

Pole elektromagnetyczne w środowisku - pomiary i monitoring w Polsce

Streszczenie. Pomiary pola elektromagnetycznego w środowisku są przedmiotem szerokiego zainteresowania społeczeństwa ze względu na dynamiczny rozwój systemów radiokomunikacyjnych, w szczególności telefonii komórkowej. W pracy przedstawiono podstawy prawne pomiarów pola elektromagnetycznego oraz wyniki wybranych pomiarów.

Abstract. Electromagnetic field measurements in the environment are the subject of wide public interest due to the dynamic development of radiocommunication systems especially mobile telephony. The paper presents the legal basics of electromagnetic field measurements and the results of selected measurements. (*Electromagnetic field in the environment - measurement and monitoring in Poland*).

Słowa kluczowe: pole elektromagnetyczne, ochrona środowiska, telefonia komórkowa, metrologia PEM.

Keywords: electromagnetic field, environment protection, mobile phone systems, EMF metrology

Wstęp

Emisja pola elektromagnetycznego do środowiska jest efektem działania wszelkich systemów radiokomunikacyjnych, w przypadku których jest to działanie zamierzone – energia elektromagnetyczna jest w tym przypadku nośnikiem informacji. Na przeciwnym biegunie są systemy elektroenergetyczne, gdzie pole elektromagnetyczne jest efektem ubocznym przesyłu energii elektrycznej. Intensywny rozwój radiokomunikacji, w szczególności radiokomunikacji mobilnej skutkuje budową coraz większej liczby stacji nadawczo-odbiorczych popularnie określanymi mianem stacji bazowych. Dążenie do uzyskania dobrych parametrów transmisji dla możliwie dużej liczby użytkowników prowadzi do dużego zagęszczenia stacji bazowych, za to stacje takie mogą pracować ze zmniejszoną mocą. W początkowym okresie rozwoju systemów komórkowych priorytetem było pokrycie możliwie dużego obszaru sygnałem – wtedy stacje bazowe rozmieszczane były stosunkowo daleko od siebie a anteny zawieszano wysoko – typowo na wysokości od 30 do 50 metrów n.p.t.



Rys.1. Przykład stacji bazowej GSM zainstalowanej na słupie wysokiego napięcia

Z czasem istotniejszym od zasięgu stało się zapewnienie możliwie dużej pojemności sieci – czyli możliwość jednoczesnego obsłużenia rosnącej liczby abonentów. Wtedy operatorzy telekomunikacyjni zaczęli zagęszczać sieć – stacje bazowe powstawały w mniejszej odległości od siebie, wprowadzono nowe systemy i proces ten wciąż trwa. W efekcie liczba stacji bazowych znacząco wzrosła, anteny są montowane na mniejszych wysokościach ze względu na specyfikę nowoczesnych systemów oraz dla zapewnienia optymalnego działania sieci – zapewnienia kompatybilności wewnętrznej. Drugą istotną grupą są systemy radiodifuzyjne – radiofonia i telewizja. Od 23 lipca 2013 roku, kiedy wyłączono ostatni nadajnik analogowy, w Polsce działa już tylko cyfrowa telewizja naziemna DVBT. Radiofonia to jedyny nadajnik AM zlokalizowany pod Solcem Kujawskim i transmitujący na falach długich 225kHz Program Pierwszy Polskiego Radia, duża sieć nadajników FM oraz rozwijająca się sieć DAB+ - naziemnego radia cyfrowego. W tabeli 1 zebrano najpopularniejsze systemy radiokomunikacyjne z zakresami częstotliwości ich pracy.

Tabela 1. Przegląd systemów radiokomunikacyjnych

Pasmo pracy	Opis
225kHz	Nadajnik Polskiego Radia (fale długie AM)
87,5-108 MHz	Radiofonia analogowa FM
136 - 174 MHz	Służby dyspozytorskie
174 – 225 MHz	Radiofonia cyfrowa DAB i telewizja DVBT
380 – 430 MHz	Służby dyspozytorskie
470 – 790 MHz	Telewizja DVBT
Pasmo 800MHz	LTE – systemy komórkowe
Pasmo 900 MHz	GSM/UMTS – systemy komórkowe
Pasmo 1800 MHz	GSM/LTE – systemy komórkowe
Pasmo 2100 MHz	UMTS – systemy komórkowe
Pasmo 2450 MHz	Wi-Fi
Pasmo 2600 MHz	LTE – systemy komórkowe
Pasmo 5000 MHz	Wi-Fi

Podstawy prawne ochrony środowiska elektromagnetycznego w Polsce

Pierwsze przepisy regulujące dopuszczalne poziomy pól elektromagnetycznych w środowisku w Polsce pochodzą z lat 80-tych XX wieku. Były one sukcesywnie uzupełniane i porządkowane i obecnie obowiązuje Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów [1], które jest jednym z aktów wykonawczych do

ustawy Prawo ochrony środowiska z 2001 roku [2]. Z ustawą Prawo ochrony środowiska związane są również inne rozporządzenia regulujące między innymi zasady kwalifikacji, zgłaszania czy określania potencjalnego oddziaływania na środowisko [3,4,5,6] oraz pomiary monitoringowe – Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie zakresu i sposobu prowadzenia okresowych badań poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku [7]. Niezależnie od powyższych wymagań prawnych w kraju są realizowane inne pomiary, np. wykonywane przez UKE w ramach monitoringu widma elektromagnetycznego czy też pomiary prowadzone w ramach prac badawczych.

Pomiary pola elektromagnetycznego w środowisku

W ramach wymagań zapisanych w Prawie ochrony środowiska realizuje się dwa rodzaje pomiarów – pomiary kontrolne zgodnie z wymaganiami rozporządzenia [1] oraz pomiary monitoringowe, które reguluje rozporządzenie [7]

Pomiary kontrolne zgodnie z wymaganiami rozporządzenia [1] dotyczą wszystkich instalacji radiokomunikacyjnych o mocy EIRP powyżej 15W i wykonuje się je bezpośrednio po pierwszym uruchomieniu instalacji oraz po zmianach warunków pracy instalacji mogących mieć wpływ na zmianę poziomów PEM, których źródłem jest ta instalacja. Należy tu zaznaczyć, że zmian warunków pracy instalacji może wynikać zarówno ze zmian samej instalacji jak i jej otoczenia. Celem pomiarów jest wykazanie, że w miejscach dostępnych dla ludności w otoczeniu instalacji nie występują poziomy PEM większe od dopuszczalnych. Pomiary takie wykonują akredytowane przez Polskie Centrum Akredytacji laboratoria badawcze. Metodyka pomiarów oparta jest na wymaganiach zapisanych w załącznikach 2 i 3 rozporządzenia [1] oraz od bieżącego roku na dokumencie PCA DAB-18: Program akredytacji laboratoriów badawczych wykonujących pomiary pola elektromagnetycznego w środowisku [8]. Akredytację w tym zakresie posiada ok. 50 laboratoriów badawczych, a pomiary takie liczy się w tysiącach w ciągu roku.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 12 listopada 2007 r. (Dz. U. Nr 221, poz. 1645), w sprawie zakresu i sposobu prowadzenia okresowych badań poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku jest podstawą pomiarów monitoringowych koordynowanych przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, a realizowanych przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska (16 laboratoriów akredytowanych). Pomiary monitoringowe w istotny sposób różnią się od pomiarów kontrolnych, specyfika polega na sposobie wyboru punktów pomiarowych i samej procedurze pomiaru. W myśl Rozporządzenia pomiary obejmują natężenia składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego w przedziale częstotliwości co najmniej od 3 MHz do 3000 MHz. Sam pomiar wykonuje się w sposób nieprzerwany przez dwie godziny z częstotliwością próbkowania co najmniej jednej próbki co 10 sekund, w godzinach 10⁰⁰ – 16⁰⁰ w dni robocze. Wynikiem pomiarów jest średnia arytmetyczna zmierzonych wartości skutecznych natężenia pól elektrycznych z czasu trwania pomiaru – dwóch godzin. W efekcie jest to średnia arytmetyczna z jednostkowych 720 pomiarów. Przykładowy przebieg zmienności natężenia pola E w trakcie pomiarów w małym miasteczku przedstawiono na rysunku 2.

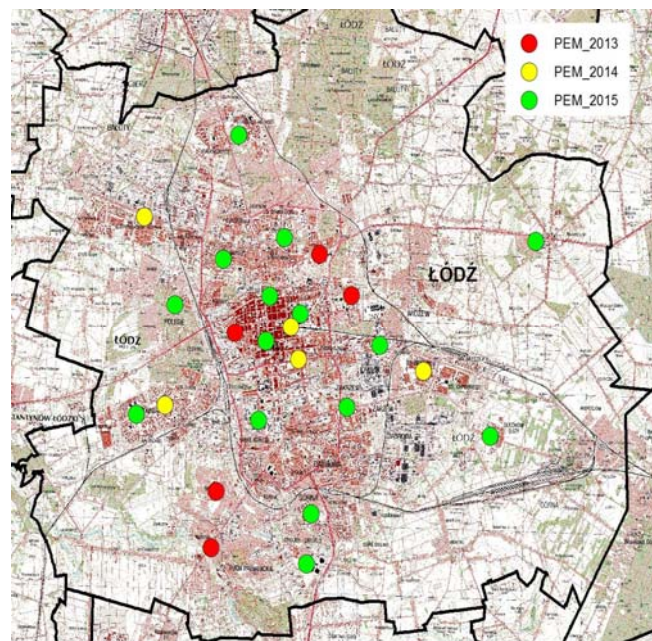
W sprawozdaniach umieszcza się dodatkowo szereg danych, w tym między innymi współrzędne geograficzne punktów pomiarowych i informację na temat instalacji radiokomunikacyjnych, radiolokacyjnych, radionawigacyjnych emitujących promieniowanie elektromagnetyczne w zakresie częstotliwości od 3 MHz do 3000 MHz,

zlokalizowanych w odległości nie większej niż 300 m od punktu pomiarowego.



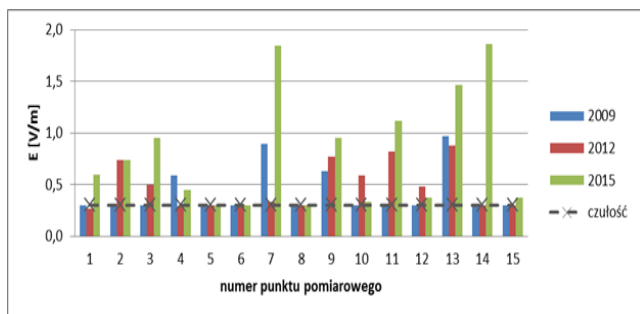
Rys.2. Zmienność natężenia pola w trakcie pomiaru monitoringowego (pomiar 7 września 2017r.)

Z kolei punkty pomiarowe dobiera się tak, żeby były bliżej niż 100 m od anten nadawczych. Na terenie każdego województwa wyznacza się 45 punktów – po 15 w centralnych dzielnicach lub osiedlach miast o liczbie mieszkańców przekraczającej 50 tys., pozostałych miastach i terenach wiejskich. W każdym z 45 punktów pomiary wykonuje się co 3 lata, a wyniki dostępne są na stronach www WIOŚ-iów i GIOŚ [9]. Ze względu na sposób doboru punktów pomiarowych – pomiary monitoringowe można traktować jako pomiary tzw. „tła elektromagnetycznego”, a ich regularne powtarzania pozwala na analizę trendów zmian. Jako przykład przedstawiono analizę pomiarów monitoringowych w Łodzi. Na mapie z rys. 3 zaznaczono punkty pomiarowe wyznaczone w trzech kolejnych latach – tworzą one kompletny zestaw punktów, w których pomiary powtarzane są co 3 lata.



Rys.3. Mapa z rozmieszczeniem punktów monitoringu PEM w Łodzi

Na wykresie z rysunku 4 zebrano wyniki z tych samych punktów pomiarowych powtarzane co 3 lata – 2009 – 2012 -2015.



Rys.4. Wyniki pomiarów monitoringowych w Łodzi cykl 2009-2012-2015r

Analiza wyników zestawienia z rysunku 4 pozwala na ocenę zmian natężenia pola dla 15 punktów pomiarowych na przestrzeni 9 lat. W niektórych punktach widać skokowy wzrost natężenia pola – można przypuszczać, że w okolicy powstały nowe stacje bazowe bądź zostały rozbudowane istniejące – strukturę źródeł PEM w odległości do 300 m od punktów pomiarowych przedstawiono w Tabeli 2.

Tabela 2. Struktura systemów radiokomunikacyjnych w otoczeniu punktów monitoringu w Łodzi

		2009	2012	2015	2009	2012	2015
		liczba stacji bazowych / nadajników			częstotliwości nadajników		
1	ul. Tatrzańska / Przybyszewskiego	2			900, 2100		
2	ul. Zakładowa / ul. Ziemowita						
3	ul. Lutomiarska / ul. Wrześnieńska	6	8	8	900, 1800, 2100	900, 1800, 2100	900, 1800, 2100
4	ul. Św. Kazimierza	9	4	4	900, 1800, 2100	900, 1800, 2100	900, 1800, 2100
5	al. Romantyczna	2			900, 1800		
6	al. Wyszyńskiego 57	5			900, 1800, 2100		
7	ul. Jutrzenki / ul. Kongresowa	5	8	8	900, 1800, 2100	900, 1800, 2100	900, 1800, 2100
8	ul. Topolowa / ul. Margaretek						
9	al. Politechniki / ul. Wróblewskiego	8	8	8	88,8, 900, 1800, 2100	420, 900, 1800, 2100	420, 900, 1800, 2100
10	ul. Czarnieckiego		4	4		900, 1800, 2100	900, 1800, 2100
11	ul. Struga / ul. Kościuszki	14	13	13	900, 1800, 2100	900, 1800, 2100	900, 1800, 2100
12	ul. Srebrzyńska / ul. Jarzynowa	6	7	7	900, 1800, 2100	900, 1800, 2100	900, 1800, 2100
13	pl. Wolności	10	11	11	900, 1800, 2100	900, 1800, 2100	900, 1800, 2100
14	pl. Dąbrowskiego	8	11	11	900, 1800, 2100	900, 1800, 2100	900, 1800, 2100
15	ul. Szczanieckiej						

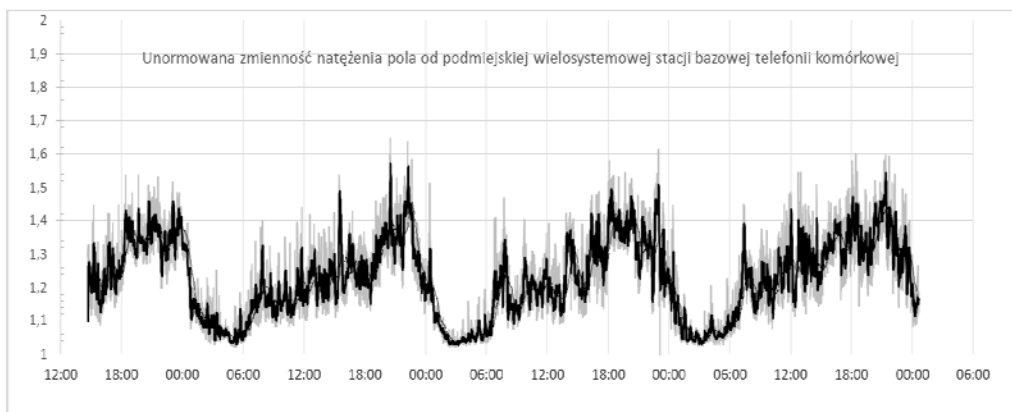
Na podstawie rozporządzenia o monitoringu [7] Główny Inspektorat Ochrony Środowiska organizuje również cyklicznie pomiary natężenia pola w centrach dużych miast w Polsce. Pomiary takie wykonywane z podziałem na podpasma częstotliwości w wytypowanych punktach miast. Ostatnie takie badania realizowane były w latach 2014-2015 w Warszawie, Łodzi, Krakowie, Szczecinie, Poznaniu i Gdańsku. Szczegółowy raport z wynikami dostępny jest na stronie GIOŚ [10].

Należy również wspomnieć, że monitoring widma elektromagnetycznego prowadzi także, w ramach gospodarki częstotliwościami, Urząd Kontroli Elektronicznej. Co prawda pomiary te nie są wprost nastawione na pomiary natężenia pola elektromagnetycznego – istotniejsze

kwestie to „poprawność” sygnału radiowego, ale istnieje również możliwość analizy chociażby trendów zmian natężenia pola w czasie. Najnowszą inicjatywą związaną z pomiarami natężenia pola elektromagnetycznego w środowisku jest program Ministerstwa Cyfryzacji, w ramach którego Instytutowi Łączności – PIB prowadzi analizy dokumentacji oraz wykonuje szczegółowe pomiary PEM z analizą widma oraz wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania do oceny maksymalnych natężeń pola niezależnie od chwilowego obciążenia stacji bazowych ruchem telekomunikacyjnym. Wyniki prac pilotażowych zawarto w „Raportie z pilotażowych badań i analiz dotyczących dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych” datowanym na marzec 2017 roku i dostępnym na stronie [11].

Z technicznego punktu widzenia dobór metody pomiaru czy też czasu wykonywania pomiaru PEM w środowisku jest bardzo istotny dla większości obecnie działających systemów radiokomunikacyjnych. Wynika to, że wspomnianej wcześniej zmienności natężenia pola w czasie związanej ze zmianą mocy nadawanej przez stacje bazowe, które są umieszczone stosunkowo blisko miejsc dostępnych dla ludności i jest ich bardzo dużo. Nie zawsze możliwe jest ustawienie stacji bazowych w tryb serwisowy

największą mocą, zwłaszcza, w sytuacji, kiedy w miejscu pomiaru występują pola od wielu stacji różnych operatorów inie zawsze możliwe jest uzgodnienie pomiarów ze wszystkimi. Można jednak oczekiwać pewnych statystycznych zależności opisujących zmienność ruchu telekomunikacyjnego czy emitowanej mocy stacji. Badania takie były prowadzone już kilkanaście lat temu, między innymi w celu określenia tzw. „warunków normalnej eksploatacji”, określenia, kiedy takie występują i jak można odnieść takie pomiary do trybu pracy z największą mocą osiąganą przez stację w czasie typowej eksploatacji [11 – 20]. Wraz z pojawianiem się nowych systemów (np. UMTS czy LTE) badania takie były powtarzane i na przestrzeni kilkunastu lat można stwierdzić, że statystycznie niezależnie od systemu czy lokalizacji stacji bazowej (z wyłączeniem lokalizacji specjalnych – np. stacji w pobliżu stadionów, targowisk itp., gdzie zmienność ruchu jest wprost powiązana z działalnością takich miejsc) zmienność natężenia pola między wartościami największymi a najmniejszymi nie przekracza dwóch razy, a jeżeli porówna się zmienność w czasie najwyższej aktywności stacji to różnice te nie przekraczają 20-30%. Informacja ta jest o tyle istotna, że w przypadku pomiarów normalnie pracujących systemów w dowolnym momencie, jeżeli wynik pomiaru nie przekroczy powyżej wartości dopuszczalnej, to można przyjąć, że wartość ta nie zostanie przekroczona niezależnie od warunków pracy systemu. Jeżeli takie pomiary wykona się w czasie statystycznie najwyższej aktywności, to nawet jeżeli wartość zmierzona osiągnie 65-70% wartości dopuszczalnej – można przypuszczać, że i w tym przypadku nie będzie przekroczeń wartości granicznych (w środowisku dla częstotliwości powyżej 3MHz wartością graniczną jest 7V/m [1]). W publikacjach [11-20] przedstawiano reprezentatywne wyniki pomiarów długoterminowych, a dla potwierdzenia powyższej tezy na rysunku 5 przedstawiono wyniki trzydniowego monitoringu wielosystemowej podmiejskiej stacji bazowej (LTE800, GSM/UMTS 900, GSM/UMTS 1800, LTE 2600).



Rys.4. Wyniki monitoringu zmienności natężenia pola od stacji bazowej telefonii komórkowej (pomiaru wrzesień 2017r.)

Podsumowanie

Przedstawiony w pracy krótki przegląd podstaw prawnych i wyników pomiarów PEM w środowisku pokazuje, że w Polsce zagadnienie to jest od lat znane, badania prowadzone są na szeroką skalę, a ich wyniki powszechnie dostępne. Jednocześnie autorzy na co dzień spotykają się z pytaniami dotyczącymi oddziaływania stacji bazowych na środowisko, podstaw prawnych pomiarów czy wręcz chęci wykonania pomiarów. W wielu przypadkach pomaga przedstawienie informacji o obowiązku wykonywania pomiarów przez właścicieli instalacji, skierowanie do do wyników tych pomiarów a nawet rozmowa wyjaśniająca podstawy techniczne pracy stacji bazowych czy podstawy techniki antenowej

Analiza wyników badań prezentowanych bądź przywoływanych w artykule wskazuje, że poziom tzw. tła elektromagnetycznego jest znacznie poniżej poziomów dopuszczalnych PEM w środowisku. Nie oznacza to jednak, że w miejscach dostępnych dla ludności nie zdarzają się natężenia PEM zbliżone, lub nawet przekraczające wartości dopuszczalne. Często wynika to ze złego planowania lokalizacji instalacji, braku dobrego rozeznania poziomów tła elektromagnetycznego w otoczeniu planowanych instalacji czy też pewnej beztroski w tym zakresie.

Autorzy: dr hab. inż. Paweł Bieńkowski, Politechnika Wroclawska, Katedra Telekomunikacji i Teleinformatyki, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, E-mail: pawel.bienkowski@pwr.wroc.pl, dr Joanna Podlaska Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Łodzi, ul. Lipowa 16, 90-743 Łódź, E-mail: j.podaska@wios.lodz.pl.

LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Środowiska z 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów (Dz. U. Nr 192 poz. 1883)
- [2] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska
- [3] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 lipca 2010 r. w sprawie rodzajów instalacji, których eksploatacja wymaga zgłoszenia (Dz. U. Nr 130 poz. 880)
- [4] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 lipca 2010 r. w sprawie zgłoszenia instalacji wytwarzających pola elektromagnetyczne (Dz. U. Nr 130 poz. 879)
- [5] Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. 199, poz. 1227 z późn. zm.)
- [6] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. Nr 213 poz. 1397)
- [7] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 12 listopada 2007 r. w sprawie zakresu i sposobu prowadzenia okresowych badań poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku (Dz. U. Nr 221, poz. 1645)
- [8] Program akredytacji laboratoriów badawczych wykonujących pomiary pola elektromagnetycznego w środowisku – DAB-18, wydanie 1 z 2.02.2017, PCA Warszawa
- [9] <http://www.gios.gov.pl/pl/stan-srodowiska/monitoring-pol-elektromagnetycznych>
- [10] www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring_pol_elektromagnetycznych/raport/Raport_Pomiary_pol_elektromagnetycznych_w_wybranych_miastach_Polski_o_liczbie_mieszkanco_w_powyzej_250_tysiecy.pdf
- [11] <http://m.mc.gov.pl/aktualnosci/raport-z-pilotazowych-badan-i-analiz-dotyczacych-dopuszczalnych-poziomow-pol>
- [12] P. Bieńkowski, B. Zubrzak: Electromagnetic field from mobile telephone systems, *8th International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields, Varna, Bulgaria, 21-26 September, 2014*, . 141-143
- [13] P. Bieńkowski, B. Zubrzak: GSM base station influence on electromagnetic field environment in urbanized area *7th International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields Malta, 8-12 October 2012*,
- [14] P. Bieńkowski, K. Staniec: EMF variability in the surrounding of typical cellular system base stations, *7th International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields, Malta, 8-12 October 2012*.
- [15] P. Bieńkowski, K. Staniec: A model for approximating the EMF variability from cellular telephony base stations. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2012, R. 88, nr 12b, 262-264
- [16] P. Bieńkowski, B. Zubrzak, R. Surma: Pole elektromagnetyczne stacji bazowej telefonii komórkowej - studium przypadku. *Medycyna Pracy*. 2011, vol. 62, nr 1, 37-45
- [17] P. Bieńkowski: Monitoring pola elektromagnetycznego w środowisku - koncepcja sieci sensorycznej *Przegląd Elektrotechniczny*. 2009, R. 85, nr 12, 37-39
- [18] P. Bieńkowski, S. Różycki: Środowisko elektromagnetyczne - problemy pomiarów w otoczeniu wybranych rodzajów instalacji radiokomunikacyjnych *Przegląd Telekomunikacyjny, Wiadomości Telekomunikacyjne*. 2009, R. 82, nr 6, 576-580
- [19] P. Bieńkowski: Monitoring pól elektromagnetycznych w obszarach miejskich. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2006, R. 82, nr 12, 130-133
- [20] P. Bieńkowski: Oddziaływanie pola elektromagnetycznego od stacji bazowych GSM generacji 2.5 na środowisko *Przegląd Elektrotechniczny*. 2005, R. 81, nr 12, 60-62
- [20] P. Bieńkowski: Pole elektromagnetyczne od stacji bazowych GSM i ochrona przed promieniowaniem elektromagnetycznym w Polsce. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2004, R. 80, nr 12, 1228-1231