_i$
Wyposażenie pomiarowe						
Wzorcowanie	EN 50383		Normalny	1 lub k	1	
Izotropowość	EN 50383		Normalny	1 lub k	1	
Liniowość	EN 50383		Prostokątny		1	
Przyrząd pomiarowy ^a			Normalny	1 lub k	1	
Szum			Normalny	1	1	
Niedopasowanie	EN 50383		Rozkład typu U		1	
Wpływ temperatury i wilgotności na wyposażenie pomiarowe	EN 50383		Prostokątny		1	
Złożona niepewność standardowa						
Niepewność rozszerzona (wyposażenie pomiarowe + parametry środowiskowe) (przedział ufności 95 %)						
			Normalny			

^a Niepewność przyrządu pomiarowego zależy od mierzonego sygnału i użytej metody.

Podsumowanie



Przyjęcie proponowanych standardów postępowania dla zbliżonych zakresem badań pola elektromagnetycznego w zakresie ekspozycji ludzi może mieć znaczący wpływ na jakość i wiarygodność przeprowadzanych badań.



Standaryzacja taka w znaczni większym stopniu może umożliwić prowadzenie analiz porównawczych uzyskiwanych wyników przez różnych badaczy.



W obszarze, gdzie ilości prezentowanych badań jest bardzo duża, brak takiej wspólnej platformy odniesienia w znacznym stopniu utrudzenia lub uniemożliwia ocenę uzyskiwanych wyników badań.