

**POMIAR PARAMETRÓW ZMIENNEGO POLA MAGNETYCZNEGO  
NISKIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI GENEROWANEGO PRZEZ  
WYBRANY APARAT DO MAGNETOTERAPII**

*MEASUREMENTS OF THE VARIABLE LOW FREQUENCY MAGNETIC FIELD PARAMETERS  
GENERATED BY A SELECTED MAGNETO-THERAPEUTIC DEVICE*

<sup>1</sup>Katedra i Zakład Biofizyki

Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Kierownik: prof. dr hab. Feliks Jaroszyk

<sup>2</sup>Zakład Fizjoterapii

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Staszica w Pile

Kierownik: dr Piotr Wilkosz

---

Streszczenie

**Wstęp.** Z uwagi na wzrost zainteresowania zabiegami fizykalnymi m. in. magnetoterapią istnieje konieczność dokonania obiektywnych pomiarów fizyko-technicznych urządzeń terapeutycznych pod kątem ich efektywności oraz bezpieczeństwa przeprowadzania zabiegów.

**Cel.** Dokonanie pomiaru indukcji magnetycznej, jej zmian w czasie oraz rozkładu pola w aplikatorze i bezpośredniej jego okolicy oraz porównanie z zadeklarowanymi wartościami przez producenta.

**Metodyka.** Indukcję pola magnetycznego aparatu MagnerPlus firmy Astar ABR generowaną przez aplikator szpulowy o  $\varnothing$  60 cm rejestrowano za pomocą miernika C.A42 firmy Chauvin Arnoux. Pomiary wykonano dla wybranych częstotliwości i wszystkich kształtów pola dla nominalnej wartości indukcji magnetycznej 2,8 mT. Topografię pola wyznaczono przy użyciu sondy hallotronowej w węzłach siatki.

**Wyniki.** Rzeczywiste kształty sygnałów oraz zmierzone wartości indukcji magnetycznej są zbliżone do deklarowanych przez producenta. Rozkład pola magnetycznego w cewce nie jest równomierny i wartość indukcji rośnie w kierunku ścian aplikatora wraz z odległością od jego geometrycznego środka.

**Wnioski.** Skuteczność zabiegów zależy m.in. od sprawności aparatury i zgodności wartości zadeklarowanych w instrukcji z rzeczywistymi.

**SŁOWA KLUCZOWE:** pole magnetyczne, magnetoterapia, aplikator szpulowy, kształty pola.

Summary

**Introduction.** Due to a growing interest in physical examinations, among others, the magnetotherapy, there is a need for objective physical and technical measurements of therapeutic devices in order to confirm their efficiency and therapeutic safety.

**Aim.** Measuring the magnetic induction, its changes over time and the distribution of the magnetic field in the device and around it and comparing the figures with the producer's claims.

**Methodology.** Inducing the magnetic field of MagnerPlus by Astar ABR, generated by a solenoid applicator of 60 centimetres and recorded by the C A42 metre by Chauvin Arnoux, the measurements have been conducted for selected frequencies and all the magnetic fields with the nominal magnetic induction of 2.8 mT. The topography of the field has been identified by the Hall effect sensor in net junction.

**Results.** Both the actual shape and the magnetic induction figures are close to those claimed by the producer. The distribution of the magnetic field in the coil is not even and the bigger the distance from the geometrical centre, the closer to the applicator's walls, the higher is the magnetic induction value.

**Conclusions.** The effectiveness of any treatment depends, among others, on the efficiency of the device and of conformity claimed values with actual values.

**KEY WORDS:** magnetic field, magnetotherapy, field shapes, reel applicator.

---

**Wstęp**

Postęp cywilizacyjny wiąże się z niezaprzeczalnymi korzyściami jak np. wydłużeniem życia ludzkiego. Dzięki nowocześniejszej aparaturze diagnostycznej i terapeutycznej skuteczniejsza staje się profilaktyka, walka z chorobą czy rehabilitacja. Przeciwny biegun postępu stanowią negatywne dla zdrowia skutki uzależnienia od maszyn

przejawiające się pod postacią niektórych chorób cywilizacyjnych. W ostatnich dwóch dekadach fizjoterapia stała się dziedziną rozpoznawalną, o niesłabnącym zapotrzebowaniu. Świadczą o tym otwierane w uczelniach o różnym profilu kierunku kształcenia fizjoterapeutów, ilość nowoczesnych gabinetów fizjoterapii, odnowy biologicznej. Z uwagi na zainteresowanie stosowaniem magnetoterapii rodzi się konieczność dokonania obiektywnych pomiarów fizyko-technicznych stosowanych urządzeń w odniesieniu do efektywności oraz bezpieczeństwa przeprowadzania zabiegów.

Na co dzień poddani jesteśmy oddziaływaniu pola magnetycznego Ziemi (30–70  $\mu\text{T}$ ) naturalnego stymulatora procesów fizjologicznych żywych organizmów. Zdaniem naukowców, niektóre urządzenia codziennego użytku (m.in. gospodarstwa domowego, telekomunikacyjne) emitując sztuczne pola elektromagnetyczne zakłócają pole geomagnetyczne. Istnieje teoria mówiąca o zmniejszaniu wartości pola Ziemi w okresie ostatnich trzech stuleci o 15%. Fakt ten łączony jest z pojawieniem się niektórych przewlekłych schorzeń [1].

W magnetoterapii przyjmuje się stosować częstotliwość do 100 Hz i indukcję magnetyczną w granicach od 0,1 mT do 20 mT [2, 3]. Dobierając dla każdego pacjenta indywidualnie wartości parametrów zabiegowych, aplikator, kształt impulsu kierujemy się rodzajem i nasileniem schorzenia. Praktyka kliniczna pozwoliła specjalistom na wypracowanie zasad dawkowania w poszczególnych okresach nasilenia stanu chorobowego: w stanie ostrym choroby, kiedy wartość indukcji nie przekracza 3 mT, a częstotliwość 1–5 Hz, w okresie podostrym indukcja kształtuje się w granicach 3–5 mT, częstotliwość 5–20 Hz, w okresie przewlekłym indukcja do 10 mT, częstotliwość do 50 Hz [4]. Stąd zasadnym wydaje się stwierdzenie, że czynnikiem warunkującym efekt terapeutyczny zabiegu jest nie tylko przygotowanie merytoryczne personelu, ale zgodność wartości zadeklarowanych w instrukcji przez producenta z rzeczywistymi [5–7].

Niektórzy producenci wychodząc ze swoją ofertą poza gabinety fizykoterapii skierowali ją bezpośrednio do pacjentów. Na rynku pojawiły się aparaty do stosowania w warunkach domowych wspomagające leczenie chorób, profilaktykę lub odnowę biologiczną. Niezmienny pozostaje problem braku prostych w obsłudze detektorów pola magnetycznego pozwalających m.in. na stwierdzenie czy aparat generuje pole o pożądanych parametrach, wyeliminowanie ewentualnych zakłóceń, określenie najkorzystniejszego usytuowania aparatu. Z uwagi na brak możliwości weryfikacji przez użytkownika rozkładu czasowo-przestrzennego generowanego pola pozostaje ufać wartościom zadeklarowanym przez producenta w instrukcji obsługi.

Celem pracy było wyznaczenie parametrów oraz rozkładu zmiennego pola magnetycznego niskiej częstotliwości, generowanego przez aparat do fizykoterapii dostępny na polskim rynku.

### Material i metody

Przedmiot badań stanowił aparat MagnerPlus firmy Astar-ABR. Indukcję pola magnetycznego zmierzono i zarejestrowano dla aplikatora szpulowego CSP o średnicy 60 cm podłączonego do jednostki sterującej (zasilacza). Aparat był przystosowany do niezależnej pracy dwukanałowej, co oznacza, że mógł generować w tym samym czasie różne pola. Dla celów badawczych wykorzystano pracę jednego kanału.

Pomiaru dokonano przy pomocy miernika C.A42 firmy Chauvin Arnoux wyposażonego w zewnętrzny izotropowy czujnik pola magnetycznego MF05 o trzech wzajemnie prostopadłych cewkach, umożliwiających

pomiar trzech składowych  $B_x$ ,  $B_y$ ,  $B_z$ . Dodatkowo dla częstotliwości 10 Hz i wyższych odczyt powtórzono przy użyciu wspomnianego miernika z wbudowanym wewnątrz, izotropowym czujnikiem pomiarowym. Dane zapisane w mierniku zaimportowano do komputera PC i przekształcono w postać kompatybilną z arkuszem Microsoft Excel.

Pomiary wykonano dla częstotliwości 2, 5, 10, 15, 30 oraz 50 Hz dla wszystkich możliwych kształtów pola: prostokątnego, sinusoidalnego, trójkątnego, połówkowego, mieszanego dla nominalnej wartości indukcji magnetycznej 2,8 mT. Wszystkie parametry zabiegowe ustawiane były manualnie. Rejestracja pomiaru nastąpiła w geometrycznym środku aplikatora. W celu oceny rzeczywistego kształtu sygnału mierzono indukcję pola magnetycznego jako funkcję czasu. Ponadto, w celu wykluczenia zakłóceń, dokonano pomiaru tła dla wybranych częstotliwości przy wyłączonym aparacie oraz przy aparacie włączonym i pozostawionym w trybie gotowości. Pole generowano w trybie przerywanym, o czasie impulsu równemu czasowi przerwy wynoszącemu 1 s.

Dla określenia topografii pola magnetycznego w cewce zdefiniowano siatkę zbudowaną z kwadratów o bokach 1 x 1 cm. Pomiaru indukcji magnetycznej dokonano przy użyciu sondy hallotronowej w każdym węźle siatki. W czasie pomiaru cewka była zasilana zewnętrznym prądem stałym o  $I = 0,4 \text{ A}$  ( $\pm 4\text{-}5$ ) i  $R = 2,1 \Omega$  ( $\pm 0,1 \Omega$ ) i nie emitowała zmiennego pola, a jedynie stałe pole magnetyczne. Rejestracji sygnału dla 3 składowych pola  $B_x$ ,  $B_y$ ,  $B_z$  dokonano na karcie pomiarowej połączonej z komputerem PC.

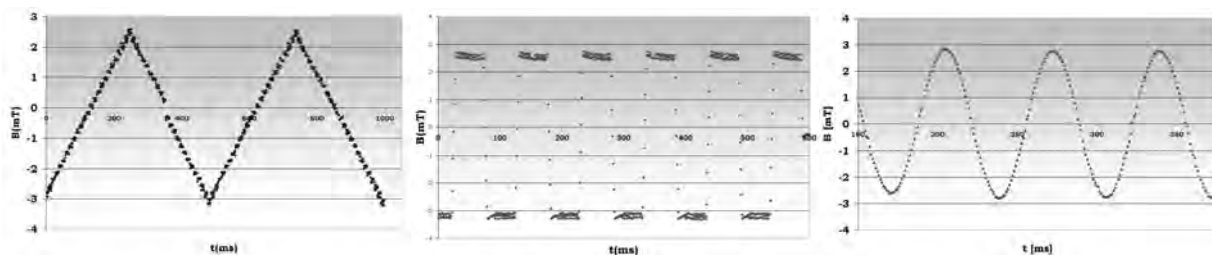
### Wyniki

Badając tło nie zarejestrowano żadnych szumów elektromagnetycznych, które mogłyby potencjalnie wpłynąć na wynik badania. Z uwagi na zakres pracy sondy MF-05 (DC-500 Hz) odnotowano wpływ składowej stałej pola (ok. 50  $\mu\text{T}$ ).

Zaobserwowano, że badane kształty impulsu w ujęciu graficznym są zgodne z zadeklarowanymi przez producenta w instrukcji. Na rycinie 1. przedstawiono wybrane wykresy zmian pola magnetycznego w funkcji czasu. Oscylogramy powstały dla różnych częstotliwości i odpowiadają kształtom pola: prostokątnemu, sinusoidalnemu, trójkątnemu, połówkowemu.

Stwierdzono, że dla częstotliwości 50 Hz występuje automatyczne ograniczenie maksymalnej wartości indukcji magnetycznej możliwej do ustawienia. Zadeklarowana przez producenta max wartość indukcji dla aplikatora CSP 60 wynosiła 4 mT. Z uwagi na redukcję szczytowej indukcji dla ujednoczenia parametrów pomiarowych wszystkie przebiegi mierzono dla nominalnej wartości 2,8 mT. Ponadto zarejestrowane wartości indukcji magnetycznej dla częstotliwości 2,5,10 oraz 15 Hz nie przekraczały wartości nominalnej.

Dodatkowo przeprowadzono rozkład częstotliwości na drgania harmoniczne i nieharmoniczne sygnału przy użyciu FFT (szybkiej transformaty Fouriera), rycina 2.

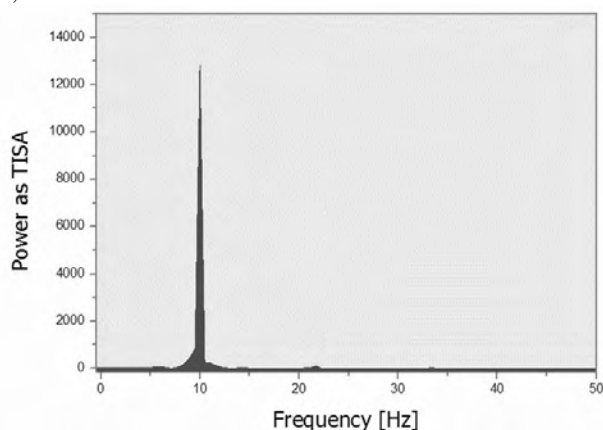


**Rycina 1.** Zmiany pola magnetycznego w  $f(t)$ , dla częstotliwości 2 Hz (trójkątny kształt impulsu), 10 Hz (prostokątny kształt impulsu), 15 Hz (sinusoidalny kształt impulsu).

Figure 1. The time course of magnetic induction  $B$  [mT] for frequencies 2 Hz (triangular impulse shape), 10 Hz (rectangular impulse shape), 15 Hz (sinusoidal impulse shape).

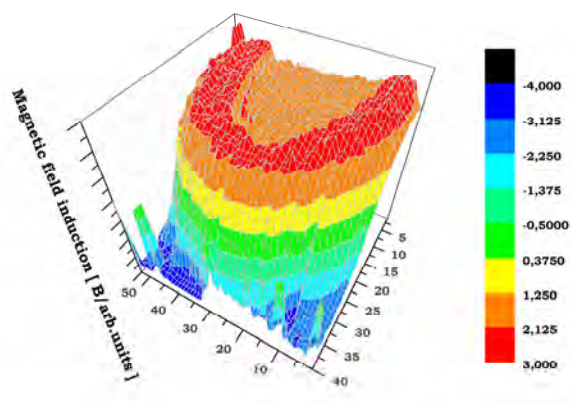
Topografie pola magnetycznego przedstawiono na rycinie 3. Stwierdzono, że rozkład pola magnetycznego w cewce jest niejednorodny i wartość indukcji rośnie wraz z odległością od geometrycznego środka.

Na podstawie ponad 1370 punktów pomiarowych wyznaczono średnią wartość indukcji pola wewnątrz cewki na poziomie 2,33 mT z odchyleniem standardowym = 0,14 mT, wartość maksymalną indukcji pola na poziomie 2,77 mT oraz wartość minimalną indukcji pola 2,096 mT.



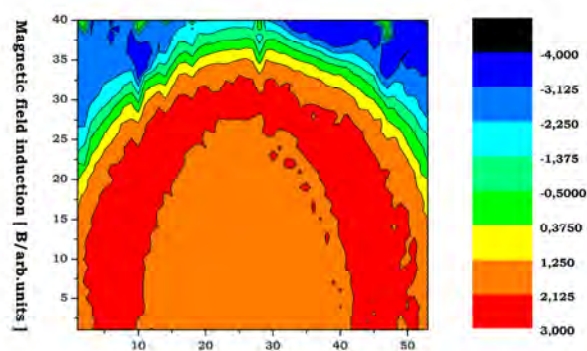
**Rycina 2.** Wykres FFT dla częstotliwości 10 Hz, kształt impulsu sinusoidalny.

Figure 2. FFT graph for 10 Hz frequency, sinusoidal impulse shape.



**Rycina 3.** Topografia pola magnetycznego dla aplikatora CSP 60.

Figure 3. The magnetic field topography of the CPS 60 applicator.



**Rycina 4.** Rozkład pola w rzucie pionowym wewnątrz, jak i na zewnątrz cewki.

Figure 4. Vertical view of the magnetic field distribution inside and outside of coil.

## Dyskusja

Na charakter procesów zachodzących w tkankach umieszczonych w polu magnetycznym mają wpływ wartości fizyczne parametrów stosowanego pola, ich zmienność w czasie (kształt impulsu – czas jego trwania i przerwy) oraz przebieg linii sił pola względem tkanek [8]. W przypadku badanego przez nas aplikatora pierścieniowego linie sił pola magnetycznego są równoległe do osi cewki oraz do ciała pacjenta umieszczonego w środku aplikatora. Impulsy szybko narastające i zanikające wywołują w tkankach większe wartości napięcia elektrycznego, stając się przyczyną wielu zachodzących w nich zjawisk elektrycznych [9]. Opisywane przez większość producentów przebiegi prostokątne pola w rzeczywistości w układzie graficznym przypominają kształt trójkątny, co w zależności od nachylenia zbocza, może wpłynąć na rezultat terapeutyczny [10]. Problem braku zgodności parametrów rzeczywistych z deklarowanymi w instrukcji oraz braku prostego narzędzia identyfikującego ich faktyczne wartości uniemożliwia powtarzalność terapii gdy pacjent trafia na aparat innego producenta [11].

Ważnym aspektem układu ekspozycyjnego jest obszar jednorodności wytwarzanego pola. W literaturze można spotkać badania potwierdzające niejednorodność rozkładu indukcji magnetycznej charakterystyczną dla solenoidu (cewki) [5, 6]. Budowa aplikatorów pierścieniowych sto-

sowanych w fizykoterapii sprzyja usytuowaniu ciała lub jego odcinka w obszarze jednorodności (m.in. dzięki specjalnej półce w aplikatorze o średnicy 30 cm czy powierzchnia leżanki wewnątrz aplikatora o średnicy 60 cm na wysokości geometrycznego środka aplikatora). Z zalecanych układów największym obszarem o równomiernym rozkładzie pola i dużej dostępności do obszaru roboczego charakteryzują się cewki Helmholtza [12].

Zgodnie z rycinami 3. i 4. największe wartości indukcji magnetycznej (zbliżone do nominalnej 2,8 mT) występowały przy powierzchni aplikatora i zmniejszały się na kierunku prostopadłym do osi cewki. Obszar oddziaływania pola magnetycznego wykraczał poza cewkę, co może mieć wpływ na bezpieczeństwo pracy osoby obsługującej urządzenie. Dlatego też ważna jest świadomość zagrożeń oraz przestrzegania określonych zasad i przepisów. Szkodliwe oddziaływanie pól elektromagnetycznych na ludzi, przy długotrwałej ekspozycji jest niekwestionowane, dotyczy to również składowej magnetycznej wolnozmiennych pól elektromagnetycznych [6]. Badania przeprowadzone na licznej grupie aplikatorów do magnetoterapii potwierdziły konieczność przestrzegania stref ochronnych dla pracowników oraz możliwość występowania zakłóceń w pracy implantów medycznych (40–70 cm od środka aplikatorów szpulowych o średnicy od 20 cm do 60 cm, a w przypadku urządzeń elektronicznych 200–300 cm od badanych aplikatorów) [13].

Na pracodawcy spoczywa obowiązek zapewnienia pracownikom warunków pracy zgodnie z obowiązującymi normami (stosowanie oznakowania ostrzegawczego, informacji o strefach ochronnych, usytuowanie urządzeń zabiegowych względem innych przedmiotów tak, aby nie wywoływały zjawisk niepożądanych np. znacznych zmian przebiegu pola, jak również właściwej organizacji np. praca rotacyjna). Fakt ten nie zwalnia samych zainteresowanych z obowiązku unikania zagrożeń, przestrzegania przepisów bezpieczeństwa i higieny w miejscu pracy oraz doszkalania się. Zgodnie z badaniami obsługa nie powinna przebywać bez wyraźnej potrzeby na osi pracującej cewki w odległości mniejszej niż 1 do 2 m przy maksymalnej indukcji magnetycznej generowanej przez urządzenie. Najkorzystniejsze miejsce dla pracownika jest z boku cewki, nie mniej niż ok. 0,6 do 1,4 m przy maksymalnej indukcji aparatu [6]. Problemem staje się również przestrzeganie obowiązków nakładanych przez Dyrektywę Unii Europejskiej 2004/40/WE jak i Polskich Norm PN-T-06580. Według nich pracodawca ma obowiązek i musi oszacować, a jeżeli jest to potrzebne zmierzyć i obliczyć wielkość pól, na jakie ekspozycją są pracownicy. Oszacowanie i pomiary ekspozycji muszą być wykonywane okresowo przez kompetentne służby, a ich wyniki archiwizowane. Przy ocenie ryzyka, zgodnie z kolejną dyrektywą 89/391/EEC, pracodawca musi uwzględnić: poziom i częstotliwość pola, na które jest ekspozycją pracownik oraz czas trwania tej ekspozycji „dopuszczalne skutki ekspozycji” oraz „graniczne wartości ekspozycji kontrolowanej”. Pracodawca musi także dysponować oceną ryzyka, archiwizować

jej wyniki, powtarzać ocenę regularnie, a w przypadku zaprzestania ocen uzasadnić ten fakt oraz wznowić wykonywanie oceny, jeżeli nastąpiły istotne zmiany w stosunku do sytuacji występującej w czasie ostatniego wykonania oceny lub zaistniały wskazania zdrowotne [14, 15]. W Polskiej Normie określono właśnie metody pomiarów i oceny warunków pracy w zasięgu pól elektrycznych i magnetycznych lub promieniowania elektromagnetycznego o częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz, określono wymagania dotyczące sposobu wyznaczania zasięgu stref ochronnych: pośredniej, zagrożenia i niebezpiecznej i wskaźników ekspozycji, umożliwiających ocenę ekspozycji pracowników na pola elektromagnetyczne i promieniowanie elektromagnetyczne. Konieczność dokonania takich pomiarów generuje spore koszty i wydaje się być poza zasięgiem większości prywatnych gabinetów fizykoterapeutycznych. Często zaufanie pozostaje tylko do podanych wartości znamionowych urządzenia, które są jednym z kryteriów wyboru sprzętu. Dlatego można stwierdzić, iż utrzymanie w trakcie produkcji najwyższych standardów jest podstawowym wyznacznikiem dla producentów tego typu sprzętu.

Rozwiązaniem technicznym, które może przyczynić się do zmniejszenia ekspozycji personelu jest zdalne uruchamianie urządzenia, co wyklucza przebywanie w bezpośrednim sąsiedztwie aplikatora. Innym rozwiązaniem jest wykonanie odpowiedniego ekranowania ograniczającego działanie pola magnetycznego do najbliższego otoczenia aplikatora. Kolejnym ważnym narzędziem pomocniczym w gabinecie fizykoterapii może stać się mobilny wskaźnik pola magnetycznego, służący do określenia właściwej lokalizacji przestrzennej aplikatorów, kontroli ich działania i kontroli tła promieniowania elektromagnetycznego.

### Wnioski

1. Rzeczywiste kształty sygnałów oraz zmierzone wartości indukcji magnetycznej są zbliżone do deklarowanych przez producenta.

2. Rozkład pola magnetycznego w cewce nie jest równomierny i wartość indukcji rośnie wraz z odległością od geometrycznego środka, osiągając maksymalną wartość przy ścianie aplikatora. Dla tego rodzaju aplikatorów skuteczność zabiegu zależy od ułożenia pacjenta w jego geometrycznym środku, które zapewnia największą jednorodność pola.

3. Należy zwrócić uwagę, na warunki aktywności zawodowej pracowników obsługujących urządzenia do magnetoterapii, pamiętając, że zasięg oddziaływania pola magnetycznego wykracza poza obręb cewki. Zabiegi należy wykonywać zgodnie z instrukcjami użytkownika, stosownymi normami oraz przepisami bezpieczeństwa i higieny pracy.

### Piśmiennictwo

1. Janicki J.S., Janicki Ł.J.: Wpływ gradientowego pola magnetycznego na organizm człowieka. *Acta Biooptica Inf. Med.*, 2008, 4 (14), 229-230.
2. Sieroń A.: Magnetoterapia – magnetostymulacja. Podstawy cz. I, *Acta Biooptica Inf. Med.*, 1998, 4, 1-2.

3. Sieroń A.: Magnetoterapia – magnetostymulacja. Podstawy cz. II, *Acta Biooptica Inf. Med.*, 1998, 4, 45-46.
4. Straburzyński G., Straburzyńska-Lupa A.: Medycyna fizykalna, Wydaw. Lekarskie PZWL, Warszawa, 1997, 390-403.
5. Drzazga Z., Sieroń A., Liszka G. i wsp.: Pola magnetyczne stosowane w magnetoterapii. *Balneol. Pol.*, 1997, 39 (3-4), 79-94.
6. Portalski M.: Rozkład przestrzenny oraz zależności czasowe indukcji magnetycznej generowanej przez aplikator urządzenia R-980. *Fizjoterapia*, 1999, 7 (4), 36-39.
7. Kubisz L., Werner H.: Pomiar parametrów zmiennego pola magnetycznego niskiej częstotliwości miernikiem C.A42, generowanego przez aparat do magnetoterapii MagnerPlus firmy Astar-ABR, II Kongres Polskiego Towarzystwa Med. Fotodynamicznej i Laserowej. XXV Sympozjum dla Lekarzy i Fizjoterapeutów Med.& Life, Ustroń. 21-22 listopada 2008 r.
8. Sieroń A., Pasek J., Mucha R.: Magnetoterapia. *Rehab. Prakt.*, 2006, 3, 29-32.
9. Mika T.: Fizykoterapia, Wydaw. Lekarskie PZWL, Warszawa, 1996, 325-335.
10. Sieroń A. (red): Zastosowanie pól magnetycznych w medycynie. Alfa Medica Press, Bielsko-Biała, 2002, 1-244.
11. Sieroń A.: Pole magnetyczne w medycynie – stan aktualny. *Ogólnopol. Prz. Med.*, 2005, 5, 55-57.
12. Bieńkowski P., Długosz T.: Electromagnetic fields exposure in biomedical investigations. *Bio-algorithms and med-systems*, 2005, 1 (1/2), 281-286.
13. Karpowicz J., Gryz K., Zardziński P.: Pola elektromagnetyczne w otoczeniu urządzeń fizykoterapeutycznych – aplikatory do terapii zmiennym polem magnetycznym. *Acta Biooptica Inf. Med.*, 2009, 1 (15), 44-48.
14. Karpowicz J., Gryz K.: Dyrektywa dotycząca ekspozycji zawodowej na pola elektromagnetyczne – 2004/40/WE. *Bezp. Pracy*, 11, 2004, 20-23.
15. Dyrektywa 2004/40/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (polami elektromagnetycznymi).

**Adres do korespondencji:**

Dr hab. Leszek Kubisz  
Katedra Biofizyki  
Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu  
Fredry 10  
[lkubisz@ump.edu.pl](mailto:lkubisz@ump.edu.pl)  
Tel. 791-794-657