

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki



Biofizyczne aspekty funkcjonowania żywych organizmów oraz ich interakcji ze środowiskiem

Dr Joanna Wyszowska

Celem tej części wykładu jest przedstawienie wpływu „środowiska elektromagnetycznego” na funkcje życiowe od poziomu całych organizmów aż do poziomu molekularnego. Dyskutowany zostanie problem czy promieniowanie elektromagnetyczne rzeczywiście stanowi zagrożenie oraz jakie są możliwości jego wykorzystania.

Temat pola elektromagnetycznego i jego wpływu na materię ożywioną jak i nieożywioną jest bardzo obszerny i niektóre aspekty wykraczają poza ramy niniejszego wykładu. Założeniem autora jest całościowe ujęcie zagadnienia i pozostawienie studentom „furtok” do dalszego zgłębiania wybranych problemów.

Omówienie materiału rozpocznie się od usystematyzowania wiedzy i przypomnienia podstawowych pojęć związanych z polem elektromagnetycznym oraz właściwościami elektrycznymi i magnetycznymi tkanek. Następnie zaprezentowane zostaną wyniki badań naukowych z różnych ośrodków naukowych na świecie, w tym również Zakładu Biofizyki

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

UMK, z ostatnich kilku lat. Na zakończenie przedstawione zostaną możliwości wykorzystania pola elektromagnetycznego w badaniach laboratoryjnych, diagnostyce medycznej i terapii. W treści wykładu podkreślona zostanie konieczność interdyscyplinarnego podejścia do badania i tłumaczenia wybranych funkcji organizmów oraz jego interakcji ze środowiskiem. Większość prezentowanej w tym opracowaniu treści pochodzi z rozprawy doktorskiej autora (Wyszkowska, 2008), z wyjątkiem fragmentów, gdzie podany jest odnośnik do innych publikacji.

Poniżej podane są szczegółowe zagadnienia, jakie zostały zaplanowane do omówienia w czasie wykładu:

1. Wprowadzenie - Czym jest pole elektromagnetyczne?

- a. Wielkości charakteryzujące pole elektromagnetyczne
- b. Źródła pola elektromagnetycznego (naturalne i sztuczne, przykładowe wartości)

2. Organizm jako biologiczny detektor promieniowania elektromagnetycznego

- a. Właściwości elektryczne i magnetyczne materii
- b. Promieniowanie elektromagnetyczne a tkanka biologiczna
- c. Oddziaływanie pola magnetycznego i elektromagnetycznego różnych częstotliwości i natężeń na organizm ludzki.
- d. Dozymetria i ochrona przed polem elektromagnetycznym - Regulacje prawne oraz zalecenia dotyczące wartości, czasu ekspozycji oraz środków ochrony przed polem elektromagnetycznym. Jednostki naukowobadawcze w kraju i zagranicą zajmujące się problematyką pola elektromagnetycznego.
- e. Problemy towarzyszące badaniom wpływu pola elektromagnetycznego na organizmy
- f. Wybrane publikacje dotyczące badań wpływu pola elektromagnetycznego na organizmy

3. Podstawy teoretyczne oraz wykorzystanie praktyczne praw i zjawisk biofizycznych w badaniach laboratoryjnych, obrazowej diagnostyce medycznej i terapii. Zasady funkcjonowania aparatury diagnostycznej i leczniczej na wybranych przykładach.

- a. Zastosowanie pola magnetycznego niskiej częstotliwości w terapii.
- b. Wprowadzenie do fotomedycyny

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych” realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

- c. Zjawisko jądrowego rezonansu magnetycznego i jego zastosowanie w badaniach laboratoryjnych i diagnostyce lekarskiej
 - podstawy spektroskopii NMR,
 - zastosowanie spektroskopii NMR w medycynie,
 - tomografia NMR
- d. Podstawy fizyczne obrazowania promieniowaniem rentgenowskim (RTG, KT)
- e. Tomografia emisyjna pozytonów PET

Wprowadzenie

Zagadnienie wpływu promieniowania elektromagnetycznego na organizmy żywe budzi od dawna zainteresowanie wśród fizyków, biologów i lekarzy. Gwałtowny rozwój przemysłu (głównie telekomunikacji) powoduje intensywny wzrost liczby źródeł pól elektromagnetycznych. Wprowadzaniu energii elektrycznej do otoczenia człowieka towarzyszyły równie wielkie nadzieje, jak i obawy. Obecnie miejsce dawnego, lepiej już poznanego i zrozumiałego zagrożenia, jakim była dla naszych dziadków „elektryczność”, zajęło nowe zagrożenie - „pole elektromagnetyczne”. Problemowi towarzyszy szybko rosnąca liczba bardziej lub mniej naukowych publikacji o możliwych biologicznych efektach oddziaływania pola elektromagnetycznego na zdrowie ludzi. Podnoszone są co jakiś czas przez opinię publiczną obawy dotyczące szkodliwości oddziaływań elektromagnetycznych odczuwalnych np. jako choroby zawodowe oraz choroby i wady rozwojowe niemowląt, które próbuje się łączyć z miejscem zamieszkania i otoczeniem. Na stan zdrowia człowieka wpływa wiele czynników np. sposób odżywiania, czynniki środowiska, w którym żyje czy też ilość wypijanego alkoholu, czy wypalanych papierosów. Na przebywającego w środowisku człowieka wpływają czynniki biologiczne, chemiczne i fizyczne. Promieniowanie elektromagnetyczne jest czynnikiem fizycznym, który towarzyszy nam zawsze i wszędzie. Obserwowane niepożądane efekty można uznać za koszt, jaki płacimy za postęp techniczny (podobnie jest z rozwojem motoryzacji - coraz więcej osób ginie na drogach, czyli ryzyko śmierci w samochodzie rośnie, a mimo to nie rezygnujemy z tego środka transportu); w krajach wysoko rozwiniętych mimo użytkowania coraz większej liczby źródeł promieniowania elektromagnetycznego średnia długość życia zwiększa się. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) na podstawie dotychczasowych badań stwierdza, że EMF nie

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

powoduje powstawania chorób swoistych. Z drugiej strony istniejące dane, które mówią o pozytywnym wpływie ekspozycji w EMF na niektóre procesy w organizmie, co powoduje rozwój prac w kierunku wykorzystania pola elektromagnetycznego w terapii medycznej. Mimo kilkudziesięciu lat prowadzenia intensywnych prac nad wpływem pola elektromagnetycznego na zdrowie, problem ten wydaje się być wciąż daleki od ostatecznego rozwiązania. Prace te obejmują badania epidemiologiczne, kliniczne, przeprowadzane *in vivo* i *in vitro*, a celem ich jest nie tylko ocena działania pola EM, ale również poznanie mechanizmów tego działania. W pracy zostanie przedstawione jak wiele badań zostało przeprowadzonych nad wpływem pola elektromagnetycznego na żywe organizmy. Były to badania wykonywane na różnym poziomie organizacji, poczynając od procesów molekularnych, a kończąc na populacjach zwierzęcych lub ludzkich. Często jednak podawane wyniki nie korespondują ze sobą lub wręcz są przeciwstawne. Warunki, w jakich przeprowadzane były różne cykle doświadczalne są często nieporównywalne. Brak też całościowych opracowań przygotowanych na podstawie badań na jednym rodzaju organizmu, ale wykonanych na różnych poziomach jego funkcjonowania. Mimo tak dużej liczby wykonanych doświadczeń trudno jest wyciągnąć jednoznaczne wnioski co do wpływu pola EM na organizm.

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki



ŚRODOWISKO ELEKTROMAGNETYCZNE – FAKTY I MITY

Ciekawy link: <http://www.globalresearch.ca/electromagnetic-fields-emf-extremely-low-frequencies-elf-and-radio-frequencies-rf-what-are-the-health-impacts/5335801>

CHARAKTERYSTYKA POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO

Wielkości charakteryzujące pole elektromagnetyczne

Pole elektromagnetyczne jest polem złożonym z przenikających się wzajemnie i zależnych od siebie zmiennych pól elektrycznych i magnetycznych. Ich wzajemny związek opisują **równania Maxwella**, opisane w dalszej części. **Pole elektryczne**, związane z obecnością ładunku elektrycznego, opisywane jest przez **natężenie pola elektrycznego E** , wielkość wektorową, mającą w każdym punkcie przestrzeni wartość, kierunek i zwrot siły **F** , działającej na jednostkowy, nieruchomy ładunek elektryczny q umieszczony w danym miejscu. Wyraża się w jednostce wolt na metr (V/m).

$$E = \frac{F}{q} \quad (1)$$

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

Pole magnetyczne (MF) jest wynikiem ruchu ładunków elektrycznych, powstaje wokół przewodników z prądem i opisywane jest przez siłę \mathbf{F} działającą na ruchomy ładunek znajdujący się w danym jego punkcie. Wartość tej siły wyznacza się na podstawie wzoru:

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (2)$$

gdzie: q - jest wielkością ładunku, \mathbf{v} - prędkość ładunku, \mathbf{B} - wektorem indukcji magnetycznej. Wzór (1.2.) definiuje podstawowy wektor pola magnetycznego, który nosi nazwę **indukcji magnetycznej** \mathbf{B} . Jednostką indukcji magnetycznej jest **tesla** (T). Drugą wielkością wektorową opisującą pole magnetyczne w każdym punkcie przestrzeni jest **natężenie pola magnetycznego** \mathbf{H} wyrażane w amperach/metr (A/m).

Te dwie wielkości powiązane są ze sobą zależnością:

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H} \quad (3)$$

gdzie μ jest **przenikalnością magnetyczną**; w próżni i w powietrzu jej wartość wynosi

$$\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A} \quad (4)$$

Na podstawie wzorów (2.3.) i (2.4.) możemy wyznaczyć związek między jednostkami wektorów \mathbf{H} i \mathbf{B} :

$$1T = 8 \cdot 10^5 A/m \text{ lub } 1 A/m = 1,25 \mu T$$

Jeżeli w polu elektromagnetycznym znajdzie się cząsteczka obdarzona ładunkiem, która nie będzie się poruszać, to będzie na nią oddziaływać jedynie siła pochodząca od składowej elektrycznej. Jeśli jednak cząsteczka będzie w ruchu, działająca na nią siła będzie sumą sił pochodzących od obu składowych: magnetycznej i elektrycznej. Nazwano ją **siłą Lorentza**.

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (5)$$

Wg wzoru definiuje się ją jako siłę \mathbf{F} , z jaką pole elektryczne o natężeniu \mathbf{E} i magnetyczne o indukcji \mathbf{B} działają na ładunek q poruszający się z prędkością \mathbf{v} .

Dla małych częstotliwości rzędu kilku – kilkuset herców można w prosty sposób zmierzyć zarówno wielkość **składowej elektrycznej** (natężenie \mathbf{E} [V/m]) jak i **składowej magnetycznej** (natężenie: \mathbf{H} [A/m], indukcja \mathbf{B} [T]).

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

Dla wyższych częstotliwości (np. radiowych) z racji problemów pomiarowych jako parametr podaje się **gęstość mocy** określaną w W/m^2 . Oczywiście można w każdym przypadku obliczyć zarówno wielkość składowej magnetycznej jak i elektrycznej.

Wektor Poyntinga – wektor określający strumień energii przenoszonej przez pole elektromagnetyczne

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H} = \frac{1}{\mu} \vec{E} \times \vec{B} \quad (6)$$

SAR (ang. *Specific Absorption Rate*)

W celu opisu wpływu pól elektromagnetycznych na organizmy żywe, wprowadzono parametr przyrostu energii absorbowanej – tzw. absorpcyjność- SAR .

Wielkość ta opisuje przyrost energii (dW) absorbowanej lokalnie przez tkankę o danej masie (dm) lub uśredniona na cały organizm o określonej gęstości (ρ) i objętości (dV).

Absorpcyjność określa energię pochłanianą w zadanym czasie (dt):

$$\text{SAR} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{\rho \cdot dV} \right) \quad (7)$$

W celu dokładnego wyznaczenia wielkości energii absorbowanej przez daną masę, wykorzystywane są informacje charakteryzujące właściwości elektryczne danej tkanki organizmu żywego.

Za pomocą konduktywności tkanki, czyli miary zdolności materiału do przewodzenia prądu elektrycznego – σ [S/m], skutecznej wartości natężenia pola elektrycznego w tkance – E [V/m] oraz gęstości właściwej tkanki – ρ [kg/m³], :

$$\text{SAR} = \frac{\sigma \cdot E^2}{\rho} \left[\frac{W}{kg} \right] \quad (8)$$

SAR i telefonia komórkowa

- ▶ Oszacowanie wielkości SAR, dla którego występuje mierzalny przyrost temperatury całego ciała lub jego części jest bardzo trudne ze względu na działanie układu termoregulacyjnego człowieka.
- ▶ Powoduje on, że pochłanianie energii elektromagnetycznej w ciele nie musi powodować proporcjonalnego wzrostu temperatury.

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

- ▶ Przyjmuje się, że przyrost temperatury rektalnej o **2,2°C** w ciągu 1h (od 37 do 39,2°C) następuje przy SAR dla całego ciała równym ok. **4 W/kg**
- ▶ Np. Pole EM o częstotliwości **2,6 GHz**, **SAR = 4W/kg** osiągnięty zostanie dla gęstości mocy padającej równej ok. **10³ W/m²**
- ▶ Limitem w użytkowaniu telefonów komórkowych SAR w wysokości 2 W/kg dla głowy człowieka.
- ▶ Telefony komórkowe bada się w warunkach ekstremalnych, tj. przy najwyższym poziomie energii, np. **2 W** energii szczytowej, co odpowiada **0,25 W** maksymalnej ważonej czasem uśrednionej energii transmitowanej dla GSM 900 MHz.
- ▶ Maksymalne **lokalne wartości SAR** uśrednione dla 10 g tkanki wynoszą zazwyczaj od **0.2 do 1.5 W/kg**, w zależności od telefonu komórkowego
- ▶ Kontrola energii telefonu GSM automatycznie zmniejsza energię transmitowaną o **10³** (GSM) i około **10⁹** (UMTS) razy wówczas

Równania Maxwella

Klasyczna teoria elektromagnetyzmu opiera się na równaniach Maxwella, które opisują przestrzenne i czasowe zależności wiążące ze sobą pole elektryczne i magnetyczne. Poniżej przedstawione zostały równania Maxwella w postaci różniczkowej (układ SI):

$$c^2 \nabla \times \mathbf{B} = \frac{\mathbf{j}}{\varepsilon_0} + \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \text{ - zmodyfikowane prawo Ampere'a,} \quad (9a)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \text{ - prawo Faradaya,} \quad (9b)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \text{ - prawo Gaussa dla elektryczności,} \quad (9c)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \text{ - prawo Gaussa dla magnetyzmu,} \quad (9d)$$

Występująca w równaniach wielkość ε_0 to stała dielektryczna próżni (przenikalność elektryczna próżni), a stała c to prędkość światła w próżni. Z przedstawionych równań wynika, że pole magnetyczne może powstawać dzięki ruchowi ładunków (prądy elektryczne)

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

lub dzięki zmiennemu polu elektrycznemu (9a), a źródłami pola elektrycznego mogą być nie tylko ładunki elektryczne, ale również zmieniające się w czasie pole magnetyczne (9b). Równania te nie są symetryczne względem pól magnetycznego i elektrycznego, co związane jest z tym, że w przyrodzie istnieją ładunki elektryczne (9c), ale nie ma ładunków magnetycznych (pole magnetyczne jest bezźródłowe) (9d).

Z równań Maxwella wynika, że zmienne pole magnetyczne jest zawsze związane z wytwarzanym przez nie polem elektrycznym, a zmienne pole elektryczne zawsze związane jest z wytwarzanym przez nie polem magnetycznym. Oznacza to, że pole elektryczne i magnetyczne są nierozzerwalnie związane z sobą i tworzą razem pole elektromagnetyczne.

ŹRÓDŁA POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO

Ekspozycja spowodowana przez pola elektryczne i magnetyczne w zakresie ELF pochodzi z bardzo licznych źródeł, które możemy podzielić na naturalne i wytworzone przez człowieka (sztuczne) (IARC 2002, 2006; SCENIHR 2007).

Naturalne pole elektryczne

Naturalne pole elektryczne przy powierzchni Ziemi jest **połem stałym** o średniej wartości około 130 V/m. Wynika ono z rozdzielania ładunku elektrycznego pomiędzy atmosferą i ziemią. Ziemia przypomina sferyczny kondensator, w którym okładkami są ziemia (ujemnie naładowana) i wyższe warstwy atmosfery (jonosfera, dobrze przewodząca elektryczność, naładowana dodatnio). Wartość natężenia jest różna w różnych miejscach (największa jest w średnich szerokościach geograficznych i maleje w kierunku do równika i biegunów). Wartość EF maleje również ze zmianą wysokości osiągając 30V/m na wysokości 1 km, 5 V/m na wysokości 9 km nad powierzchnią Ziemi. Na EF wpływają także burze poprzez zmianę wielkości przenoszenia ładunku pomiędzy ziemią i wyższymi partiami atmosfery. Pole elektryczne w czasie burzy wynosi 3 - 20 kV/m. **Zmienne pole** o niskiej częstotliwości jest związane przede wszystkim z aktywnością burzową i magnetycznymi pulsacjami, które wywołują prądy wewnątrz Ziemi (prądy telluryczne). Natężenie ziemskiego pola elektrycznego zmienia się w czasie i w zakresie częstotliwości 0,001 – 5 Hz. Natężenie

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

naturalnego pola elektrycznego przy częstotliwościach mocy 50 Hz lub 60 Hz wynosi ok. 10^{-4} V/m (WHO, 1992; Ingot-Siemaszko, 1997; Zmyślony, 2000).

Naturalne pole magnetyczne

Całkowite naturalne pole magnetyczne obserwowane na powierzchni Ziemi jest przejawem zarówno źródeł (prądów) zlokalizowanych we wnętrzu Ziemi (głównie w jądrze Ziemi, jak i na zewnątrz, wokół Ziemi: w jonosferze i w magnetosferze. Na tej podstawie naturalne pole magnetyczne można podzielić na pole wewnętrzne, powstające na wskutek działania Ziemi jako magnesu trwałego (jak to założył po raz pierwszy Sir William Gilbert (1544 - 1603)) i pole zewnętrzne powstające w wyniku zjawisk zachodzących w górnych warstwach atmosfery, na które składa się m. in. aktywność słońca, prądy telluryczne, aktywność atmosfery, promieniowanie kosmiczne. **Wewnętrzne pole magnetyczne Ziemi** powstaje w wyniku wirowych prądów elektrycznych w wyższych, płynnych warstwach jądra Ziemi. Stanowi główną dominującą część pola obserwowanego na powierzchni Ziemi. Jego zmienność jest na tyle wolna, że można je uznać za pole stałe. Natężenie tego pola zmienia się od wartości maksymalnej wektora prostopadłego około 50 A/m ($63 \mu\text{T}$) na biegunach do maksymalnej wartości wektora równoległego około 23 A/m ($29 \mu\text{T}$) na równiku. Na naszych szerokościach geograficznych składowa prostopadła wektora indukcji magnetycznej wynosi $50 \mu\text{T}$, a równoległa $20 \mu\text{T}$. (WHO, 1992; Zmyślony 2000).

Pole magnetyczne zewnętrzne, czyli pole o źródłach zewnętrznych obserwowane na powierzchni Ziemi ma relatywnie małą wartość (zwykle kilkadziesiąt nanotesli [nT]) i szybką zmienność w czasie na tle całego mierzonego pola. Zmiany w polu magnetycznym związane są z aktywnością słoneczną. Innymi przyczynami zmian w naturalnym polu magnetycznym są burze atmosferyczne, zmiany atmosferyczne i jonizacja powietrza. Przy 50 lub 60 Hz naturalne pole magnetyczne wynosi ok. 10^{-9} mT. (WHO, 1992; Zmyślony, 2000).

Sztuczne źródła pola elektromagnetycznego

Główne sztuczne źródła pola EM z zakresu ELF to sprzęt gospodarstwa domowego, pobliskie linie zasilania i linie wysokiego napięcia, instalacje domowe oraz zelektryfikowane systemy transportu. Inne przykładowe źródła, mające zastosowanie przemysłowe, to piece

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

indukcyjne i łuku świetlnego oraz sprzęt spawalniczy. Najwyższe wartości pola elektrycznego na ogół występują blisko linii wysokiego napięcia i mogą osiągać 5 kV/m. Najwyższe wartości indukcji magnetycznej występują obok pieców indukcyjnych oraz sprzętu spawalniczego, gdzie mogą osiągać poziom kilku mT.

Najsilniejsze pole elektryczne wytworzone przez człowieka występuje wokół linii wysokiego napięcia 50 lub 60 Hz. Wartości tych pól wynoszą około 10 kV/m wewnątrz korytarza przesyłowego i maleje do poziomu 10^{-4} V/m w odległości 10^3 m. Ekspozycja człowieka przechodzącego pod linią wynosi ok. 2-5 kV/m natężenia pola elektrycznego lub 100 - 400 V/m w przypadku linii średnich napięć.

Pole magnetyczne pod przewodami linii przesyłowej może osiągać wartości od kilkunastu do kilkudziesięciu A/m, ale w miejscach przebywania ludzi zwykle nie przekracza 0,1-1 A/m (0,13 -1,3 μ T). Maksymalna wartość, jaką osiąga indukcja pola magnetycznego w pobliżu powierzchni ziemi pod liniami wysokiego napięcia wynosi 40 μ T . Wartość indukcji zależy od wysokości linii oraz od wartości płynącego prądu i spada wraz z kwadratem odległości od linii. W przypadku linii średnich napięć (10 kV – 30 kV) i linii doprowadzających (400 V) osiągane wartości indukcji magnetycznej są znacznie niższe i wynoszą zazwyczaj 0,5 – 3 μ T. Są to wartości niższe niż wartość pola magnetycznego w pobliżu urządzeń domowych wynosząca 1 mT (WHO, 1992).

Wewnątrz domów, w pobliżu urządzeń i przewodów niskiego napięcia występuje zewnętrzne pole elektryczne o wartości 10^{-1} – 10^2 V/m w zależności od napięcia sieci zasilającej i odległości. Średnia wartość pola magnetycznego występującego w domach wynosi 10^{-2} mT, w pobliżu urządzeń gospodarstwa domowego wynosi ok. 1 mT. Największe wartości przyjmuje indukcja magnetyczna w pobliżu urządzeń domowych posiadających silniki, transformatory i grzałki. Tak wysokie poziomy ekspozycji występują lokalnie i gwałtownie maleją z odległością np. w odległości 5 cm od odkurzacza wartość indukcji magnetycznej wynosi 40 uT, ale już w odległości 1m wynosi 0,2 uT. Największe wartości składowej magnetycznej wytwarzają poduszki elektryczne, wartość wytwarzanej indukcji wynosi ok. 1 - 5uT, a układane są często w pobliżu głowy (WHO, 1992).

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

- ▶ Najbardziej popularnymi nadajnikami są urządzenia pracujące w paśmie UKV/VHF (radio)
 - ▶ zasięg takiej stacji nie przekracza 60 – 80 kilometrów
 - ▶ nadajniki emitują moc rzędu **500 W – kilka kW**.
- ▶ Zbliżona do radiowej gęstość występowania nadajników cechuje również sieci telewizyjne.
 - ▶ moce nadajników mieszczą się w przedziale od **1 kW do 40 kW**.
- ▶ Bardzo popularne jest również pasmo 27 MHz, zwane CB (Citizen Band – pasmo obywatelskie).
 - ▶ Moce emitowane przez tego typu urządzenia to **4 -10 Watów**.
 - ▶ Moce terminali (telefonów) i wynoszą max **2 W** dla pasma 900 MHz, **1 W** dla 1800 MHz, **0,2 W** UMTS.
- ▶ Moce emitowane przez **stacje bazowe** są rzędu **kilku - kilkudziesięciu Watów**.
 - ▶ Nominalne moce nadajników sięgają **45 W**, lecz straty występujące w torze antenowym powodują, że do anteny dostarczana jest moc zawsze mniejsza od nominalnej (w praktyce straty mogą sięgnąć **50 – 80 %** co oznacza, że do anteny jest doprowadzana moc rzędu **kilku – kilkunastu Watów**).

Widmo fal elektromagnetycznych

- ▶ W zależności od **długości fali** lub **częstości** zwyczajowo dzieli się całe widmo elektromagnetyczne na zakresy
- ▶ Skala nie ma końców, nie ma bowiem żadnego naturalnego ograniczenia długości fali elektromagnetycznej z żadnej ze stron.
- ▶ W widmie elektromagnetycznym nie ma przerw
- ▶ Wszystkie fale elektromagnetyczne, niezależnie od tego, do jakiego zakresu widma należą, rozchodzą się w próżni (w przestrzeni kosmicznej) z taką samą prędkością c .

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
 realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

		CZĘSTOTLIWOŚĆ [HZ]	DLUGOŚĆ FALI	RODZAJ PROMIENIOWANIA	TYPOWE ŹRÓDŁA
PROMIENIOWANIE	NIJONIZUJĄCE	0	brak	DC	Magnesy trwałe, ziemskie pole magnetyczne, silniki elektryczne
		50	6000 km	ELF	Sieć zasilająca
		$3 \cdot 10^3 - 3 \cdot 10^8$	10 km - 1 m	FALE RADIOWE	Telewizory, monitory
					Łączność radiowa (Maszty radiowe)
					Telewizja
		$3 \cdot 10^8 - 3 \cdot 10^{12}$	100 - 1mm	MIKROFALE	Kuchenki mikrofalowe, telefony komórkowe
					Łączność satelitarna
				Urządzenia radarowe	
	$300 \cdot 10^9 - 385 \cdot 10^{12}$	780 nm - 1mm	PODCZERWIEN (IR)	Substancje o temp. > 0K Lampy grzewcze	
	$(385-790) \cdot 10^{12}$	380-780 nm	WIDZIALNE (VIS)	Słońce Lampy oświetleniowe	
$(790 - 1070) \cdot 10^{12}$	280 - 380 nm	NADFIOLETOWE (UV-A, UV-B)	Reakcje na Słońcu Światło słoneczne		
$1070 \cdot 10^{12} - 3 \cdot 10^{15}$	10-280 nm	NADFIOLETOWE (UV-C)			
JONIZUJĄCE	$3 \cdot 10^{16} - 3 \cdot 10^{19}$	0,1 Å - 10 nm	P. RENTGENOWSKIE (X)	Aparatura medyczna	
	$< 3 \cdot 10^{19}$	< 0,1 Å	P. GAMMA (γ)	Zróżła izotopowe (radioterapia: ^{226}Ra , ^{60}Co , ^{137}Cs)	

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$1 \text{ Å (angstrom)} = 10^{-10} \text{ m}$$

$$0,1 \text{ Å} = 10^{-1} \cdot 10^{-10} = 10^{-11}$$

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

WŁAŚCIWOŚCI ELEKTRYCZNE I MAGNETYCZNE MATERII

Omówienie magnetycznej cieczy i magnetycznej lewitacji żaby, jako przykładów własności magnetycznych i elektrycznych materii.

MECHANIZMY ODDZIAŁYWANIA POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO EKSTREMALNIE NISKIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI Z OBIEKTAMI BIOLOGICZNYMI

W rozdziale tym przedstawione zostaną zjawiska fizyczne, które pojawiają się, kiedy organizm (żywy układ) jest ekspozycyjny w określonym rodzaju pola i które należy wziąć pod uwagę przy próbie wyjaśniania jak pole EM może wywoływać efekty zdrowotne.

Wnętrze przewodzącego obiektu, takiego jak ludzkie ciało jest ekranowane przed **stałym polem elektrycznym**. Jednakże pole to może indukować ładunki elektryczne na powierzchni ekspozycyjnych ludzi. W silnym polu może to być odczuwane jako ruch włosów na ciele. Dodatkowo, dotykając metalowych obiektów, „naładowana” osoba może doznać elektrycznego wstrząsu lub przeskoku iskry. Poza tymi efektami nie jest znany inny bezpośredni wpływ stałego pola elektrycznego na organizmy.

W przeciwieństwie do pola elektrycznego, **stałe pole magnetyczne** może bez przeszkód wnikać do tkanek biologicznych. Pole to może bezpośrednio wpływać na poruszające się ładunki (jony, białka itp.) i na materiały magnetyczne znajdujące się w tkankach poprzez kilka fizycznych mechanizmów. Jednakże przy poziomach pola występujących w środowisku, jedynie znaczącym mechanizmem jest indukcja stałego pola elektrycznego i prądów w tkankach. Dlatego więc, chociaż zewnętrzne pole elektryczne nie może wnikać do wnętrza ciała, to zewnętrzne pole magnetyczne może wywoływać pole elektryczne wewnątrz ciała.

Tak jak stałe pole elektryczne jest przyczyną pojawiania się ładunków na powierzchni ciała, tak **oscylujące pole elektryczne ELF** może indukować ładunki, które zmieniać się będą stale i regularnie w czasie (wpływa na rozkład ładunków elektrycznych i powoduje powstanie prądu elektrycznego wewnątrz ciała). Stały przepływ ładunków powierzchniowych wywoła oscylujące wewnętrzne pole elektryczne i prądy. Ale efekty te zależą od

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

częstotliwości i są niewielkie dla pola z zakresu ELF. Zazwyczaj indukowane pole elektryczne jest więcej niż milion razy słabsze niż pole zewnętrzne.

Oscylujące pole magnetyczne może również indukować wirowe pole elektryczne i prądy, ale głównie w tkankach powierzchniowych. Te efekty również zależą od częstotliwości i są małe dla pola ELF (indukowane prądy zależą od intensywności zewnętrznego pola i wielkości pętli, przez którą przepływa prąd). Krótkotrwałe pole magnetyczne, które jest wytwarzane podczas włączania i wyłączania urządzenia może indukować silne pole elektryczne i prądy, ale tylko na bardzo krótki okres.

Pola elektryczne i magnetyczne, aby wywołać efekty zdrowotne, najpierw muszą oddziaływać na biologiczne cząsteczki lub struktury i wywołać zmianę przez przekazanie energii. I odwrotnie - musi powstać sygnał, który może być rozpoznany i wzmocniony przez komórki, wywołując odpowiedź organizmu, która może być szkodliwa lub nie. Czyli można to podsumować w następujący sposób: jeśli poziom ekspozycji jest niższy niż „szum”, nie nastąpi przekazanie energii. Jeśli jednak dojdzie do przekazania energii, to uzyskany sygnał nie zostanie wzmocniony i może pozostać niezauważony przez komórki. Gdy komórki zarejestrują sygnał i sygnał ten będzie się znajdował w zakresie normalnych zmian, może nie pojawić się na niego odpowiedź. Jeśli wystąpi odpowiedź, może wywołać efekt czuciowy lub żadnego efektu nie wywołać. Nie powoduje jednak efektów szkodliwych. Efekty niepożądane z kolei możemy podzielić na odwracalne, adaptację i chorobę.

Wiele naukowych modeli zostało zaproponowanych do wyjaśnienia podstawowych dróg, którymi pola ELF mogłyby oddziaływać z komórkami i tkankami. Są to np. bezpośrednie przekazanie energii, siły na naładowane cząsteczki takie jak białka, wzrost czasu życia wolnych rodników. Środowisko żyjących komórek jest elektrycznie „zasmucone”, ponieważ występują przypadkowe ruchy jonów i naładowanych cząsteczek. Jeśli „sygnał” wywołany przez pole ELF ma być zauważony przez komórkę, musi być silniejszy niż średni poziom szumu. Ta zasada może służyć do zwiększenia możliwości przyjęcia proponowanych modeli naukowych. Przy poziomach pola występujących w środowisku wiele modeli okazuje się fizycznie niemożliwych.

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

- ▶ Przy pochłanianiu dowolnego rodzaju promieniowania elektromagnetycznego przez materię należy mieć na uwadze zarówno właściwości falowe jak i właściwości kwantowe tego promieniowania
- ▶ Efekty kwantowe przejawiają się tym wyraźniej, im większa jest częstość promieniowania
- ▶ Wszystkie rodzaje fal elektromagnetycznych w całym ich zakresie wywierają różnorodne wpływy:
 - ▶ Ciepłne
 - ▶ Fotochemiczne
 - ▶ Jonizacyjne

REGULACJE PRAWNE DOTYCZĄCE OCHRONY PRZED PROMIENIOWANIEM ELEKTROMAGNETYCZNYM

Szybki w ostatnim czasie rozwój telekomunikacji, budowa sieci bezprzewodowych powodują lawinowy wzrost ilość nowych źródeł niejonizującego promieniowania elektromagnetycznego. Sytuacja ta spowodowała, że kwestia ochrony ludności przed skutkami jego ponadnormatywnego oddziaływania staje się coraz bardziej istotna. W trosce o zdrowie człowieka wprowadzono normy i ograniczenia dotyczące lokalizacji i użytkowania emisji promieniowania elektromagnetycznego.

W prawodawstwie Unii Europejskiej podstawowym dokumentem dotyczącym ochrony ludności przed polami elektromagnetycznymi jest przyjęta 12 lipca 1999 roku *Rekomendacja Rady Europejskiej w sprawie ograniczenia ekspozycji ludności na pola elektromagnetyczne o częstotliwościach od 0 Hz do 300* (Council Recommendation, 1999). Dokument ten został utworzony głównie w oparciu o zalecenia Międzynarodowej Komisji ds. Ochrony przed Promieniowaniem Niejonizującym (*International Commission on Nonionizing Radiation Protection- ICNIRP*). ICNIRP z kolei szeroko współpracuje i wymienia doświadczenia z organizacjami międzynarodowymi będącymi partnerami w badaniach nad ochroną przed promieniowaniem niejonizującym. Są to m.in. takie organizacje jak Światowa Organizacja zdrowia (*World Health Organization- WHO*), Międzynarodowe Stowarzyszenie

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

Ochrony Radiacyjnej (*International Radiation Protection Association - IRPA*), Państwowa Rada do Spraw Ochrony Radiologicznej i Pomiarów (*National Council for Radiation Protection and Measurements - NCRP*), Instytut Inżynierów Elektryków i Elektroników (*Institute of Electrical and Electronic Engineers - IEEE*), Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa (*The International Commission on Illumination - CIE*), Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna (*The International Electrotechnical Commission - IEC*) i inne. Rekomendacja Rady Europejskiej stanowi jedyny oficjalny akt Unii Europejskiej odnoszący się do kwestii oddziaływań pola elektromagnetycznego. Wprowadzone są w niej pojęcia ograniczeń podstawowych i norm. Ograniczenia w ekspozycji na pole elektromagnetyczne oparte na ustalonych efektach zdrowotnych i biologicznych są nazwane ograniczeniami podstawowymi. Normy dotyczące ekspozycji są wprowadzone dla porównania wartości zmierzonych wielkości. W trakcie oceny ekspozycji określają czy podstawowe ograniczenia nie zostały przekroczone. Normy służące ograniczeniu ekspozycji zostały utworzone na podstawie ograniczeń podstawowych dla warunków największej ekspozycji, aby zapewnić maksymalną ochronę. Część norm określono na podstawie ograniczeń podstawowych, używając pomiarów lub i technik obliczeniowych, a część na podstawie spostrzeżeń i innych nieswoistych szkodliwych efektów ekspozycji na pole elektromagnetyczne

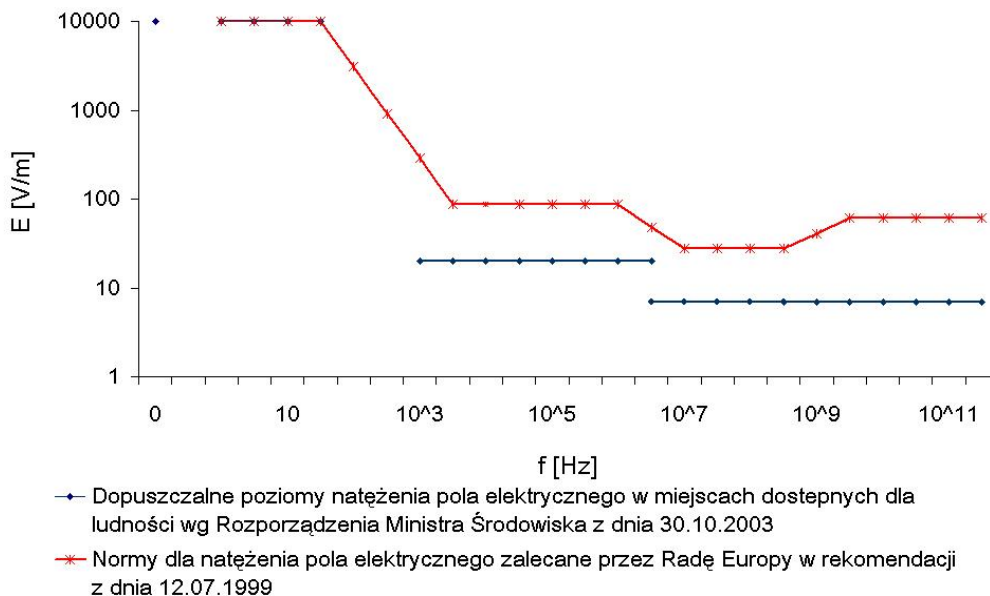
W Polsce podstawowym źródłem prawa w zakresie ochrony środowiska przed elektromagnetycznym promieniowaniem niejonizującym jest *Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. - Prawo ochrony środowiska* (Ustawa, 2001). Wg Art. 121 tej ustawy ochrona przed polem elektromagnetycznym polega na

1) zapewnieniu jak najlepszego stanu środowiska poprzez utrzymanie poziomów pól elektromagnetycznych poniżej poziomów dopuszczalnych lub co najmniej na tych poziomach albo przez 2) zmniejszenie poziomów tych pól do wartości dopuszczalnych, w przypadku ich przekroczenia. Wartości dopuszczalne określone zostały w *Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów* (Rozporządzenie Ministra Środowiska, 2003). Rozporządzenie określa: 1) dopuszczalne poziomy pola elektromagnetycznego w środowisku, zróżnicowane dla terenów przeznaczonych pod zabudowę mieszkaniową i miejsc dostępnych dla ludności; 2) zakresy

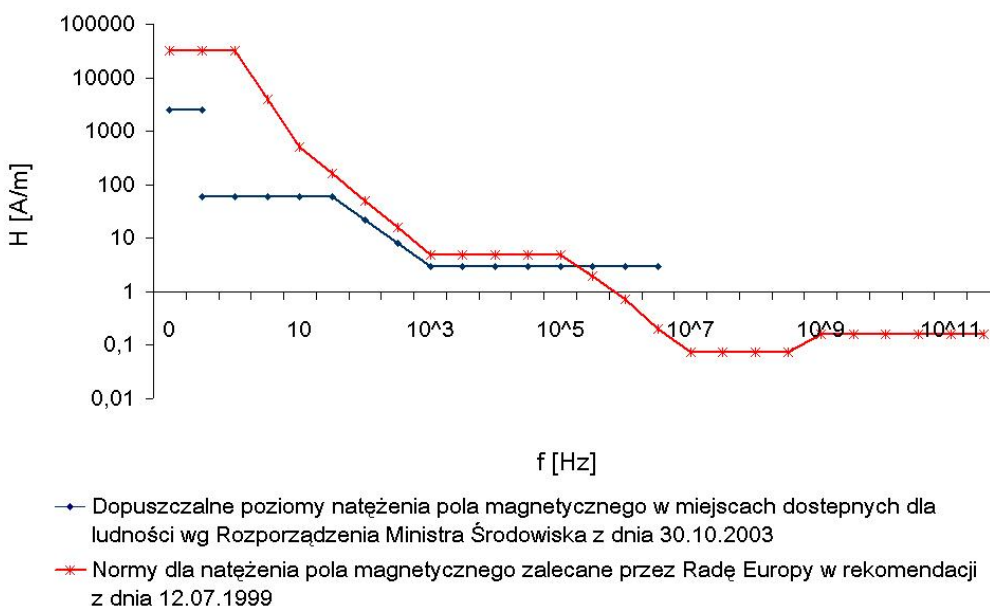
Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

częstotliwości pola elektromagnetycznego, dla których określa się parametry fizyczne, charakteryzujące oddziaływanie pola elektromagnetycznego na środowisko; 3) metody sprawdzania dotrzymania dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych, o których mowa w pkt 1; 4) metody wyznaczania dotrzymania dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych, o których mowa w pkt 1. Według tego rozporządzenia dopuszczalne poziomy elektromagnetycznego promieniowania niejonizującego wyrażone poprzez wartości graniczne składowej elektrycznej i magnetycznej promieniowania niejonizującego o częstotliwości 50 Hz na terenach przeznaczonych pod zabudowę mieszkaniową wynoszą odpowiednio $E = 1 \text{ kV/m}$, $H = 60 \text{ A/m}$. W innych miejscach dostępnych dla przebywania ludzi natężenie takiego pola elektrycznego nie może przekraczać wartości granicznej $E = 10 \text{ kV/m}$, a magnetycznej składowej pola $H = 60 \text{ A/m}$. Normy powyższe nie dotyczą miejsc niedostępnych dla ludzi. Dla sytuacji opisanej powyżej dyrektywa unijna rekomenduje wartości $E = 5 \text{ kV/m}$ i $H = 80 \text{ A/m}$. Dodatkowo rozporządzenie opisuje metody sprawdzania dotrzymania dopuszczalnych poziomów pola elektromagnetycznego w środowisku, a także wyznaczania dotrzymania dopuszczalnych poziomów ekspozycji pól elektromagnetycznych, jeżeli w środowisku występują pola elektromagnetyczne z różnych zakresów częstotliwości. Poniżej zamieszczone zostały wykresy przedstawiające dopuszczalne wartości składowych elektrycznej (ryc. 2.1) i magnetycznej (ryc. 2.2) dla miejsc dostępnych dla ludności. Porównano wartości z Rozporządzenia Ministra Środowiska oraz normy zalecane przez Radę Europy.

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych” realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki



Ryc. 1. Dopuszczalne poziomy natężenia dla składowej elektrycznej dla różnych częstotliwości.



Ryc. 2. Dopuszczalne poziomy natężenia dla składowej magnetycznej dla różnych częstotliwości.

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

Analizując wytyczne rekomendacji unijnej oraz postanowienia prawa polskiego w dziedzinie ochrony ludności i środowiska przed elektromagnetycznym promieniowaniem niejonizującym, można zauważyć, że:

- Wartości zalecane przez Unię Europejską są znacznie wyższe niż dopuszczalne wartości natężeń pól elektrycznego i magnetycznego, dobrym przykładem może być wartość gęstości mocy dla pól mikrofalowych. Wg rekomendacji unijnej wartość ta nie powinna przekroczyć 10 W/m^2 , natomiast prawo polskie mówi o wartości $0,1 \text{ W/m}^2$.
- Najwyższe wartości norm i dopuszczalnych poziomów dotyczą pól stałych i wolnozmiennych, co świadczy, że wpływ tego promieniowania na środowisko został uznany jako znikomy.
- Porównując przebieg wykresów można zauważyć ciągłość norm unijnych dla całego zakresu częstotliwości w przeciwieństwie do polskich regulacji, gdzie dopuszczalne poziomy ustalane zostały w sposób skokowy i wartości są stałe dla danego przedziału częstotliwości.

Od kilku lat w Polsce prowadzone są intensywne prace, których celem jest dostosowanie polskiego prawa do prawa Wspólnoty Europejskiej. Jednym z efektów tych wysiłków jest próba ujednolicenia polskich wytycznych ochrony ludności i środowiska przed elektromagnetycznym promieniowaniem niejonizującym z normami unijnymi.

Najnowsze dokumenty:



 Dokument podpisany
przez Jarosław Deminert;
RCL
Data: 2014.06.23
15:19:04 CEST

DZIENNIK USTAW

RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Warszawa, dnia 23 czerwca 2014 r.

Poz. 817

ROZPORZĄDZENIE
MINISTRA PRACY I POLITYKI SPOŁECZNEJ¹⁾

z dnia 6 czerwca 2014 r.

w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

DYREKTYWY

DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2013/35/UE

z dnia 26 czerwca 2013 r.

w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na zagrożenia spowodowane czynnikami fizycznymi (polami elektromagnetycznymi) (dwudziesta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG) i uchylająca dyrektywę 2004/40/WE

Jednostki naukowobadawcze w kraju i zagranicą zajmujące się problematyką pola elektromagnetycznego (poniżej prezentacja głównych ośrodków w Polsce).

<http://www.ptze.pl/>

<http://www.ciop.pl/>

<http://www.sep.com.pl/>

<http://www.wim.mil.pl/>

<http://www.wihe.waw.pl>

<http://www.imp.lodz.pl>



PTZE POLSKIE TOWARZYSTWO ZASTOSOWAŃ ELEKTROMAGNETYZMU

Misja

Cele działalności Polskiego Towarzystwa Zastosowań Elektromagnetyzmu

Cele działalności Polskiego Towarzystwa Zastosowań Elektromagnetyzmu zostały sformułowane w Statucie PTZE oraz w Uchwale Programowej I-ego Walnego Zgromadzenia PTZE. Mimo upływu lat są one nadal aktualne i są systematycznie, wytrwale i cierpliwie, realizowane przez kolejne Zarządy PTZE. Najogólniej sprowadzają się one do następujących punktów:

- ✓ promocja współdziałania uczonych reprezentujących różne dyscypliny w dziedzinie zastosowań elektromagnetyzmu
- ✓ wymiana informacji naukowej
- ✓ pomoc w szkoleniu młodej kadry naukowej poprzez wymianę stypendialną
- ✓ organizowanie staży badawczych
- ✓ organizowanie sympozjów i kursów szkoleniowych, zarówno krajowych jak i zagranicznych

LOGOWANIE
E-mail

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych” realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

CIOP PIB CENTRALNY INSTYTUT OCHRONY PRACY - PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Wyszukiwanie zaawansowane

O instytucje

Tu jesteś: ... / O Instytucje / Struktura organizacyjna

Zakład Bioelektromagnetyzmu

Opis

Eksploatacja urządzeń elektrycznych skutkuje oddziaływaniem pól elektromagnetycznych na ludzi i środowisko materialne. Instytut należy do placówek o najdłuższym doświadczeniu w badaniach zagrożeń elektromagnetycznych, zarówno w kraju, jak i na forum międzynarodowym.

Kierownictwo

Kierownik Zakładu
dr inż. **Jolanta Karpowicz**
jokar[at]ciop.pl

Pracownie

- Pracownia Zagrożeń Elektromagnetycznych
- Laboratorium Elektryczności Statycznej

Pracownicy

- Pracownia Zagrożeń Elektromagnetycznych

AKTUALNOŚCI **KONFERENCJE, SEMINARIA, WYSTAWY** **TARGI** **CZASOPISMA** **GIELDA PRACY** **FORUM**

SEP STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH

Kontakt z ZG SEP: sep@sep.com.pl
UWAGA: Ta strona używa cookies. Brak zmiany w przeglądarce oznacza zgodę na ich wykorzystywanie. Więcej informacji w polityce cookies.

PREZYDENT.PL
Honorowy Patronat
Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej
Bronisława Komorowskiego

Kielce, 5-6 marca 2015 r.
XVIII Międzynarodowe Targi Energetyki ENEX

XIII Targi Odnawialnych Źródeł Energii ENEX - NOWA ENERGIA
XVI Międzynarodowe Targi Ochrony Środowiska i Gospodarki Odpadami - EKOTECH

Misja gospodarcza SEP
24 - 27 marca 2015
Brno (Rep. Czeska)

AMPER 2015
Future technologies

XXII Międzynarodowe Targi Elektrotechniki, Elektroniki Automatyki, Techniki Komunikacyjnych, Oświetlenia i Technologii Bezpieczeństwa

SWIATLO 2015 - XXIII Międzynarodowe Targi Sprzętu Oświetleniowego
FIKTROTECHNIKA 2015 - VIII Międzynarodowe Targi Sprzętu Elektrycznego i Systemów Zabezpieczeń

Fundusz Stypendialny SEP im. Lecha Grzelaka

NOBE FUNDACJA NARODOWY OŚRODEK BEZPIECZENSTWA ELEKTRYCZNEGO

Zarząd Główny SEP ustanowił rok 2015 Rokiem prof. Alfonsa Hoffmanna

- STROJA GŁÓWNIĄ
- ORGANIZACJA
- AGENDY GOSPODARCZE
- ODDZIAŁY I OŚRODKI RZECZOZNAWSTWA
- REKOMENDACJE
- ODZIĄKI, MEDALE NADANE W SEP
- WSPÓLPRACA MIĘDZYMIARODOWA
- OPRACOWANIA
- REGULAMINY, KONKURSY
- POROCZENIA
- OPINIE I STANOWISKA
- PRZYDATNE LINKI
- ARCHIWUM
- KONTAKT

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych” realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki



WOJSKOWY INSTYTUT MEDYCZNY
Military Institute of Medicine

50 LAT 1918-2018

Medycyna w Mundurze
WOJSKOWY INSTYTUT MEDYCZNY

O INSTYTUCIE » PION MEDYCZNY » PION NAUKI » KSZTAŁCENIE » DLA PACJENTA » INNE » KONTAKT SZUKAJ

Twitter Facebook BIP

O Instytucie

Misja

Misją Wojskowego Instytutu Medycznego jest udzielanie najwyższej jakości świadczeń zdrowotnych w oparciu o profesjonalną kadre i nowoczesne zaplecze diagnostyczne. Jesteśmy również ośrodkiem naukowo-badawczym oraz dydaktycznym skupiającym ludzi o wysokich kwalifikacjach i umiejętnościach zawodowych. Dzięki profesjonalizmowi, wszechstronnej wiedzy oraz nowoczesnemu wyposażeniu aktywnie uczestniczymy w poszukiwaniu nowatorskich, skutecznych metod diagnostyczno-leczniczych. Zmiany postrzegamy jako możliwość rozwoju. Zdrowie i życie człowieka jest najwyższym celem naszego działania.

O INSTYTUCIE

DYREKCJA
RADA NAUKOWA
STRUKTURA WIM
HISTORIA WIM
OSIĄGNIĘCIA
FUNDUSZE ZEWNĘTRZNE
WIM W MEDIACH
POROZUMIENIA
PATRONAT DYREKTORA



Start | O nas | Aktualności | Zakłady naukowe | Projekty | Szkolenia | Zamówienia publiczne | Kontakt

Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii
IM. GENERAŁA KAROLA KACZKOWSKIEGO

Zakład Ochrony Mikrofalowej

Podstawowe Informacje

Kierownik Zakładu: dr hab. med. - Wanda Stankiewicz - prof. WIHE

Zakład Ochrony Mikrofalowej (ZOM) zajmuje się problematyką oddziaływania pól elektromagnetycznych (PEM) na zdrowie człowieka i środowisko. ZOM prowadzi badania oceny ekspozycji zawodowej i środowiskowej w PEM oraz uczestniczy w pracach nad ochroną pracowników i ludności przed promieniowaniem elektromagnetycznym. ZOM specjalizuje się w badaniu skutków oddziaływania urządzeń emitujących PEM wysokich częstotliwości (radiofale i mikrofale), w tym urządzeń radarowych i systemów łączności bezprzewodowej (m.in. telefonii komórkowej). W strukturze Zakładu istnieją trzy pracownie: Pracownia Biologicznego Oddziaływania Pól Elektromagnetycznych, Pracownia Metrologii Promieniowania Elektromagnetycznego, Pracownia Psychoeuroimmunologii.

Zakłady Naukowe

Projekt pn. „*Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych*”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki



INSTYTUT MEDYCYNY PRACY IM. PROF. J. NOFERA

[szukaj](#)

Przykładowe zapytania

Strona główna > Nauka/Edukacja/Tematyka > Edukacja > Warsztaty > Warsztaty PEM 2014

[BIP](#) | [Projekty](#) | [Towarzystwa](#)

[O instytucie](#) | [Oferta](#)

Nauka

Edukacja

Tematyka badań

Specjalizacja z medycyny pracy | Wykłady | [Warsztaty](#) | Szkolenia i kursy | Poradnik WHO | Internat | Medycyna pracy - wytyczne IMP

[Warsztaty PEM 2014](#) | [Warsztaty PEM 2013](#) | [Warsztaty PEM 2012](#)



INSTYTUT MEDYCYNY PRACY IM. PROF. J. NOFERA

10 JUBILEUSZOWE WARSZTATY IMP ŁÓDŹ 2014 – OCHRONA PRZED PEM

Szczególnie polecamy

Kursy dla lekarzy do uprawnień
Rejestracja kosmetyków
Czynniki biologiczne - KPI
Kompleksowe Programy Zdrowotne

Nasze wydawnictwa



Choroby zawodowe w Polsce w 2013 r.

Neonila Szeszenia-Dąbrowska,
Urszula Wilczyńska, Wojciech Sobala

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

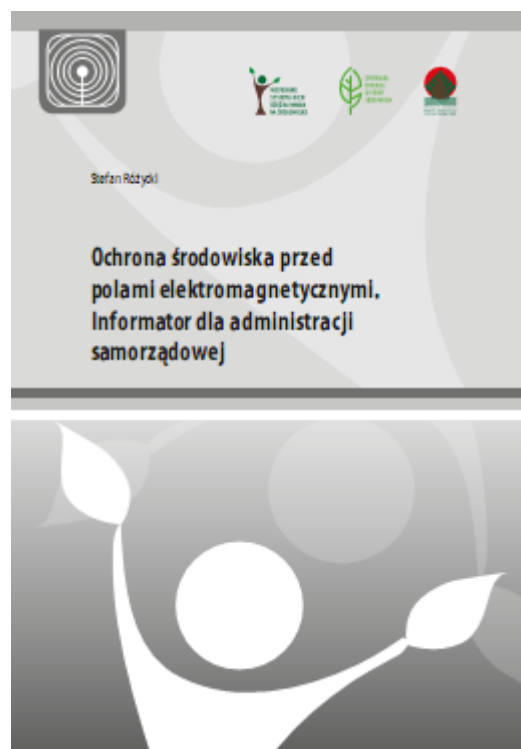
WYBRANE PUBLIKACJE DOTYCZĄCE BADAŃ WPLYWU POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO NA ORGANIZMY

WPLYW POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO NA ZDROWIE CZŁOWIEKA PŁASZCZYZNY DIALOGU


Polskie Towarzystwo Zastosowań Elektromagnetyzmu


Instytut Naukowo-Badawczy ZTUREK

Warszawa, 2009



Psychiatria Polska
2011, tom XLV, numer 1
strony 117–134

**Przeznaczkowa stymulacja magnetyczna w terapii
depresji – zagadnienia placebo i zapewnienie warunków
ślepej próby, oraz inne problemy metodologiczne**

**Transcranial magnetic stimulation in treatment of depression
– question of placebo and warranting of blind conditions,
as well as other methodological problems**

Tomasz Zys

Oddział Kliniczny Kliniki Psychiatrii Dorosłych Szpitala Uniwersyteckiego w Krakowie
Kierownik: prof. dr hab. n. med. A. Zięba

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

Brain Research Bulletin 81 (2010) 92–99



Contents lists available at ScienceDirect

Brain Research Bulletin

journal homepage: www.elsevier.com/locate/brainresbull



Research report

Stress-related endocrinological and psychopathological effects of short- and long-term 50 Hz electromagnetic field exposure in rats

Renáta Szemerszky^a, Dóra Zelena^b, István Barna^b, György Bárdos^{c,*}

^a Department of Physiology and Neurobiology, Institute of Biology, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary

^b Institute of Experimental Medicine, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary

^c Department of Behavioral Sciences, Institute of Health Promotion and Sport Sciences, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary



The aim of the present work was to study the long-term consequences of 50 Hz electromagnetic field (ELF-EMF) exposure with special focus on the development of chronic stress and stress-induced psychopathology. Adult male Sprague-Dawley rats were exposed to ELF-EMF (50 Hz, 0.5 mT) for 5 days, 8 h daily (short) or for 4–6 weeks, 24 h daily (long). Anxiety was studied in elevated plus maze test, whereas depression-like behavior of the long-treated group was examined in the forced swim test. Some

/Wybrane publikacje załączone do materiałów/

PEM W BIOLOGII I MEDYCYNIE

POLE ELEKTROMAGNETYCZNE W BADANIACH LABORATORYJNYCH, OBRAZOWEJ

DIAGNOSTYCE MEDYCZNEJ I TERAPII

Zastosowania medyczne ELF ($0 < f \leq 300$ Hz)

- ▶ Zastosowanie zmiennych pól magnetycznych w terapii mieści się w ramach specjalizacji medycznej noszącej nazwę **medycyny fizykanej**.
- ▶ **Magnetostymulacja** jest głównie zalecana w rehabilitacji pourazowej, pooparzeniowej i neurologicznej, jako iż jest doskonałym środkiem przeciwbólowym.

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

- ▶ częstotliwość przebiegu podstawowego **2kHz -3kHz**.
- ▶ indukcja magnetyczna od **1 pT do 100 μT**.
- ▶ Przebiegi podstawowe stosowane w magnetostymulacji są zmodulowane w taki sposób, żeby ich obwiednie miały kształt fali o częstotliwości od kilku do 100 Hz.
- ▶ **Magnetoterapia** zaś ma działanie bardziej stymulujące, aniżeli przeciwbólowe. Stosuje się ją między innymi w przypadku złamań i długo gojących się ran. Pole magnetyczne bowiem pobudza do regeneracji uszkodzone urazem tkanki, ma działanie przeciwzapalne i przeciwobrzękowe.
 - ▶ częstotliwość **mniej niż 100 Hz**
 - ▶ indukcja magnetyczna: **0,1 mT do 20 mT**.
- ▶ Wolnozmiennne pola magnetyczne stosowane w magnetoterapii jak i w magnetostymulacji mają niewielkie wartości natężenia pola elektrycznego.

Zastosowania medyczne RF ($100 \text{ kHz} < f \leq 300 \text{ GHz}$)

- ▶ Zastosowanie terapeutyczne, w formie na przykład urządzeń do ogrzewania tkanki miękkiej, hipertermii w leczeniu raka, lub diatermii (przepływ prądów wysokiej częstotliwości)

Diatermia - zabieg w fizykoterapii polegający na miejscowym podgrzewaniu tkanek pod wpływem silnego pola elektrycznego lub magnetycznego.

- ▶ **Diatermia terapeutyczna** (krótkofalowa) - głębokie przegrzanie tkanek przy pomocy pola elektrycznego lub magnetycznego wysokiej częstotliwości (częstotliwości **2,45-27,12 MHz**, moc rzędu kilkuset W), wykorzystywana w rehabilitacji
- ▶ **Diatermia indukcyjna** - do nagrzewania stosuje się pole magnetyczne wnikające głębiej w ciało, powstają **prądy wirowe, nagrzewa się mięśnie**
- ▶ **Diatermia chirurgiczna** - służy do cięcia i koagulacji tkanek, stosowana m.in. w chirurgii plastycznej i dermatologii (częstotliwość ok. **0,5-1,75 MHz**, moce rzędu 100-300 W)

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

Hipertermia znajduje zastosowanie w leczeniu chorób nowotworowych, najczęściej w połączeniu z innymi metodami. Jej główna idea wynika z dwóch faktów:

- ▶ większej niż tkanek zdrowych wrażliwości komórek nowotworowych na podwyższenie temperatury 42-43,5°C (guz nowotworowy ma upośledzony system termoregulacji ze względu na nienormalne unaczynienie - bardzo długie naczynia włosowate), co prowadzi do powolnej martwicy tkanek zmienionych nowotworowo
- ▶ utrata przez komórki nowotworowe odporności na działanie promieniowania jonizującego, co pozwala na zastosowanie radioterapii w leczeniu danego nowotworu.

Magnetic particle hyperthermia: nanoparticle magnetism and materials development for cancer therapy

Rudolf Hergt, Silvio Dutz, Robert Müller and Matthias Zeisberger

Institut für Physikalische Hochtechnologie, D-07745 Jena, Germany

Abstract

Loss processes in magnetic nanoparticles are discussed with respect to optimization of the specific loss power (SLP) for application in tumour hyperthermia. Several types of magnetic iron oxide nanoparticles representative for different preparation methods (wet chemical precipitation, grinding, bacterial synthesis, magnetic size fractionation) are the subject of a comparative study of structural and magnetic properties. Since the specific loss power useful for hyperthermia is restricted by serious limitations of the alternating field amplitude and frequency, the effects of the latter are investigated experimentally in detail. The dependence of the SLP on the mean particle size is studied over a broad size range from superparamagnetic up to multidomain particles, and guidelines for achieving large SLP under the constraints valid for the field parameters are derived. Particles with the mean size of 18 nm having a narrow size distribution proved particularly useful. In particular, very high heating power may be delivered by bacterial magnetosomes, the best sample of which showed nearly 1 kW g⁻¹ at 410 kHz and 10 kA m⁻¹. This value may even be exceeded by metallic magnetic particles, as indicated by measurements on cobalt particles.

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

Diagnostyka neuroobrazowa

Tomografia kompurowa (CT)
Angio-CT
Badanie Rezonansu Magnetycznego (NMR)
Angio-NMR
Spektroskopia NMR
Zdjęcia RTG
TCD („Doppler przezczaszkowy”)

Diagnostyka czynnościowa

Elektroencefalografia (EEG)
WideoEEG
Elektromiografia (EMG)
Potencjały wywołane (potencjały somatosensoryczne i potencjały wzrokowe)

Diagnostyka neuropsychologiczna

CT,
AngioCT,
NMR,
Angiografia mózgowa.

Diagnostyka inwazyjna

Angiografia
Test infuzyjny
Pomiar ciśnienia śródczaszkowego

Diagnostyka neurootologiczna

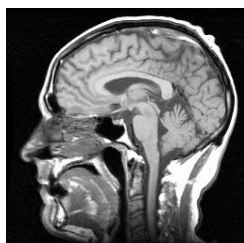
Potencjały słuchowe
Audiometria tonalna

Diagnostyka śródoperacyjna

Ultrasonografia (USG)
Elektrokortykografia (ECoG)
Somatosensoryczne potencjały wywołane (SSPW)
Śródoperacyjne badanie RTG
Angiografia śródoperacyjna
Śródoperacyjne monitorowanie funkcji nerwu twarzowego
Śródoperacyjne monitorowanie funkcji nerwu słuchowego

<http://www.neurochirurgia.edu.pl>

Metody tomograficzne: CT, MRI



http://www.stanford.edu/~pauly/jmp_sag.jpg

Omówienie ciekawych przypadków związanych z diagnostyką obrazową, zaprezentowanych na portalu: <http://www.iflscience.com/categories/health-and-medicine> oraz <http://www.livescience.com>

<http://www.iflscience.com/health-and-medicine/new-ct-reveals-inner-structures-body-exquisite-detail>

<http://www.iflscience.com/health-and-medicine/how-dangerous-are-magnetic-items-near-mri-machine>

<http://www.iflscience.com/plants-and-animals/mri-scans-produce-are-completely-amazing>

<http://www.livescience.com/32282-how-does-an-mri-work.html>

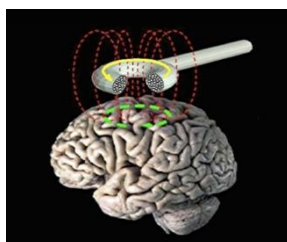
<http://www.livescience.com/32801-do-mri-machines-affect-tattoos.html>

<http://inzynier-medyczny.pl/iim/5.2014/#/20/zoomed>

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

Beitia, Anton Oscar, et al. "Spontaneous discharge of a firearm in an MR imaging environment." *American Journal of Roentgenology* 178.5 (2002): 1092-1094.

Przeznaczona stymulacja magnetyczna (TMS – *transcranial magnetic stimulation*)



https://en.wikipedia.org/wiki/Transcranial_magnetic_stimulation

- ▶ Wykorzystuje się silne impulsowe pole magnetyczne do drażnienia struktur mózgowia.
- ▶ Bardzo silny impulsowy prąd elektryczny (do kilku kA) przepływa przez spiralnie zwinięty przewód, tworząc cewkę stymulacyjną o średnicy od kilku do kilkunastu centymetrów.
- ▶ Prąd przepływający przez cewkę powoduje wygenerowanie silnego pola magnetycznego (indukcja do ponad 3 T), które jest w stanie przenikać do struktur mózgowia – głównie w okolicach korowych – doprowadzając do specyficznej depolaryzacji komórek nerwowych z wyzwoleniem pobudzenia (potencjału czynnościowego).
- ▶ W zależności od stymulowanej okolicy mózgu rejestruje się efekty ruchowe, poznawcze, afektywne i inne

hipoteza o możliwości wykorzystania TMS w terapii zaburzeń depresyjnych – jako bezpiecznej (nieinwazyjnej i nie wymagającej zastosowania technik anestezjologicznych) metody leczenia depresji mogącej stanowić alternatywę dla zabiegów elektrowstrząsowych – EW (Zyss, 1992, 2011)

MITY ZWIĄZANE Z POLEM ELEKTROMAGNETYCZNYM

Prezentacja ciekawostek oraz filmików dostępnych na portalu www.youtube.com przygotowanych przez grupę BRANIAC np.:

- [BRAINIAC-tankowanie](#)

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

- [Brainiac - Cooking an Egg With 200 mobile phones](#)

WNIOSKI

Pole elektromagnetyczne towarzyszy nam wszędzie w każdej praktycznie dziedzinie życia. Nikt obecnie nie wyobraża sobie normalnego funkcjonowania bez prądu elektrycznego, radia, komputerów, Internetu czy też telefonu komórkowego.

Postęp cywilizacyjny wymaga od nas pewnych wyrzeczeń natury np. estetycznej (słupy wysokiego napięcia czy też wieże telefonii komórkowej nie zdobią krajobrazu), ale tak jak z dróg – nie da się z nich już zrezygnować.

Nie można również demonizować aspektu zdrowotnego wpływu na otoczenie takich instalacji. Wyniki długofalowych badań naukowych pozwalają tak konstruować i lokalizować źródła PEM, aby wyeliminować ich potencjalne oddziaływanie na otoczenie.

LITERATURA:

BIEŃKOWSKI P., WYSZKOWSKA J., 2015: Techniczne aspekty ekspozycji na pole magnetyczne ekstremalnie niskich częstotliwości (ELF) w badaniach biomedycznych, *Medycyna Pracy* (w druku)

BEITIA, A. O., MEYERS, S. P., KANAL, E., BARTELL, W. 2002: Spontaneous discharge of a firearm in an MR imaging environment. *American Journal of Roentgenology*, 178(5), 1092-1094.

INNE:

ANSARI R.M., HEI T.K., 2000: Effects of 60 Hz extremely low frequency magnetic fields (EMF) on radiation - and chemical - induced mutagenesis in mammalian cells. *Carcinogenesis*, 21: 1221-1226.

AZANZA M.J., DEL MORAL A., 1998: ELF - magnetic field induced effects on the bioelectric activity of single neurone cells. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 177-181: 1451-1452.

AZANZA M.J., CALVO A.C., DEL MORAL A., 2001: 50 Hz-Sinusoidal magnetic field induced effects on the bioelectric activity of single unit neurone cells. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 226-230: 2101-2103.

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

BURCH J.B., REIF J.S., YOST M.G., KEEFE T.J., PITRAT C.A., 1999: Reduced Excretion of a Melatonin Metabolite in Workers Exposed to 60 Hz Magnetic Fields. *American Journal of Epidemiology*, 150: 27-36.

CALVO A.C., AZANZA M.J., 1999: Synaptic neurone activity under applied 50 Hz alternating magnetic fields, *Comparative Biochemistry and Physiology C Pharmacology, Toxicology and Endocrinology*, 124: 99–107.

CECCONI S., GUALTIERI G., DI BARTOLOMEO A., TROIANI G., CIFONE M.G., CANIPARI R., 2000: Evaluation of the effects of extremely low frequency electromagnetic fields on mammalian follicle development. *Human Reproduction*, 15: 2319 – 2325.

CHARLES L.E., LOOMIS D., SHY C.M., NEWMAN B., MILLIKAN R., NYLANDER-FRENCH L.A., COUPER D., 2003: Electromagnetic Fields, Polychlorinated Biphenyls, and Prostate Cancer Mortality in Electric Utility Workers. *American Journal of Epidemiology*, 157: 683-691.

CHO Y.H., CHUNG H.W., 2003: The effect of extremely low frequency electromagnetic fields (ELF - EMF) on the frequency of micronuclei and sister chromatid exchange in human lymphocytes induced by benzo(a)pyrene. *Toxicology Letters*, 143: 37-44.

COUNCIL RECOMMENDATION, 1999: Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz).

CRAVISO G.L., CHATTERJEE I., PUBLICOVER N.G., 2003: Catecholamine release from cultured bovine adrenal medullary chromaffin cells in the presence of 60-Hz magnetic fields. *Bioelectrochemistry*, 59: 57 - 64.

DEL SEPPIA C., MEZZASALMA L., CHOLERIS E., LUSCHI P., GHIONE S., 2003: Effects of magnetic field exposure on open field behaviour and nociceptive responses in mice. *Behavioural Brain Research*, 144: 1-9.

DIXEY R., REIN G., 1982: ³H - noradrenaline release potentiated in a clonal nerve cell line by low - intensity pulsed magnetic fields. *Nature*, 296: 253 - 256.

FANELLI C., COPPOLA S., BARONE R., 1999: Magnetic fields increase cell survival by inhibiting apoptosis via modulation of Ca²⁺ influx. *Journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 13: 95-102.

FORSSEN U.M., RUTQVIST L.E., AHLBOM A., FEYCHTING M., 2005: Occupational magnetic fields and female breast cancer: a case - control study using Swedish population registers and new exposure data. *American journal of epidemiology*, 161: 250 - 9.

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

GARTZKE J., LANGE K., 2002: Cellular target of weak magnetic fields: ionic conduction along actin filaments of microvilli. *American Journal of Physiology Cell Physiology*, 283: C1333-C1346.

GRASSI C., D'ASCENZO M., TORSSELLO A., MARTINOTTI G., WOLF F., CITTADINI A., AZZENA G. B., 2004: Effects of 50 Hz electromagnetic fields on voltage-gated Ca^{2+} channels and their role in modulation of neuroendocrine cell proliferation and death. *Cell Calcium*, 35: 307-315.

GURNEY J.G., WIJNGAARDEN E., 1999: Extremely low frequency electromagnetic fields (EMF) and brain cancer in adults and children: Review and comment *Neuro – Oncology*, 1: 212-220.

HARDELL L., SAGE C., 2008: Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 62: 104-109.

HASHISH A.H., EL-MISSIRY M.A., ABDELKADER H.I., ABOU-SALEH R.H., 2007: Assessment of biological changes of continuous whole body exposure to static magnetic field and extremely low frequency electromagnetic fields in mice. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Artykuł w druku

HENDERSON B.R., PFISTER G., BOECK G., KIND M., WICK G., 2003: Expression levels of heat shock protein 60 in human endothelial cells in vitro are unaffected by exposure to 50 Hz magnetic fields, *Cell Stress Chaperones*, 8: 172–182.

HENDERSON B., KIND M., BOECK G., HELMBERG A., WICK G., 2006: Gene expression profiling of human endothelial cells exposed to 50 - Hz magnetic fields fails to produce regulated candidate genes. *Cell Stress Chaperones*, 11: 227-32.

IARC - International Agency for Research on Cancer 2002: *Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields*. IARC Monographs on the Evaluation of carcinogenic Risks to Humans: 80. Lyon: IARC Press.

IARC - International Agency for Research on Cancer, 2006: *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans – preambuła*
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Preamble/CurrentPreamble.pdf>

ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, 1998: *Guidelines for limiting exposure to time - varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*, *Health Physics*, 74: 494-521.

ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, 2003: *Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (0-100 kHz)*. Bernhardt J.H. (red.). Oberschleissheim, International Commission on Non - ionizing Radiation Protection, 13.

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

INGLOT-SIEMASZKO M., 1997: Człowiek w otoczeniu elektromagnetycznym, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.

JADIDI M., FIROOZABADI S.M., RASHIDY-POUR A., SAJADI A.A., SADEGHI H., TAHERIAN A.A., 2007: Acute exposure to a 50 Hz magnetic field impairs consolidation of spatial memory in rats. *Neurobiology of Learning and Memory*, 88: 387-92.

JANAĆ B., PESIĆ V., JELENKOVIĆ A., VOROBYOV V., PROLIĆ Z., 2005: Different effects of chronic exposure to ELF magnetic field on spontaneous and amphetamine-induced locomotor and stereotypic activities in rats. *Brain Research Bulletin*. 67: 498-503.

JELENKOVIĆ A., JANAĆ B., PEŠIĆ V., JOVANOVIĆ M.D., VASILJEVIĆ I., PROLIĆ Z., 2005: The Effects of Exposure to Extremely Low-Frequency Magnetic Field and Amphetamine on the Reduced Glutathione in the Brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1048: 377–380.

JELENKOVIĆ A., JANAĆ B., PEŠIĆ V., JOVANOVIĆ M.D., VASILJEVIĆ I., PROLIĆ Z., 2006: Effects of extremely low - frequency magnetic field in the brain of rats. *Brain Research Bulletin*, 68: 355-360.

JENROW K.A., ZHANG X., RENEHAN W.E., LIBOFF A.R., 1998: Weak ELF magnetic field effects on hippocampal rhythmic slow activity. *Experimental Neurology*, 153: 328-34.

JOHANSEN C., 2004: Electromagnetic fields and health effects--epidemiologic studies of cancer, diseases of the central nervous system and arrhythmia-related heart disease. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 30: 1-30.

KAVALIERS M., OSSENKOPP K.P., 1994: Effects of magnetic fields and electric fields in invertebrates and lower vertebrates. W: *Biological effects of electric and magnetic fields. Sources and mechanisms.* Carpenter D.O., Ayrapetyan S. (red.), Academic Press, New York, 205-240.

KLIUKIENE J., TYNES T., ANDERSEN A., 2004: Residential and Occupational Exposures to 50-Hz Magnetic Fields and Breast Cancer in Women: A Population - based Study. *American Journal of Epidemiology*, 159: 852-861.

LACY-HULBERT A., METCALFE J.C., HESKETH R., 1998: Biological responses to electromagnetic fields, *Journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 12: 395-420.

LAI H., CARINO M.A., HORITA A., GUY A.W., 1993; Effects of a 60 Hz magnetic field on central cholinergic systems of the rat. *Bioelectromagnetics*, 14: 5–15.

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

LAI H., CARINO M., 1999: 60 Hz magnetic fields and central cholinergic activity: effects of exposure intensity and duration. *Bioelectromagnetics*, 20: 284-289.

LUPKE M., FRAHM J., LANTOW M., MAERCKER C., REMONDINI D., BERSANI F., 2006: Gene expression analysis of ELF-MF exposed human monocytes indicating the involvement of the alternative activation pathway. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1763: 402-412.

MAIRS R.J., HUGHES K., FITZSIMMONS S., PRISE K.M., LIVINGSTONE A., WILSON L., 2007: Microsatellite analysis for determination of the mutagenicity of extremely low-frequency electromagnetic fields and ionising radiation in vitro. *Mutation Research*, 626: 34-41.

MANIKONDA P.K., RAJENDRA P., DEVENDRANATH D., GUNASEKARAN B., CHANNAKESHAVA, ARADHYA R.S.S., SASHIDHAR R.B., SUBRAMANYAM C., 2006: Influence of extremely low frequency magnetic fields on Ca^{2+} signaling and NMDA receptor functions in rat hippocampus. *Neuroscience Letters*, 413: 145-149.

MARCHIONNI I., PAFFI A., PELLEGRINO M., LIBERTI M., APOLLONIO F., ABETI R., FONTANA, F., D'INZEO G., MAZZANTI M., 2006: Comparison between low-level 50 Hz and 900 MHz electromagnetic stimulation on single channel ionic currents and on firing frequency in dorsal root ganglion isolated neurons. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1758: 597-605.

MARINO A.A., WOLCOTT R.M., CHERVENAK R., JOURD'HEUIL F., NILSEN E., FRILOT C., 2000: Nonlinear response of the immune system to power-frequency magnetic fields. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative, and Comparative Physiology*, 279: R761 – R768.

MARINO A.A., NILSEN E., FRILOT C., 2002: Consistent magnetic-field induced dynamical changes in rabbit brain activity detected by recurrence quantification analysis. *Brain Research*, 64: 317-326.

MATHIE A., KENNARD L.E., VEALE E.L., 2003: Neuronal ion channels and their sensitivity to extremely low frequency weak electric field effects. *Radiation Protection Dosimetry*, 106: 311-315.

MORGADO-VALLE C., VERDUGO-DÍAZ L., GARCÍA D.E., MORALES-OROZCO C., DRUCKER-COLÍN R., 1998: The role of voltage-gated Ca^{2+} channels in neurite growth of cultured chromaffin cells induced by extremely low frequency (ELF) magnetic field stimulation. *Cell Tissue Research*, 291: 217-230.

MOSTAFA R.M., MOSTAFA Y.M., ENNACEUR A., 2002: Effects of exposure to extremely low-frequency magnetic field of 2 G intensity on memory and corticosterone level in rats. *Physiology and Behavior*, 76: 589-95.

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

PANAGOPOULOS D.J., KARABARBOUNIS A., MARGARITIS L.H., 2002: Mechanism for action of electromagnetic fields on cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 298: 95-102.

PESIC V., JANAC B., JELENKOVIC A., VOROBYOV V., PROLIC Z., 2004: Non - linearity in combined effects of ELF magnetic field and amphetamine on motor activity in rats. *Behavioural Brain Research*, 150: 223–227.

PROLIĆ Z., JANAĆ B., PESIĆ V., JELENKOVIĆ A., 2005: The effect of extremely low-frequency magnetic field on motor activity of rats in the open field. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1048: 381-384.

RAJKOVIC V., MATAVULJ M., JOHANSSON O., 2006: Light and electron microscopic study of the thyroid gland in rats exposed to power-frequency electromagnetic fields. *Journal of Experimental Biology*, 209: 3322-3328.

RAVERA S., FALUGI C., CALZIA D., PEPE I.M., PANFOLI I., MORELLI A., 2006: First cell cycles of sea urchin *Paracentrotus lividus* are dramatically impaired by exposure to extremely low-frequency electromagnetic field, *Biology of Reproduction*, 275: 948 – 953.

ROLLWITZ J., LUPKE M., SIMKÓ M., 2004: Fifty-hertz magnetic fields induce free radical formation in mouse bone marrow - derived promonocytes and macrophages. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1674: 231-238.

ROSENBERG R.S., DUFFY P.H., SACHER G.A., EHRET C.F., 1983: Relationship between field strength and arousal response in mice exposed to 60-Hz electric fields. *Bioelectromagnetics*, 4: 181 – 191.

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA PRACY I POLITYKI SPOŁECZNEJ z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Załącznik 2, Część E, Pola i promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu częstotliwości 0 Hz- 300 GHz (Dz. U. 2002, Nr 217, poz. 1833).

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów (Dz. U. 2003, Nr 192, poz. 1883).

RÖÖSLI M., LÖRTSCHER M., EGGER M., PFLUGER D., SCHREIER N., LÖRTSCHER E., LOCHER P., SPOERRI A., MINDER C., 2007: Leukaemia, brain tumours and exposure to extremely low frequency magnetic fields: cohort study of Swiss railway employees. *Occupational and Environmental Medicine*, 64: 553-559.

RUDOLPH K., KRAUCHI K., WIRZ-JUSTICE A., FEER H., 1985: Weak 50 Hz electromagnetic fields activate rat open field behavior. *Physiology and Behaviour*, 35: 505 – 508.

Projekt pn. „*Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych*”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

SAUNDERS R.D., JEFFERYS J.G.R., 2002: Weak electric field interactions in the central nervous system. *Health Physics*, 83: 366-375.

SCENIHR - Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, 2007: Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health.

SEDGHI H., ZARE S., HAYATGEIBI H., ALIVANDI S., EBADI A.G., 2005: Effects of 50 HZ Magnetic Field on Some Factors of Immune System in the Male Guinea Pigs. *American Journal of Immunology*, 1: 37-41.

SIMKÓ M., 2007: Cell Type Specific Redox Status is Responsible for Diverse Electromagnetic Field Effects *Current Medicinal Chemistry*, 14: 1141-1152.

SIMKÓ M., RICHARD D., KRIEHLER R., WEISS D. G., 2001: Micronucleus induction in Syrian hamster embryo cells following exposure to 50 Hz magnetic fields, benzo(a)pyrene, and TPA in vitro. *Mutation Research*, 495: 43-50.

ŚLUSAREK B., 2004: Pole magnetyczne w medycynie. W: *Elektromagnetyzm w medycynie i biologii*. Krawczyk A., Kubacki R., (red.). Instytut Naukowo - Badawczy ZTUREK, Warszawa, 73-80.

TONINI R., BARONI D.M., MASALA E., MICHELETTI M., FERRONI A., MAZZANTI M., 2001: Calcium Protects Differentiating Neuroblastoma Cells during 50 Hz Electromagnetic Radiation. *Biophysical Journal*, 81: 2580–2589.

TRAWIŃSKI T., SZCZYGIEŁ M., WYSZKOWSKA J., 2007: Pomiar drgań zasobnika pod wpływem zmiennego pola magnetycznego przy wykorzystaniu laserowych czujników przemieszczeń *Prace Naukowe Politechniki Śląskiej Nr 1772 Elektryka*, 203: 137-146.

TUROWSKI J., 1993: *Elektrodynamika Techniczna*. Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa.

USTAWA, 2001: Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. - Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2001, nr 62, poz. 627 z późniejszymi zmianami)

VÁZQUEZ-GARCÍA M., ELÍAS-VIÑAS D., REYES-GUERRERO G., DOMÍNGUEZ-GONZÁLEZ A., VERDUGO-DÍAZ L., GUEVARA-GUZMÁN R., 2004: Exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields improves social recognition in male rats. *Physiology and Behavior*, 82: 685-690.

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

WHISSELL P.D., PESINGER M.A., 2007: Emerging Synergisms Between Drugs and Physiologically-Patterned Weak Magnetic Fields: Implications for Neuropharmacology and the Human Population in the Twenty-First Century. *Current Neuropharmacology*, 5: 278-288.

WHO - World Health Organization, 1992 Environmental Health Criteria 35: Extremely Low Frequency (Elf) Fields, Genewa.

WHO - World Health Organization, 2005: Electromagnetic fields and public health. Electromagnetic Hypersensitivity. WHO Fact sheet No296. Geneva.

WHO - World Health Organization, 2007 Environmental Health Criteria 238: Extremely Low Frequency (Elf) Fields, Genewa.

WILLETT E., MCKINNEY P.A., FEAR N.T., CARTWRIGHT R., ROMAN E., 2003: Occupational exposure to electromagnetic fields and acute leukaemia: Analysis of a case - control study. *Occupational and Environmental Medicine*, 60: 577–583.

WILLIAMS M.M., 2004: Magnetic maps guide migrating turtles, *Science Now*

WILSON B.W., MATT K.S., MORRIS J.E., SASSER L.B., MILLER D.L., ANDERSON L.E., 1999: Effects of 60 Hz magnetic field exposure on the pineal and hypothalamic – pituitary - gonadal axis in the Siberian hamster (*Phodopus sungorus*). *Bioelectromagnetics*, 20:224-232.

WOLF F.I., TORSELLO A., TEDESCO B., FASANELLA S., BONINSEGNA A., D’ASCENZO M., GRASSI C., AZZENA G.B., CITTADINI A., 2005: 50-Hz extremely low frequency electromagnetic fields enhance cell proliferation and DNA damage: Possible involvement of a redox mechanism, *Biochimica et Biophysica Acta*, 1743: 120–129.

WYSZKOWSKA J., 2008. Modyfikacja czynności układu nerwowego owada w wyniku ekspozycji w polu elektromagnetycznym niskiej częstotliwości. Rozprawa doktorska, UMK Toruń.

WYSZKOWSKA J., STANKIEWICZ M., KRAWCZYK A., ZYSS T., 2006a: Aspekty cieplne w badaniach nad wpływem pola elektromagnetycznego na funkcjonowanie układu nerwowego na przykładzie owada. W: Krawczyk A., Wyszowska J., (red.) *Bioelektromagnetyzm – teoria i praktyka*. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, 11-22.

WYSZKOWSKA J., STANKIEWICZ M., KRAWCZYK A., 2006b: Examination of nervous system exposed to electromagnetic field on the example of cockroach (*Periplaneta americana*), *Przegląd Elektrotechniczny*, 12: 66-67.

WYSZKOWSKA J., STANKIEWICZ M., KRAWCZYK A., ZYSS T., 2006c:; Udział oktopaminy w modyfikacji aktywności ruchowej owada wywołanej ekspozycją w polu elektromagnetycznym. *Przegląd Elektrotechniczny*, 12: 145-147.

Projekt pn. „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego UMK w Toruniu w dziedzinach matematyczno-przyrodniczych”
realizowany w ramach Poddziałania 4.1.1 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki

ZECCA L., MANTEGAZZA C., MARGONATO V., 1998: Biological effects of prolonged exposure to ELF magnetic fields in rats: III 50 Hz electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics*, 19: 57-66

ZMYŚLONY M., 2000: Podstawowe wiadomości o polach EM i Mechanizmy oddziaływania energii elektromagnetycznej z materią żywą. *Jesienna Szkoła PTBR, Oddziaływanie biologiczne, ryzyko zdrowotne i ochrona przed polami elektromagnetycznymi*, 35: 37-57.

ZMYŚLONY M., PALUS J., JAJTE J., DZIUBALTOWSKA E., RAJKOWSKA E., 2000: DNA damage in rat lymphocytes treated in vitro with iron cations and exposed to 7 mT magnetic fields (static or 50 Hz). *Mutation Research*, 453: 89–96.

Literatura uzupełniająca

Karpowicz J., Gryz K., Telefonii bezprzewodowa w naszym życiu, *Bezpieczeństwo Pracy*, 2005, nr 6, 26-29.

Karpowicz J., Gryz K., Stacje bazowe telefonii komórkowej, *Bezpieczeństwo Pracy*, 2003, nr 4, 17-19.

Gryz K., Karpowicz J., Zradziński P., Pola elektromagnetyczne przy urządzeniach elektrochirurgicznych - ocena ryzyka zawodowego, *Bezpieczeństwo Pracy*, nr 5, 2008

Karpowicz J., Gryz K., Zradziński P., Pola elektromagnetyczne przy urządzeniach do magnetoterapii - ocena ryzyka zawodowego, *Bezpieczeństwo Pracy*, nr 9, 2008

Karpowicz J., Gryz K., Zradziński P., Zasady wykorzystania symulacji komputerowych do oceny zgodności z wymaganiami dyrektywy 2004/40/WE dotyczącej bezpieczeństwa i higieny pracy w polach elektromagnetycznych, *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*, nr 4(58), 2008

Gryz K., Karpowicz J., Zasady oceny zagrożeń elektromagnetycznych związanych z występowaniem prądów indukowanych i kontaktowych, *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*, nr 4(58), 2008.

Gryz K., Karpowicz J., Ekspozycja na pola elektromagnetyczne w pomieszczeniach biurowych i metody jej ograniczania, *Przegląd Elektrotechniczny* nr 12, 2004, 1188-1193.