

Stanisław Marzec

Institut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu

Adam Stawowy

Polkomtel S.A.

Narażenie ludności na pole elektromagnetyczne anten telefonii komórkowej

Streszczenie

W artykule przedstawiono charakterystykę promieniowania elektromagnetycznego anten sektorowych stacji bazowych telefonii komórkowej systemu GSM. Przeanalizowano warunki ekspozycji ludności na ten czynnik oraz określono ryzyko zdrowotne z tym związane. Porównano przepisy krajowe polskie i zagraniczne, określające dopuszczalne narażenie ludności na pole mikrofalowe. Stwierdzono, że polskie przepisy w tym względzie należą do najbardziej restrykcyjnych i dopuszczają narażenie ludności na poziomy kilkadziesiąt razy mniejsze niż np. przepisy amerykańskie, niemieckie czy japońskie. Wykazano na przykładach, że mimo tak znacznych obostrzeń przepisów polskich, ekspozycja ludności na pola elektromagnetyczne emitowane przez anteny telefonii komórkowej instalowane na terenie kraju, jest niewielka, znacznie poniżej maksymalnych wartości dopuszczalnych.

Słowa kluczowe: pola elektromagnetyczne, telefonia komórkowa, stacje bazowe

Abstract

This publication presents characteristics of an electromagnetic field emitted by mobile telecommunication devices, mainly base stations sector antennas. The conditions of people exposition to that factor are analyzed and the corresponding health risk is evaluated. Polish and other countries' regulations concerning admissible people exposition to microwave radiation are compared. Polish regulations occur to be the most restrictive in this domain, admitting several times lower exposition than American, German or Japanese ones. Despite of such limitations in country's regulations, actual people's exposition to electromagnetic fields, emitted by mobile telecommunication antennas on Polish area is very little, much below maximum admissible values.

Keywords: electromagnetic fields, cell phone, base stations

1. Wstęp

W 1982 roku Europejska Konferencja Administracji Poczтовых i Telekomunikacji (CEPT) powołała grupę roboczą GSM (z fr. *Groupe Spéciale Mobile*), która miała za zadanie stworzyć pierwszy cyfrowy system telefonii komórkowej, przeznaczony dla całej Europy. Zaprojektowany został jako system do transmisji mowy i danych, z możliwością integracji z siecią ISDN oraz sieciami danych. System ten ciągle się rozwija i obecnie umożliwia nie tylko prowadzenie rozmów, ale również przesyłanie krótkich wiadomości SMS (z ang. *Short Message Services*), kursów walut, notowań giełdowych, nawet możliwość połączenia z Internetem [1].

Początkowo, zgodnie z założeniem, system GSM pracował w paśmie częstotliwości 900 MHz (tzw. GSM 900). W 1990 r. rozpoczęły się prace nad rozwojem standardu działającego w paśmie 1800 MHz – nazwanym systemem DCS 1800 (z angielskiego Digital Communication System at 1800 MHz), obecnie zwanym systemem GSM 1800. W 1992 r. w Finlandii powstała pierwsza komercyjna sieć GSM 900 MHz, a od 1994 r. w Wielkiej Brytanii działa sieć GSM 1800. W Polsce sieć GSM 900 powstała w roku 1996.

Obecnie telefonia komórkowa jest jednym z najbardziej wykorzystywanych wynalazków w codziennym życiu. Już 2,6 mld osób na świecie posługuje się telefonem komórkowym. Od 2000 roku liczba abonentów telefonów komórkowych na świecie wzrosła ponad trzykrotnie. W krajach uprzemysłowionych z komórek korzysta ponad 86% ludności.

Wraz z powstaniem systemu GSM, pojawił się problem ewentualnego zagrożenia człowieka polem elektromagnetycznym wysokiej częstotliwości, emitowanym przez urządzenia telefonii komórkowej.

2. Działanie pola elektromagnetycznego urządzeń telefonii komórkowej na organizm ludzki

Nowoczesne urządzenia telefonii komórkowej emitują podstawowe częstotliwości 900 MHz lub 1800 MHz, które służą do łączności między telefonami komórkowymi a antenami stacji bazowych. Poza tym występują wyższe częstotliwości, sięgające do około 40 MHz, emitowane przez anteny radiolinii, służącymi do łączności między antenami radiolinii stacji bazowych. Z charakterystyki anten [4, 5] wynika, że na ludność może działać pole elektromagnetyczne anten sektorowych, natomiast promieniowanie anten radiolinii jest wysoce kierunkowe i praktycznie nie dociera do miejsc dostępnych dla ludności.

Problem biologicznego działania pól elektromagnetycznych, a zwłaszcza jego skutków zdrowotnych, jest przedmiotem zainteresowania od ponad 100 lat. Opub-

likowano na ten temat około 40 tysięcy prac, a od 1980 roku opublikowano ponad 8 tysięcy artykułów z dziedziny bioelektromagnetyzmu. Uważa się zgodnie, że bardzo silne pola elektromagnetyczne powodują negatywne skutki w organizmie ludzkim. Natomiast wątpliwości budzą ewentualne skutki zdrowotne, które mogą spowodować pola o wartościach spotykanych w środowisku komunalnym i na stanowiskach pracy, w tym również pola emitowane przez anteny i telefony komórkowe. Obecnie obserwuje się zaniepokojenie społeczne w związku z możliwością niekorzystnych skutków działania słabych pól elektromagnetycznych, pochodzących głównie od anten stacji bazowych telefonii komórkowej. W celu ochrony ludności opracowano zasady reglamentacji pól elektromagnetycznych, określono dopuszczalne wartości narażenia ludzi w środowisku pracy i komunalnym oraz zasady kontroli ekspozycji na ten czynnik.

W celu określenia szkodliwego działania pola elektromagnetycznego na organizm człowieka wprowadzono dwa kryteria oceny: termiczne i nietermiczne [2, 3]. Kryterium termiczne uwzględnia wzrost temperatury tkanki, pochłaniającej promieniowanie elektromagnetyczne. Parametrem opisującym działanie termiczne pola jest współczynnik SAR (*Specific Absorption Rate*), określający ilość energii promieniowania pochłoniętej przez 1 kg masy tkanki, w ciągu jednej sekundy. Jednostką współczynnika SAR jest W/kg. Stwierdzono, że efekt termiczny odgrywa istotną rolę w przypadku działania pól wysokiej częstotliwości, w tym pól emitowanych przez telefonię komórkową. Z badań teoretycznych i na modelach doświadczalnych wynika, że dla przeciętnego człowieka pole elektromagnetyczne o wartości SAR = 4 W/kg może spowodować wzrost temperatury ciała średnio o nie więcej niż 0,1–0,3°C. Jest to wzrost niewielki i nie zagrażający zdrowiu, jednak zostaje już uruchomiony mechanizm termoregulacji. Poza tym jest to średni przyrost temperatury ciała, natomiast mogą powstawać tzw. gorące punkty, w których wzrost temperatury może być wyższy. Pracownik może również przebywać w gorącym mikroklimacie, który dodatkowo zwiększy ilość ciepła docierającego do organizmu. Dlatego wprowadzono margines bezpieczeństwa, obniżając 10-krotnie dopuszczalną wartość SAR dla pola działającego na pracowników – do poziomu 0,4 W/kg. W przypadku pola działającego na ogół ludności, wprowadzono dodatkowy współczynnik bezpieczeństwa 5, obniżając dopuszczalną wartość SAR do poziomu 0,08 W/kg.

Działanie nietermiczne pola elektromagnetycznego polega na wywoływaniu zmian niewynikających ze wzrostu temperatury tkanki, takich jak zmiany w układzie nerwowym, neurohormonalnym, swoistym i nieswoistym układzie odporności immunologicznej. Z przeprowadzonych badań wynika, że dla pola wysokiej częstotliwości o gęstości mocy poniżej 40 W/m² obserwuje się liniową zależność efektu biologicznego od gęstości mocy pola, natomiast powyżej tej wartości przebieg odbiega już od zależności liniowej. Dla celów ochrony pracowników przed polami mikrofalowymi, przyjęto maksymalną gęstość mocy pola na poziomie

0,1 W/m². Należy zaznaczyć, że zaobserwowanie objawu nietermicznego działania pola, nie oznacza tym samym, że objaw ten świadczy o szkodliwym dla zdrowia działaniu pola.

Wśród ludności ekspozowanej na działanie pól wysokiej częstotliwości, notowane są objawy subiektywne, takie jak zaburzenia snu, bezsenność, bóle i zawroty głowy, nudności, brak możliwości skupienia i koncentracji, częściowa utrata pamięci, pogorszenie wzroku, zmiana ciśnienia krwi, migreny, zmęczenie nieadekwatne do wysiłku (objaw często występujący u dzieci i młodzieży), osłabienie, zakłócenia w działaniu rozrusznika serca, zaburzenia równowagi [3]. Szczególnie zainteresowanie i niepokój budzi powiązanie różnych chorób, zwłaszcza nowotworowych, z ekspozycją na promieniowanie anten i telefonów komórkowych. Badania epidemiologiczne oraz analizy teoretyczne, prowadzone w wielu ośrodkach na świecie, nie wykazały jednak, aby istniał jakikolwiek związek między stanem zdrowia ludności, a ekspozycją na pola elektromagnetyczne emitowane przez anteny telefonii komórkowej. Dlatego obowiązujące przepisy regulujące narażenie ludności na pola elektromagnetyczne, ulegają stopniowemu złagodzeniu i pozwalają na ekspozycję ludności na pola o coraz większym natężeniu.

3. Przepisy dotyczące ochrony ludności przed promieniowaniem anten telefonii komórkowej

W celu ochrony ludzi i środowiska przed polem elektromagnetycznym, ustanowiono odpowiednie przepisy prawne. Przepisy te uwzględniają stałe przebywanie ludzi w zasięgu pola, w tym dzieci, kobiet ciężarnych, osób starszych i chorych. Początkowo większość krajów zachodnich oraz USA oparło swoje kryteria na efekcie termicznym. Przestrzeganie norm tych krajów zapewni, z odpowiednim marginesem bezpieczeństwa, zachowanie praktycznie niezmienionej temperatury tkanek ludzi znajdujących się w polu elektromagnetycznym. Przepisy polskie oparte były na kryteriach biologicznych, eliminujących nie tylko wzrost temperatury, ale nawet wystąpienie objawów nietermicznych, pojawiających się jak wspomniano wyżej, przy znacznie mniejszych natężeniach pól niż wzrost temperatury. Z tego powodu istniały znaczne różnice między dopuszczalnymi poziomami natężenia pola elektromagnetycznego w krajach Europy Zachodniej i Wschodniej, w tym w Polsce [2]. Obecnie te różnice uległy zmniejszeniu, ponieważ kraje zachodnie uwzględniają również w pewnym stopniu działanie nietermiczne pola, a kraje wschodnie zrezygnowały z nadmiernych obostrzeń.

Zgodnie z obowiązującym obecnie w Polsce rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r., w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania

tych poziomów (Dz. U. nr 192, poz. 1883) [13], w miejscach dostępnych dla ludności gęstość mocy pola elektromagnetycznego o częstotliwości z zakresu 300 MHz – 300 GHz (emitowanego przez anteny telefonii komórkowej), nie powinna przekraczać $0,1 \text{ W/m}^2$, co odpowiada natężeniu składowej elektrycznej 7 V/m .

Dla porównania wymagań obowiązujących w niektórych krajach w zakresie ochrony ludności przed polami mikrofalowymi, w tabeli 1 zestawiono wartości dopuszczalnych gęstości mocy promieniowania dla częstotliwości GSM 900 i DCS 1800 [12]. Jak widać, najbardziej restrykcyjne przepisy obowiązują w Polsce i na Węgrzech, natomiast w Niemczech dopuszczalny poziom jest aż 45 razy większy, a w Stanach Zjednoczonych – nawet 60 do 120 razy większy niż w Polsce.

Tab. 1. Maksymalnie dopuszczalny dla ogółu ludności poziom gęstości mocy pola elektromagnetycznego w wybranych krajach

Kraj	Częstotliwość pola	
	900 [MHz]	1800 [MHz]
USA	6 [m^2]	12 [W/m^2]
NIEMCY	4,5 [W/m^2]	4,2 [W/m^2]
JAPONIA	3 [W/m^2]	6 [W/m^2]
WŁOCHY	1 [W/m^2]	1 [W/m^2]
POLSKA	0,1 [W/m^2]	0,1 [W/m^2]
WĘGRY	0,1 [W/m^2]	0,1 [W/m^2]

Źródło: W. Kiciński, A. Żera, Pole elektromagnetyczne w środowisku człowieka, II Konferencja Naukowo-Techniczna „EKOLOGIA W ELEKTRONICE”, Warszawa 2002

4. Charakterystyka pola elektromagnetycznego urządzeń telefonii komórkowej

Na terenach obsługiwanych przez operatora telefonii komórkowych wyodrębnione są większe lub mniejsze obszary, określane pojęciem makro- i mikrokomórek, w zależności od powierzchni, jaką obejmują swym zasięgiem. W środku komórek znajdują się stacje bazowe, które posiadają anteny sektorowe, do łączności z telefonami naziemnymi, używanymi przez ludność i anteny radiolinii, służące do łączności z sąsiednimi stacjami bazowymi. Na typowym maszcie stacji bazowej antena sektorowa emituje promieniowanie w płaszczyźnie poziomej w kącie 120° , co odpowiada $1/3$ wycinka koła, dlatego stacja posiada zwykle 3 anteny sektorowe, zamocowane na wysokości około 30–50 m nad poziomem terenu.

Stacje bazowe są bardzo gęsto skupione w mieście. Muszą one emitować mniejszą moc, aby wzajemnie się nie zakłócać, tym samym mają mniejszy zasięg. Na obszarach, gdzie połączenia sieciowe są mniej liczne, stacje bazowe rozmieszczone są rzadziej, zaś anteny emitują większą moc niż na terenach miejskich. W praktyce moce, z jakimi pracują anteny na terenie o małej ilości połączeń, wynoszą maksymalnie około 16–40 W, zarówno dla pasma 900, jak i 1800 MHz, natomiast w obszarach o dużej ilości połączeń, wartości mocy anten wynoszą 1–2 W. Typowa maksymalna moc anteny sektorowej emitującej pole o częstotliwości 900 MHz sięga 500 W.

Maksimum promieniowania anten sektorowych skierowane jest pod kątem 5° – 9° poniżej poziomu, tak by w odległości 50–200 m od anteny osiągnąć powierzchnię ziemi. Natężenie promieniowania w tym miejscu jest kilkadziesiąt razy mniejsze niż pochodzące od telefonu komórkowego, w odległości około 2,5 cm od jego anteny.

Anteny zlokalizowane na dachach budynków, montowane są na takiej wysokości na masztach, aby niemożliwe było znalezienie się przypadkowych ludzi na kierunku promieniowania anten.

W bezpośrednim otoczeniu anten emitowane promieniowanie elektromagnetyczne może osiągać natężenie na poziomie uznawanym za biologicznie aktywne. Podwyższone promieniowanie może występować również poza tymi obiektami, także w miejscach nakładania się oddziaływań kilku źródeł.

5. Analiza narażenia ludności na pole elektromagnetyczne anten telefonów komórkowych

Od wielu lat szczególne emocje związane są z promieniowaniem elektromagnetycznym. Można nawet przyjąć, że społeczeństwo zaczyna prześladować pewnego rodzaju elektrofobia, czyli strach przed wszechobecnymi polami elektromagnetycznymi. Jedną z przyczyn rosnącego zainteresowania problematyką oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego na ludzi jest gwałtowny rozwój systemów telefonii komórkowej. Artykuły dotyczące szkodliwego oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego na ludzi można spotkać w wielu wydawnictwach skierowanych do szerokiej rzeszy odbiorców. Jednak w większości są to artykuły pseudonaukowe, ujawniające niewiedzę autorów o złożonych problemach związanych z emisją pola elektromagnetycznego pochodzącego od anten nadawczych stacji bazowej i jego działaniem na organizm ludzki, a także obowiązujących przepisów dotyczących ochrony pracowników i ludności przed promieniowaniem elektromagnetycznym. Niekiedy wynika to po prostu z dziennikarskiej nierzetelności,

z chęci znalezienia sensacyjnego materiału, podniesienia atrakcyjności pisma, a czasami jest to manipulowanie opinią publiczną [7].

Należy zaznaczyć, że działanie pola elektromagnetycznego emitowanego przez antenę jest inne niż pola telefonu komórkowego. Telefon komórkowy emituje stosunkowo silne pole, działające głównie na głowę rozmawiającego podczas prowadzenia rozmowy. Natomiast pole anteny emitowane jest ciągle, działa na całe ciało człowieka, lecz jego natężenie w miejscu przebywania ludzi jest co najmniej kilkadziesiąt, a na ogół kilkaset razy mniejsze niż pole pochodzące od telefonu komórkowego.

Z danych uzyskanych od operatorów telefonii komórkowej wynika, że budowa prawie połowy stacji bazowych telefonii komórkowej w Polsce spotkała się z protestami mieszkańców okolicznych domów. Główną przyczyną protestów jest obawa o zdrowie. Badania ankietowe prowadzone na świecie wskazują, że mieszkańcy okolic stacji bazowych zgłaszają liczne subiektywne dolegliwości, takie jak zaburzenia snu, niepokój, nerwowość, zaburzenia koncentracji, bóle głowy, itp. lecz ich występowanie zależy nie tyle od wielkości narażenia na pola anten (niekiedy pojawiają się już po zamontowaniu masztów, bez anten na masztach lub gdy anteny są nieczynne), a raczej wynika z obawy przed negatywnymi skutkami ekspozycji na pole. Poza tym dolegliwości te mogą też być spowodowane przez domowy sprzęt emitujący promieniowanie elektromagnetyczne, np. komputery, telewizory, kuchenki mikrofalowe.

Należy pamiętać, że brak anten telefonii komórkowej w pobliżu mieszkań, nie oznacza, że w mieszkaniach tych nie występuje pole elektromagnetyczne. Tło elektromagnetyczne poza wielkimi miastami, pochodzące od licznych, wytworzonych przez człowieka urządzeń, jest około 1000 razy większe od naturalnego pola elektromagnetycznego. Jeszcze większy jest poziom wielkomiejskiego tła elektromagnetycznego.

Przed uzyskaniem pozwolenia na budowę stacji bazowej, na etapie procesu projektowego, na ogół konieczny jest raport o oddziaływaniu projektowanej stacji na środowisko. Zgodnie z aktualnie obowiązującą ustawą o ochronie środowiska [14], wyróżnia się przedsięwzięcia, wobec których obligatoryjnie wymagane jest sporządzanie raportu o oddziaływaniu na środowisko (tzw. przedsięwzięcia grupy A) oraz przedsięwzięcia, wobec których sporządzanie takiego raportu wymagane jest fakultatywnie (przedsięwzięcia grupy B). Do przedsięwzięć grupy A należą m.in. instalacje radiokomunikacyjne, emitujące pola elektromagnetyczne o częstotliwości od 30 kHz do 300 GHz, których równoważna moc promieniowana izotropowo wynosi co najmniej 100 W, a więc obejmujące również promieniowanie anten telefonii komórkowej. W przypadku, gdy moc emitowanego pola wynosi od 15 W do 100 W, wówczas przedsięwzięcie należy do grupy B.

Przy ustalaniu warunków lokalizacji stacji bazowej przyjmuje się wariant najkorzystniejszy dla środowiska, biorąc pod uwagę takie czynniki jak:

- konieczność lokalizacji nowej stacji w określonym miejscu,
- ingerencja w grunt,
- używanie ciężkiego sprzętu podczas robót ziemnych,
- wycinka drzew i krzewów.

Wysokość oraz układ anten sektorowych i ich konstrukcje wsporcze są tak projektowane, aby emitowane przez nie promieniowanie nie przekraczało wartości dopuszczalnych dla postronnych osób mogących się znaleźć w obszarze ich działania, np. na dachu budynku mieszkalnego.

Ocena oddziaływania na środowisko stacji bazowej zawiera obliczenia teoretyczne zasięgu stref, w których natężenie pola przekraczać będzie wartości uznane przez obowiązujące przepisy, za dopuszczalne dla ogółu ludności. Obliczenia te przeprowadza się dla tzw. przypadku najgorszego, czyli przy założeniu maksymalnie możliwej emisji pola elektromagnetycznego przez zainstalowane anteny, biorąc pod uwagę również inne źródła pola elektromagnetycznego, w tym np. anteny już pracujące na istniejącym maszcie lub w jego bliskim otoczeniu. Poza tym analizuje się możliwość wpływu inwestycji na środowisko w zakresie gospodarki odpadami, ochrony wód, powietrza oraz emisji hałasu. Uzyskanie pozwolenia na budowę inwestycji jest możliwe tylko w przypadku, gdy inwestycja ta nie spowoduje, na podstawie teoretycznych przesłanek, jakiegokolwiek naruszenia przepisów dotyczących ochrony środowiska.

Po uruchomieniu stacji bazowej, przeprowadza się pomiary kontrolne emitowanego przez nią promieniowania. Pomiary takie może wykonywać tylko jednostka posiadająca certyfikat Polskiego Centrum Akredytacji PCA. Wyniki pomiarów właściciele, inwestorzy i operatorzy stacji nadawczych, państwowych i komercyjnych, powinni dostarczyć do stosownych urzędów administracji państwowej, w których podlegają one dalszej ocenie i interpretacji.

Wielkość promieniowania elektromagnetycznego emitowanego przez anteny stacji bazowych przedstawiona zostanie na przykładzie wyników pomiarów dwóch stacji, jednej znajdującej się na dachu budynku mieszkalnego [9, 10] oraz drugiej – na konstrukcji wsporczej komina metalowego [11]. Dla pierwszego wariantu pomiary natężenia pól elektromagnetycznych zostały przeprowadzone przez Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego – Ośrodek Badań Środowiska i Zagrożeń Naturalnych. Wyniki pomiarów nie wykazały przekroczenia dopuszczalnych wartości promieniowania, określonych polskimi przepisami. Pomiary wykonano w otoczeniu stacji, na wysokości 0,3 – 2,0 m nad poziomem terenu, w miejscach, gdzie zakres promieniowania pochodzący od anten kierunkowych mógłby być największy, oraz na ostatniej kondygnacji klatki schodowej budynku. We wszystkich miejscach pomiarowych nie stwierdzono promienio-

wania elektromagnetycznego o gęstości mocy przekraczającej $0,1 \text{ W/m}^2$, na ogół nie przekraczał on progu czułości metody ($0,008 \text{ W/m}^2$).

Dla drugiego wariantu pomiary zostały przeprowadzone przez inne laboratorium badawcze „EKOATOM”, również posiadające certyfikat Polskiego Centrum Akredytacji. Anteny sektorowe zainstalowane były na wysokości $37,5 \text{ m n.p.t.}$ W otoczeniu stacji bazowej stwierdzono podobne wartości promieniowania jak w poprzednim przypadku. Pomiary wykonano na wysokości $0,3 - 2,0 \text{ m}$ nad poziomem terenu, w otoczeniu stacji, w miejscach, gdzie natężenie promieniowania pochodzącego od anten mogłoby być największe.

6. Podsumowanie

Telefonia komórkowa jest obecnie jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się gałęzi branży elektronicznej, jej rozwój jest kształtowany popytem społeczeństwa oraz strategią marketingową operatora. Rozbudowa sieci poprzez zwiększenie jej pojemności wiąże się ze zwiększeniem ilości anten nadawczych, co jest dla operatora trudnym do realizacji przedsięwzięciem. Mimo spełnienia przez operatorów stacji bazowych bardzo rygorystycznych przepisów określających dopuszczalną ekspozycję ludności na pole elektromagnetyczne, mieszkańcy okolic stacji bazowych bardzo często protestują przeciwko ich bliskiej lokalizacji, w obawie o zdrowie.

Z charakterystyki rozkładu wartości promieniowania anten sektorowych, obliczeń teoretycznych wielkości promieniowania oraz pomiarów natężenia pola przeprowadzonych w warunkach rzeczywistych wynika, że natężenie pola emitowanego przez anteny stacji bazowych osiąga przy powierzchni ziemi, w miejscach możliwego przebywania ludności, wartości znacznie poniżej maksymalnych poziomów dopuszczalnych i nie ma żadnych obiektywnych przesłanek, aby pole to mogło stwarzać zagrożenie zdrowia.

LITERATURA

- [1] W. Hołubowicz, S. Maciej: *GSM – ależ to proste*, Holkom 1999 r.
- [2] www.mt.gov.pl, *Ochrona przed narażeniami elektromagnetycznymi wynikającymi z rozwoju telekomunikacji współczesnej i telekomunikacji nowych generacji – pomiary anten radiokomunikacyjnych i pól elektromagnetycznych*, Wrocław 2005.
- [3] http://www.sciaga.pl/tekst/35759-36-czy_oddziaływanie_promieniowania_elektromagnetycznego_na_zdrowie_czlowieka
- [4] <http://www.et.put.poznan.pl>

- [5] KATHREIN – Werke KG, D-83004 Rosenheim GERMANY, 790-2200 MHz base Stations Antennas for Mobile Communications, 2001/2002.
- [6] http://www.ledziny.pl/ogloszenia/ochrona_promieniowanie_niejonizujace.pdf
- [7] M. Szuba: *Urządzenia radiokomunikacji ruchomej w szczególności stacje bazowe telefonii komórkowej jako źródło pól elektromagnetycznych z zakresu mikrofalowego w środowisku*, Politechnika Wroclawska, Instytut Energoelektryki.
- [8] E. Sieradzka, R. Barwa, A. Jurkowski: *Raport oddziaływania na środowisko*, Listopad 2004.
- [9] CBiDGP, SPRAWOZDANIE NR 13/SP/2006 z Pomiarów natężenia pól elektromagnetycznych dla celów BHP w otoczeniu Stacji Bazowej nr 24261 Gliwice, Ośrodek Badań Środowiska i Zagrożeń Naturalnych 2006 r.
- [10] CBiDGP, SPRAWOZDANIE NR 13/1/SP/2006 z Pomiarów natężenia pól elektromagnetycznych dla celów ochrony środowiska w otoczeniu Stacji Bazowej nr 24261 Gliwice, Ośrodek Badań Środowiska i Zagrożeń Naturalnych 2006 r.
- [11] Laboratorium Badawcze „EKOATOM”, SPRAWOZDANIE nr EAS-220404 z Pomiarów Kontrolnych promieniowania niejonizującego w zakresie 0,1 MHz – 38 GHz wykonanych dla potrzeb ochrony środowiska w otoczeniu stacji bazowej 22024, EKOATOM 2004 r.
- [12] W. Kiciński, A. Żera: *Pole elektromagnetyczne w środowisku człowieka*, II Konferencja Naukowo-Techniczna „EKOLOGIA W ELEKTRONICE”, Warszawa 2002.
- [13] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r., *w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów*, Dziennik Ustaw nr 192, poz. 1883.
- [14] Ustawa z dnia 18 maja 2005 r. o zmianie ustawy – *Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw*, Dziennik Ustaw z 2005 r. nr 113 poz. 954.