

Kompatybilność Elektromagnetyczna

Wpływ pól elektromagnetycznych wysokich częstotliwości na ludzi.

Pola i fale elektromagnetyczne otaczają nas zewsząd. Wytwarzane są przez urządzenia domowe, np. lodówki, telewizory, suszarki do włosów, a także telefony komórkowe, kable energetyczne, samochody, tramwaje, pociągi, stacje nadawcze oraz nasz własny organizm. Fale nakładają się na siebie, interferują ze sobą, załamują na przeszkodach, wzmacniają się przy niektórych przedmiotach - tworząc skomplikowany rozkład energii w przestrzeni, który może ulec nagłym, nieprzewidywalnym zmianom. Tak powstaje środowisko, w którym rodzimy się, rozwijamy, uczymy, pracujemy, odpoczywamy. Czy jest ono niebezpieczne?

Przed wszystkim warto pamiętać, że pola elektromagnetyczne nie są obce naturze - przecież światło widzialne jest też falą elektromagnetyczną, a nasza stara Ziemia to jeden wielki generator takiego pola. Również my sami emitujemy fale o różnej częstotliwości.

Zmienne pola elektromagnetyczne docierają do nas z przestrzeni kosmicznej i pochodzą zarówno od Słońca, jak i z dalszych zakamarków Wszechświata. W takich warunkach powstało i ewoluowało życie na Ziemi - a my razem z nim. Nic dziwnego, że u ochotników przebywających przez dłuższy czas w izolacji od naturalnych pól elektromagnetycznych pojawia się wiele niekorzystnych objawów: zmęczenie, nerwice, bóle głowy, zaburzenia pracy układu vegetatywnego, co dobitnie świadczy o tym, jak silnie jesteśmy związani z tym elementem środowiska naturalnego.

Energia PEM sygnałów wysokiej częstotliwości składa się głównie z dwóch czynników promieniowania radiowego:

- promieniowania radiofaleowego RF (Radio Frequency) w zakresie dwóch spójnych pasm o częstotliwościach 0,1-10 MHz i 10-300 Mhz
- promieniowania mikrofaleowego MF (Microwave Frequency) o częstotliwościach w zakresie 0,3-300 GHz.

We wszystkich tych przypadkach promieniowaniu nieodłącznie towarzyszy pole elektryczne i magnetyczne, a o charakterze pola i jego oddziaływaniu na organizm człowieka świadczą głównie częstotliwość sygnału radiowego i wielkość przenoszonej energii.

Braki wiedzy i niezrozumienie pewnych zjawisk rodzą strach przed ich powszechnym wykorzystaniem. Tak było na przykład z prądem elektrycznym - kiedy pojawiły się lampy elektryczne, zabraniano zbliżania się do nich, a włączanie i wyłączanie, w obawie o własne zdrowie, zlecano służbie. Dzisiaj nie można wyobrazić sobie normalnego życia bez elektryczności, ale historia lubi się powtarzać i ostatnio prąd elektryczny znów stał się przyczyną lęków. Tym razem jako czynnik związany z wytwarzaniem pola elektromagnetycznego. Energia pól elektromagnetycznych od samego początku przyciągała uwagę biologów, fizjologów i lekarzy. W początkach naszego wieku rozwinęły się metody lecznicze, które wykorzystywały zmienne pola o rozmaitych częstotliwościach, choć ówczesna wiedza na temat ich biologicznego oddziaływania była praktycznie żadna. Do lat czterdziestych panował pogląd, poparty licznymi badaniami fizjologicznymi i obserwacjami lekarskimi, iż pola elektromagnetyczne nie mają żadnego działania biologicznego z wyjątkiem zdolności do miejscowego przegrzewania tkanek.

II wojna światowa przyniosła gwałtowny rozwój technik radiowych. Do użytku wojskowego

wprowadzono m.in. radary, i tak w naszym życiu pojawiły się mikrofały. Badania przeprowadzone w 1953 roku przez grupę amerykańskich ekspertów potwierdziły wcześniejsze spostrzeżenia, dotyczące innych zakresów fal, iż podstawowym i jedynym efektem biologicznego działania mikrofal są zjawiska termiczne. Jednocześnie ustalono granicę bezpieczeństwa określoną jako ekspozycja na energię o gęstości strumienia 100 W/m², którą podtrzymano po zakończeniu największego w historii projektu badawczego z zakresu bioelektromagnetyki, przeprowadzonego w latach 1956-1960 dzięki finansowaniu przez armię USA

Tymczasem odmienne doniesienia napływały z laboratoriów radzieckich. U zwierząt poddanych działaniu pól mikrofalowych o gęstości strumienia energii od 10 do 100 W/m² pojawiały się różne odchylenia fizjologiczne, a także objawy określane jako "choroba mikrofalowa". Na tej podstawie w latach sześćdziesiątych wprowadzono w ZSRR surowe normy bezpieczeństwa, przyjęte także w krajach Europy Środkowej, w tym i w Polsce.

Następne dziesięciolecie to intensywne poszukiwanie rozstrzygnięcia, po której stronie leży prawda. W związku z narastaniem mody na zdrowe życie w prasie popularnej zaczęły ukazywać się informacje sugerujące, że pola elektromagnetyczne są szkodliwe i mogą wywoływać różne choroby. Nie zadbano jednocześnie o naukowe poparcie tych sugestii, które w wielu krajach wywołały znaczne zaniepokojenie społeczeństw. I tak np. w Szwecji w 1978 roku prasa doniosła o 4 przypadkach urodzenia przez kobiety pracujące stale przy komputerach dzieci z wadami wrodzonymi. Informacja, powielana przez wiele gazet, zaowocowała ujawnieniem kolejnych przypadków, które także szeroko nagłośniono. Obawa przed działaniem pól elektromagnetycznych zaczęła gwałtownie narastać i coraz więcej osób zgłaszało się do lekarzy z objawami określanymi jako "alergia elektromagnetyczna" - poczuciem dyskomfortu psychicznego, osłabieniem, bólami i zawrotami głowy, bezsennością, zaburzeniami koncentracji i zapamiętywania, reakcjami nerwicowymi. Podobne zjawisko zaobserwowano w Polsce. Informacje o protestach ludzi zamieszkałych przy stacjach nadawczych i nierzetelne prace popularne owocują utwierdzeniem się w społeczeństwie przekonania o wyjątkowej szkodliwości pól elektromagnetycznych. W ten sposób problem medyczny przekształcił się w społeczny.

Wpływ PEM wysokiej częstotliwości na żywe komórki.

Przechwycenie przez ludzkie ciało energii fali elektromagnetycznej zwykle pociąga za sobą pewne zmiany biologiczne, których rodzaj, nasilenie i długość trwania zależą od natężenia, częstotliwości i czasu ekspozycji. Jednak interpretacja obserwowanych zjawisk nasuwa wiele trudności nawet doświadczonym badaczom, gdyż efekty działania pól elektromagnetycznych są na ogół słabe, przemijające, trudne do odtworzenia i powtórzenia.

Dobrym, choć oczywiście nie pozbawionym wad, modelem do badań nad wpływem pól elektromagnetycznych są żywe komórki izolowane z organizmu i hodowane in vitro. W wyniku pochłaniania energii pola elektromagnetycznego przez komórkę nie tylko może zmienić się rozłożenie ładunków elektrycznych czy stężenie jonów, ale nawet budowa złożonych cząsteczek, co oczywiście pociąga za sobą zaburzenia funkcji i działania całej komórki. I tak np. zaobserwowano zmianę uporządkowania cząsteczek DNA, a także intensywności niektórych reakcji biochemicznych, co prowadzi m.in. do powstania nadmiaru wolnych rodników. Wyniki te uzyskano jednak, stosując pola o natężeniach wielokrotnie przekraczających te, z którymi mamy do czynienia na co dzień. Wyniki tych badań wymagają jednak potwierdzenia.

Szczególnie wrażliwa na działanie pól elektromagnetycznych okazuje się błona komórkowa. Jej rolą jest m.in. stworzenie bariery między środowiskiem zewnętrznym i wewnętrznym, przez którą odbywa się transport w obie strony. W wyniku oddziaływania fal elektromagnetycznych o ściśle określonych częstotliwościach pojawiają się zaburzenia pracy pomp jonowych, aktywnego transportu, a nawet wpływ jonów przez błony komórkowe i nietypowe reakcje biochemiczne. Oznacza to, że komórka, która w istocie jest bardzo wydajną fabryką biochemiczną, przestaje sprawnie działać. Słabe pola elektromagnetyczne mogą zmieniać także przestrzenne rozłożenie receptorów komórkowych, a nawet ich kształty. Ten mechanizm wpływa prawdopodobnie na

skuteczność układu odpornościowego, który uaktywnia się dopiero wtedy, gdy receptory na komórkach immunologicznie kompetentnych rozpoznają intruza.

PEM a powstawanie nowotworów

Najważniejsze pytanie brzmi tak: czy obserwowany w hodowlach komórkowych niekorzystny wpływ promieniowania elektromagnetycznego rzeczywiście zagraża zdrowiu człowieka? A szczególnie interesują nas w tym kontekście choroby nowotworowe oraz rozwój płodu ludzkiego. Odpowiedzi na te kwestie dostarczają przede wszystkim badania epidemiologiczne. Przez wiele lat nie prowadzono systematycznych badań nad działaniem kancerogennym pól elektromagnetycznych, chociaż analizy epidemiologiczne wskazują, że co najmniej połowa wszystkich przypadków nowotworów złośliwych jest związana z rakotwórczymi czynnikami cywilizacyjnymi. Sytuacja zmieniła się w latach osiemdziesiątych, kiedy przedstawiono pierwsze wyniki takich obserwacji, wskazujące na zwiększone ryzyko zachorowania na niektóre postacie chorób nowotworowych u osób mieszkających w pobliżu linii przesyłowych, transformatorów oraz zawodowo narażonych na działanie pól mikrofalowych.

W ostatnich latach liczba prac prezentujących ten problem lawinowo wzrosła. Pomimo obszernego materiału dokumentacyjnego nie istnieją jednak wiarygodne dowody na bezpośredni związek działania fal elektromagnetycznych i rozwoju nowotworu, a przedstawiane rezultaty wzbudzają szeroką krytykę w kręgach naukowych.

Niektórzy twierdzą, że korelacja może być złudna i zależeć od jakiegoś innego, niezidentyfikowanego czynnika. Ale trudno też wykluczyć, iż pola elektromagnetyczne wpływają na rozwój nowotworów bądź bezpośrednio, bądź pośrednio, na przykład ułatwiając kumulację jakiegoś czynnika kancerogennego lub osłabiając układ odpornościowy. Dziś z pełną odpowiedzialnością można stwierdzić tyle, że jeśli ryzyko nowotworowe istnieje, dotyczy tylko niektórych rzadkich postaci chorób nowotworowych. Niemniej zdarzają się osoby o wyższym od przeciętnego stopniu ryzyka, np. osoby "nadwrażliwe" lub wystawione na działanie szczególnie niebezpiecznych kombinacji pól i czynników środowiskowych.

Fizjododzy, biolodzy i lekarze od dawna starają się określić prawdopodobieństwo zaburzeń zdrowotnych w wyniku oddziaływania konkretnego czynnika szkodliwego oraz określić odpowiednie normy bezpieczeństwa. Niestety, do tej pory nie udało się ustalić jednolitych norm dla pól elektromagnetycznych. Wynika to stąd, że przez długie lata wszystkie normy i propozycje ochrony przed promieniowaniem elektromagnetycznym, opracowywane w krajach zachodnich, opierały się na założeniu, że jedynym szkodliwym efektem jego działania są zjawiska termiczne. Dlatego np. przyjęta w USA dla całego zakresu mikrofal norm bezpieczeństwa była tysiącrotnie wyższa niż w ZSRR, tzn. dużo łagodniejsza. Obecnie w państwach europejskich normy te różnią się 10-50-krotnie. Nie budzi natomiast wątpliwości przyjęta od lat norma SAR (ilość energii pola pochłanianej przez jednostkę masy w jednostce czasu), równa 4 W/kg, jako graniczna dla wystąpienia znaczącego fizjologicznie efektu cieplnego.

Organizm człowieka jest bardzo skomplikowanym układem, którego sprawność zależy zarówno od czynników wewnętrznych, jak i zewnętrznych. Bez odpowiednich zdolności adaptacyjnych, kompensacyjnych i regeneracyjnych nie udałoby nam się przeżyć wśród zagrożeń zewnętrznych, takich jak toksyczne substancje chemiczne, zmienne i niekorzystne warunki fizyczne, różnorakie oddziaływania mutagenne środowiska, sytuacje stresowe o różnej intensywności czy wreszcie biologiczne czynniki patogenne, np. wirusy i bakterie. W tym świetle nie dziwią różnice w reakcjach na czynniki środowiska, w tym i na pola elektromagnetyczne. Zdarzają się osoby wyraźnie nadwrażliwe na działanie słabych pól elektromagnetycznych, co okazało się dopiero niedawno. Już na względnie słabe pola, nie powodujące u innych uchwytanych objawów, reagują one bólami głowy, podenerwowaniem, zaburzeniami snu, wahaniami ciśnienia tętniczego krwi, co obniża ich sprawność, a jeśli stan ów utrzymuje się długo i nakładają nań stresy zawodowe i środowiskowe, ich zdrowie systematycznie się pogarsza. Szacuje się, że około 1-2% społeczeństwa to ludzie nadwrażliwi, co jest związane najprawdopodobniej z nieprzeciętnie rozwiniętymi pewnymi obszarami mózgu lub ich wyjątkową czułością.

Aktywność biologiczna tych fal zależy od wielu czynników związanych zarówno z właściwościami fizycznymi samej fali, jak i ośrodka, przez który przechodzi. Fala elektromagnetyczna, przechodząc przez ciało, oddaje mu część swojej energii, może także ulec załamaniu, a jej część jest po prostu odbijana przez tkanki. Fale długie, o niskiej częstotliwości, wnikają głęboko do wnętrza organizmu, zanim ich energia zostanie pochłonięta, innymi słowy przechodzą przez ciało prawie bez strat, ale już mikrofały wytracają większość swojej energii na tkankach powierzchniowych. O właściwościach ciała decyduje głównie woda stanowiąca około 65% jego masy, która powoduje silne tłumienie rozchodzącej się fali. Tak więc tkanki o dużym uwodnieniu, takie jak mięśnie czy krew, przejmują energię znacznie silniej niż tkanki o małej zawartości wody. Ciekawe zjawisko powstaje, gdy rozmiary obiektu są porównywalne z długością padającej fali. Fala wnika wówczas w głąb z wielu stron, a dzięki zjawisku dyfrakcji także, co prowadzi do znacznej koncentracji energii w małej objętości wewnątrz obiektu. Zjawisko takie, znane w literaturze fachowej jako "hot spot", związane jest z tzw. rezonansowym pochłanianiem energii. Wykazano, że częstotliwość rezonansowa dla człowieka o wzroście 1.8 m wynosi od 47 MHz do 77 MHz, zależnie od tego, czy jest on izolowany elektrycznie, czy nie. Gdy atakuje go fala o takich parametrach, wartość pochłanianej energii zwiększa się od 5 do 10 razy w stawach, nogach. Dla głowy zjawiska rezonansu występują przy częstotliwościach 350-400 MHz, co jest bardzo ważną informacją dla konstruktorów sprzętu elektrycznego, takiego jak telefony komórkowe czy golarki. Źle zaprojektowane, mogą być niebezpieczne dla głowy, a także oczu.

W badaniach oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego w.cz. na ustrój żywy, wyróżnia się oddziaływanie:

- fizyczne,
- chemiczne,
- biologiczne
- fizjopatologiczne.

Mechanizm oddziaływania fizycznego tego promieniowania opiera się na zjawiskach polaryzacji: elektronowej, jonowej, dipoli cząsteczkowych, makrostrukturalnej i elektrolitycznej. Poza tym znaczącą rolę mają zjawiska: wzbudzania cząsteczek i zwiększania ich aktywności chemicznej, wytwarzanie rodników, osłabianie wiązań chemicznych, zmiany stopnia hydratacji, zmiany czasów relaksacji drgań atomów i ruchów rotacyjnych dipoli.

Efekty termiczne.

Jest to jeden z najlepiej zbadanych efektów oddziaływania promieniowania w.cz. na ustrój. W czasie ekspozycji na promieniowanie w.cz. część energii zostaje pochłonięta i zamieniona na ciepło. Obserwuje się 3 fazy:

- 1) początkowy, szybki wzrost temperatury o 1-2 C,
- 2) utrzymanie się temperatury przez pewien czas na tym samym poziomie,
- 3) ponowny, szybki wzrost temperatury, czasami prowadzący do koagulacji tkanek. Zjawisko to znalazło zastosowanie w terapii.

Do rozgrzewania głębiej leżących okolic organizmu używa się diatermii krótkofalowej (np. w celu wywołania przekrwienia). Jest to metoda, która wykorzystując pole elektromagnetyczne o częstotliwości ok. 27 MHz (właśnie, stąd okresowe zakłócenia na paśmie CB) oddziałuje na tkanki wytwarzając w nich ciepło. Głębokość tego oddziaływania jest zależna od częstotliwości oraz od kształtu elektrod. Diatermia krótkofalowa działa szczególnie na kości i wątrobę.

Efekty nietermiczne.

Jednym z efektów są zmiany morfologiczne w tkankach i narządach. Największą wrażliwość pod tym względem wykazują tkanki obwodowego i ośrodkowego układu nerwowego. Pod wpływem pola mogą powstać zmiany w połączeniach międzyneuronowych komórek kory mózgowej, stwierdza się również zmiany w strukturze samych komórek nerwowych. Pole elektromagnetyczne stanowi również zagrożenie dla prawidłowej czynności układu sercowo-naczyniowego. U ludzi narażonych występuje m.in.: zwolnienie rytmu serca, zaburzenia rytmu serca, obniżenie ciśnienia tętniczego.

Równie duże zainteresowanie wzbudza wpływ promieniowania elektromagnetycznego na

przebieg ciąży, bowiem świadomość niekorzystnego oddziaływania środowiska na organizm płodu jest dziś powszechna. Badania epidemiologiczne i obserwacje kliniczne zdają się wskazywać, że wpływ wszędobylskich pól na matkę i dziecko jest możliwy, ale interpretację obserwacji utrudnia duża liczba jednocześnie występujących szkodliwych czynników w pracy i w domu. Z badań przeprowadzonych w latach 1981-1988 w Instytucie Matki i Dziecka oraz Wojskowym Instytucie Higieny i Epidemiologii wynika, że niebezpieczne może być częste przebywanie w polach mikrofalowych o gęstości strumienia energii 10-40 mW/cm². Jeśli dotyczy to drugiej połowy ciąży, łączyć się może z mniejszą masą donoszonego płodu, ale nie zmienia czasu wystąpienia porodu. Wskutek przegrzania opóźnia się rozwój łożyska, zaburzona też zostaje przepuszczalność bariery łożyskowej, co bezpośrednio wpływa na rozwój płodu. Przegrzanie w czasie całej ciąży zwiększa wrażliwość potomstwa na promieniowanie X oraz zakażenia wirusowe i bakteryjne.

Stwierdzono też, że przewlekła zawodowa ekspozycja kobiet na pola elektromagnetyczne (np. praca przy zgrzewarkach, ale nie przy komputerach!) łączy się z częstszym występowaniem niektórych chorób, zwiększonym prawdopodobieństwem porodów przedwczesnych i wcześniejszym wygaśnięciem czynności jajników.

Wiele ważnych dla życia procesów, na przykład przewodnictwo bodźców nerwowych czy praca mięśnia sercowego, zachodzi na drodze elektrycznej. Teoretycznie pola elektromagnetyczne mogłyby je zaburzać, w badaniach doświadczalnych wykazano jednak, że ich oddziaływanie jest bardzo małe, a efekty biologiczne z punktu widzenia medycznego znikome. Podobnie rzecz się ma z takimi elementami ciała, jak końcowe segmenty pręcików siatkówki oka czy włókna mięśniowe, które ze względu na swoje fizyczne właściwości teoretycznie pod wpływem pól mogłyby zmienić swe uporządkowanie i położenie. W rzeczywistości nie dzieje się tak dlatego, że na co dzień stykamy się z polami o wiele za słabymi, by wywołać opisany efekt.

OCHRONA PRZED PROMIENIOWANIEM MIKROFALOWYM:

Głównymi źródłami promieniowania PEM w dolnym paśmie wysokich częstotliwości (0,1-300 MHz) są liczne urządzenia radiokomunikacyjne, takie jak: nadajniki radiowe i telewizyjne, radiotelefony i stacje przekaźnikowe, a także rozmaite techniczne urządzenia przemysłowe i medyczne (zgrzewarki, diatermie, nagrzewnice w.cz.). Jednakże w podstawowym paśmie mikrofalowym (0,3-300 GHz) koncentracja źródeł promieniowania, jak i ilość generowanej przez nie energii są istotnie większe, nie tylko ze względu na znacznie szersze pasmo. W tym zakresie częstotliwości działa bowiem zdecydowana większość bezprzewodowych środków i systemów łączności, obejmująca: wyższe pasma telewizyjne, radiolinie, radiotelefony, telefonię komórkową, bezprzewodowe sieci komputerowe WLAN (Wireless LAN), komunikację w podczerwieni, nagrzewnice mikrofalowe oraz różnorodne grzewcze urządzenia kuchenne i suszące. Powszechność i gęstość budowanych obecnie sieci bezprzewodowych RLL (Radio Local Loop), WLL (Wireless Local Loop) czy komputerowych WLAN powodują, że liczba nowych źródeł promieniowania radiowego zarówno stacjonarnych, jak i mobilnych (przewoźnych i przenośnych) narasta lawinowo, powiększając w podobny sposób liczbę osób ekspozowanych na te pola.

W Polsce normą prawną, która reguluje sprawy związane z projektowaniem, produkcją, eksploatacją oraz utylizacją urządzeń emitujących promieniowanie elektromagnetyczne jest ustawa o ochronie i kształtowaniu środowiska (Dz.U. Nr.3, poz.6). Rozszerzeniem ustawy jest rozporządzenie Rady Ministrów w dn. 5 listopada 1980 r. w sprawie szczegółowych zasad ochrony przed elektromagnetycznym promieniowaniem niejonizującym szkodliwym dla ludzi i środowiska. Zarządzenie to nakłada na jednostki organizacyjne i osoby fizyczne projektujące, produkujące, instalujące oraz użytkujące urządzenia wytwarzające PEM obowiązek maksymalnego ograniczania zagrożenia przez nie środowiska i zdrowia ludzi.

W Polsce ustawowo sprecyzowano pojęcie stref ochronnych dla PEM, wraz z ograniczeniami dla przebywania ludzi w PEM o podwyższonym natężeniu. Normy te definiują strefy ochronne wokół źródeł promieniowania, oddzielnie dla ogółu populacji (dwie strefy ochrony środowiska o zróżnicowanym zagrożeniu: stopnia pierwszego i drugiego) oraz dla osób profesjonalnie związanych ze środowiskami pracy o zwiększonym zagrożeniu zdrowia bądź życia (tabele 1 i 2).

Zakres częstotliwości [GHz]	Wartości graniczne gęstości mocy [W/m ²]	
	Strefa ochronna I stopnia	Strefa ochronna II stopnia
0.3 – 300 (pole stacjonarne)	Powyżej 0.1 W/m ²	0.025 – 0.1 W/m ²
0.3 – 300 (pole nie stacjonarne)	Powyżej 1 W/m ²	0.25 – 1 W/m ²

Nazwa strefy ochronnej stanowiska pracy	Wartości graniczne gęstości mocy dla częstotliwości 0.3 - 300 GHz [W/m ²]	Dopuszczalny czas przebywania
Bezpieczna	< 0.1 pole niestacjonarne < 1 pole stacjonarne	Bez ograniczeń
Pośrednia	0.1 – 2 pole stacjonarne 1 – 10 pole niestacjonarne	Jedna zmiana robocza
Zagrożona	2 – 100 pole stacjonarne 10 – 100 pole niestacjonarne	Ograniczony czas przebywania
Niebezpieczna	> 100	Zakaz przebywania

Zgodnie z obowiązującymi przepisami w obszarze otaczającym pracujące urządzenia radiolokacyjne wyróżnia się trzy strefy ochronne: strefę pośrednią, strefę zagrożoną i strefę niebezpieczną. Obszar poza strefami ochronnymi stanowi strefę bezpieczną. Granice poszczególnych stref określa się w drodze pomiarów wartości średniej strumienia energii w zakresie częstotliwości od 300 MHz do 300 GHz o w zależności od sposobu promieniowania. Na obszarze stref ochronnych mogą przebywać wyłącznie osoby, u których w wyniku przeprowadzonych badań lekarskich nie stwierdzono przeciwwskazań zdrowotnych do przebywania w zasięgu silnych PEM. W strefie pośredniej mogą przebywać pracownicy zatrudnieni przy produkcji, naprawach, przeglądach i obsłudze urządzeń w czasie całego dnia pracy, w strefie zagrożenia pracownicy mogą przebywać przez czas ograniczony, w strefie niebezpiecznej przebywanie ludzi bez stosowania środków ochrony osobistej jest zabronione. Obszar strefy wyznacza graniczne wartości poziomów natężenia pól elektrycznych (V/m) lub gęstość mocy mikrofalowej (W/m²) o bardziej reprezentatywnej dla PEM o wyższych częstotliwościach emisji. Praca lub okresowe przebywanie osób wewnątrz stref ochronnych wiąże się z koniecznością podjęcia konkretnych środków zaradczych nazywanych ogólnie ochroną przed napromieniowaniem.

DOPUSZCZALNE POZIOMY ELEKTROMAGNETYCZNEGO PROMIENIOWANIA NIEJONIZUJĄCEGO CHARAKTERYZOWANE POPRZEZ WARTOŚCI GRANICZNE WIELKOŚCI FIZYCZNYCH

Wielkość fizyczna Zakres częstotliwości promieniowania		Składowa elektryczna	Składowa magnetyczna	Gęstość mocy	Gęstość prądu jonowego
Lp.	1	2	3	4	5
1	pola stałe	16 kV/m	8 kA/m	-	100 nA/m ²
2	pola 50 Hz	10 kV/m	80 A/m	-	-
3	0,001-0,1 MHz	100 V/m	10 A/m	-	-
4	powyżej 0,1 do 10 MHz	20 V/m	2 A/m	-	-
5	powyżej 10 do 300 MHz	7 V/m	-	-	-
6	powyżej 300 do 300.000 MHz	-	-	0,1 W/m ²	-

Zagrożenia ze strony telefonii komórkowej.

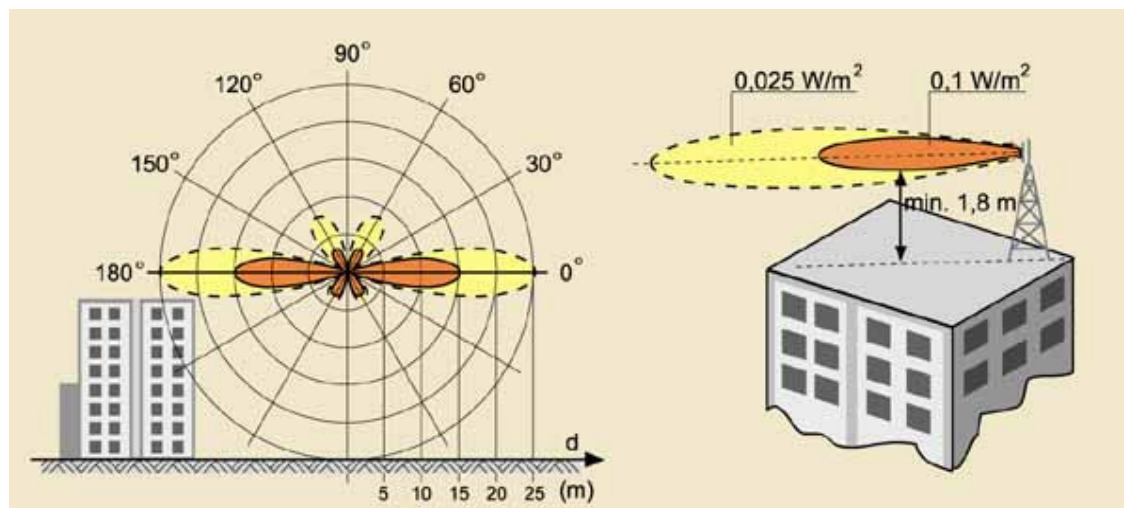
Gwałtowny rozwój w ostatnich latach radiokomunikacji ruchowej, a zwłaszcza infrastruktury telefonii komórkowej, powiększył w istotny sposób ekspozycję na oddziaływanie w zakresie mikrofal. Olbrzymia liczba instalowanych corocznie w Europie komórkowych stacji bazowych BS (Basic Station) pracuje w pasmach 450, 900 i 1800 MHz, a przecież jest również cały szereg innych źródeł emisji promieniowania mikrofalowego w komunikacji bezprzewodowej. Według Światowej Organizacji Zdrowia średnia gęstość mocy PEM docierająca do powierzchni Ziemi z kosmosu osiąga $1,4 \times 10^{-7}$ W/m², natomiast poziom tła elektromagnetycznego pochodzącego ze źródeł sztucznych, czyli wytwarzanych przez człowieka, ma (lata siedemdziesiąte) wartość 10^{-2} - 10^{-3} W/m² i nadal rośnie za przyczyną dalszego rozwoju technologii radiodifuzji i radiokomunikacji.

W telefonii komórkowej, podobnie jak w innych sposobach bezprzewodowej komunikacji porozumiewawczej, występują dwa rodzaje możliwych ekspozycji, związanych z odmiennym generowaniem promieniowania PEM przez stacje bazowe i terminale ruchowe MS (Mobile Station). Łączność między przemieszczającym się użytkownikiem telefonu komórkowego najpopularniejszej sieci GSM 900, a stacją bazową odbywa się w paśmie 890-915 MHz, natomiast między stacją bazową a telefonem - w paśmie 935-960 MHz.

Stacje bazowe BS. Najliczniejszym elementem infrastruktury telefonii komórkowej powodującym emisję fal radiowych są stacje bazowe BS, instalowane w miastach na wysokich budynkach, także na budynkach mieszkalnych bądź wolno stojących konstrukcjach. Pomimo stosunkowo dużych mocy maksymalnych nadajników stacji bazowych (50 W dla NMT450, 25 W dla NMT 900, 160 W dla GSM 900 oraz 20 W dla GSM 1800 - choć moce wypromieniowane są nieco mniejsze) silnie kierunkowe charakterystyki pionowe anten powodują bardzo płaską emisję wiązki promieniowania, co nie powinno generować stref ochronnych II stopnia (o wyższych wymaganiach) pod masztami antenowymi. Według obecnie obowiązujących w Polsce przepisów dla urządzeń nadawczych telefonii komórkowej wartość gęstości mocy może przekraczać 0,1 W/m² dopiero powyżej 1,8 m ponad powierzchnią ogólnie dostępną dla ludności (a więc i dachem budynku mieszkalnego).

Anteny mogą być zainstalowane na rogach dachu budynku bądź na maszcie, z dala od krawędzi dachu. W pierwszym przypadku niezależnie od wysokości zawieszenia anten promieniowanie zarówno w strefie I, jak i II wychodzi poza obszar dachu, promieniowanie strefy II

zaczyna się poza krawędzią dachu i kończy się około 60 metrów poza budynkiem. Jeżeli anteny są zawieszone na maszcie na szczycie budynku, strefy I i II występują ponad dachem. Obie strefy dla poszczególnych anten rozciągają się w kierunkach ich ustawienia i oczywiście zależą od kąta odchylenia od poziomu anteny. Jeżeli środek anten nadawczo-odbiorczych znajduje się na wysokości nie niższej niż 7 metrów, wówczas granica strefy II jest co najmniej 2,5 metra ponad dachem. Dla umieszczonej na dachu anteny przyjmuje się, że tłumienie sygnału po przejściu przez dach wynosi nie mniej niż 20 dB. Zatem gęstość mocy promieniowania tuż pod sufitem ostatniego piętra wynosi najwyżej 0,0001 W/m², czyli 250 razy mniej niż przyjęta wartość graniczna bezpieczeństwa dla zdrowia ludzi i środowiska.



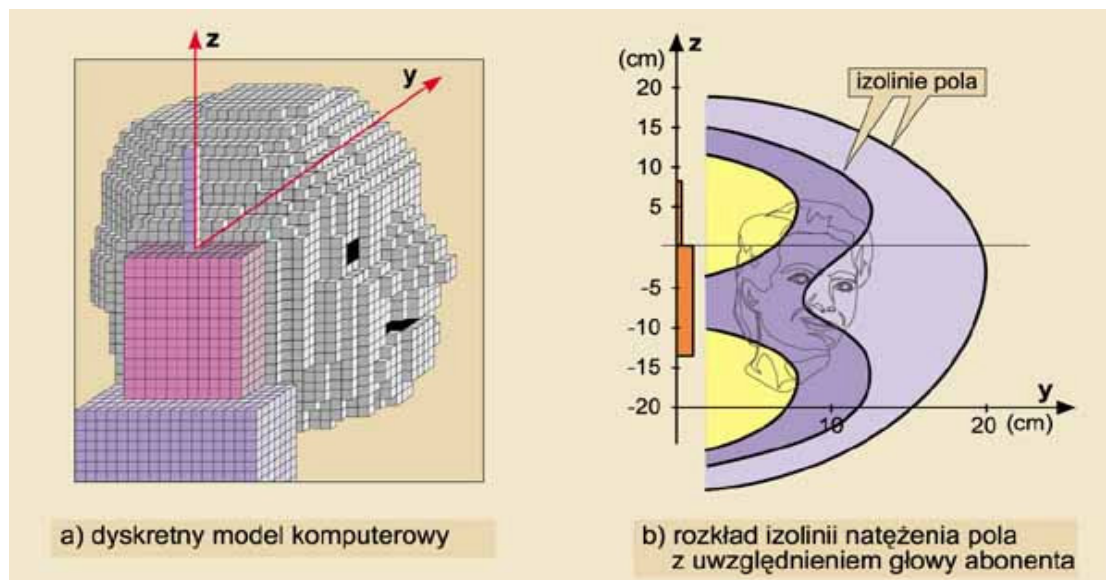
Terminale ruchome MS. O ile przebadanie charakterystyk emisji (poziomych i pionowych) w otoczeniu stacji bazowych oraz ustalenie zasięgu ewentualnych stref ochronnych wokół masztów nie stanowią większych trudności metrologicznych, o tyle obiektywne pomiary promieniowania telefonów komórkowych są trudniejsze. Rzeczywiste charakterystyki promieniowania terminali ruchomych podczas sesji nadawania silnie zależą od sposobu przyłożenia telefonu do głowy, usytuowania bądź uniesienia ręki użytkownika stanowiącej przeciwwagę anteny, indywidualnej przewodności płynów w organach wewnętrznych człowieka, także rodzaju okularów i innych elementów znajdujących się w bezpośrednim otoczeniu promiennika anteny terminalu.

Pomimo niewielkich mocy nadawania popularnych kieszonkowych terminali ruchomych MS w systemach bezprzewodowych (1,5 W dla NMT 450/900, 2 W dla GSM 900 oraz 1 W dla GSM 1800), podwyższona radiacja wokół anten telefonów komórkowych nie jest zjawiskiem bagatelnym, gdyż obejmuje swym zasięgiem głowę. Zmniejszeniu napromieniowania sprzyjają kierunkowe anteny aparatu komórkowego, emitujące pole PEM anizotropowo - wyłącznie od zewnętrznej strony głowy, oraz emisja fal radiowych jedynie w momentach rzeczywistej rozmowy.

Jednocześnie nie do pominięcia jest fakt, że w większości aparatów komórkowych następuje automatyczna adaptacja promieniowanej mocy antenowej do optymalnego poziomu (najmniejsza moc niezbędna do prowadzenia rozmowy bez zakłóceń), dyskretnie i samoczynnie zmienianej w trakcie realizacji połączenia. Jest oczywiste, że ze względów higienicznych lepiej korzystać z telefonu komórkowego znajdując się w pobliżu stacji bazowej, niż łączyć się z pełną mocą nadajnika aparatu przenośnego przy słabym sygnale stacji bazowej.

Wiele publikacji na ten temat wskazuje jednak, że podczas korzystania z telefonu komórkowego istnieją sytuacje, w których możliwe są przekroczenia dopuszczalnych ekspozycji PEM dla tego środowiska, a więc występowanie szkodliwych stref ochronnych w bezpośredniej odległości lub wewnątrz głowy człowieka. Zwłaszcza w przypadkach, gdy spełnione są warunki brzegowe powstawania odpowiednich pól rezonansowych, powodujących generowanie wtórnego PEM przez złożone układy promieniujące. Szczegółowe i długotrwałe badania, prowadzone w laboratoriach przy wykorzystaniu komputerowych modeli głowy, ręki, telefonu i ich rozmaitej

wzajemnej geometrii, zdają się potwierdzać przypuszczenia, że wtórne częstotliwości rezonansowe, powstające w konkretnych sytuacjach podczas pracy, mogą powodować niedopuszczalne zwiększenie promieniowania. Jak do tej pory brak jest jednoznacznego stanowiska, czy długotrwałe używanie telefonu komórkowego wpływa negatywnie na organizm człowieka i w jaki sposób. Stanowczo nie można jednak tego wykluczyć.



Podsumowując: przy obecnym stanie wiedzy zdecydowana odpowiedź na pytanie, czy pola elektromagnetyczne są niebezpieczne dla zdrowia, nie jest możliwa. Bardzo dużo zależy od częstotliwości fali, jej mocy, czasu ekspozycji i odległości od źródła. Pomijając niektóre częstotliwości, naukowcy i lekarze skłaniają się ku opinii, że oddziaływanie biologiczne pól elektromagnetycznych jest niewielkie, ale świadomość istnienia nawet niewielkiego zagrożenia jest ważna i powinna być wykorzystana do racjonalnej ochrony przed ich działaniem. Praca z komputerem czy przygotowanie obiadu w kuchni mikrofalowej to nic groźnego, ale długotrwałe przebywanie w pobliżu wojskowych urządzeń radarowych, krótkofalowej stacji nadawczej i jednocześnie wielogodzinne rozmowy przez komórkę mogą jednak zaszkodzić.

Materiały:

“Wpływ telefonii komórkowej na zdrowie człowieka” Stefan Kuciński

“Komórkowy ból głowy” Adam Urbanek www.networld.pl

“Stacje bazowe telefonii komórkowej

fakty i mity” dr inż. Marek Szuba

“Oddziaływanie pola elektromagnetycznego na organizm ludzki” dr Erwin Strzesak

“Promieniowanie elektromagnetyczne” Piotr Sulikowski

“ROZPORZĄDZENIE MINISTRA OCHRONY ŚRODOWISKA, ZASOBÓW NATURALNYCH I LEŚNICTWA z dnia 11 sierpnia 1998 r. w sprawie szczegółowych zasad ochrony przed promieniowaniem szkodliwym dla ludzi i środowiska, dopuszczalnych poziomów promieniowania, jakie mogą występować w środowisku, oraz wymagań obowiązujących przy wykonywaniu pomiarów kontrolnych promieniowania.” (Dz.U.98.107.676 z dnia 20 sierpnia 1998 r.)

oraz trochę własnej wiedzy wyniesionej ze studiów :)

Koło Naukowe
FAZA

<http://www.ee.pw.edu.pl/faza>