

## Ekspozycja na pola magnetyczne niskiej częstotliwości w budynkach mieszkalnych

**Streszczenie.** Celem pracy była ocena stopnia narażenia na działanie pola magnetycznego niskiej częstotliwości osób przebywających w budynkach mieszkalnych. Stwierdzono występowanie w pomieszczeniach kuchennych domów pola magnetycznego o natężeniu przekraczającym 0,32 A/m, uważanego za czynnik prawdopodobnie rakotwórczy. Najwyższe zanotowane tam natężenia sięgały poziomu 1,4 A/m. Znacznie wyższe natężenia pola, przekraczające nawet wartość dopuszczalną przez krajowe przepisy, rejestrowano w bezpośrednim otoczeniu odbiorników takich jak suszarki do włosów, miksery czy odkurzacze, które w czasie pracy znajdują się bardzo blisko ciała człowieka.

**Abstract.** The aim of the study was to assess the degree of exposure to low-frequency magnetic field of persons staying in residential buildings. There was a magnetic field in the kitchens with an intensity exceeding 0.32 A/m, considered to be probably a carcinogen. Much higher field strengths, even exceeding the value allowed by national regulations, were recorded in the immediate vicinity of receivers such as hair dryers, mixers or vacuum cleaners, which are very close to the human body during work (**Exposure to low frequency magnetic fields in residential buildings**).

**Słowa kluczowe:** pole elektromagnetyczne, pole magnetyczne niskiej częstotliwości, ocena ekspozycji.

**Keywords:** electromagnetic field, low frequency magnetic field, exposure assessment.

### Wstęp

W otaczającym nas Świecie jesteśmy nieustannie poddawani oddziaływaniu pól elektromagnetycznych (PEM), które pochodzą zarówno ze środowiska naturalnego, jak i są efektem wykorzystania energii elektrycznej oraz łączności bezprzewodowej. Na wielkość emisji naturalnych źródeł PEM nie mamy wpływu, inaczej niż w przypadku źródeł sztucznych. Badania wykazały, że jedna trzecia całkowitej ekspozycji człowieka na PEM pochodzi od pól magnetycznych o częstotliwości 50 Hz i ich harmonicznym, wytwarzanych przez odbiorniki gospodarstwa domowego [1].

Od lat prowadzone są badania nad wpływem pól elektromagnetycznych, w tym pól magnetycznych niskiej częstotliwości, na człowieka i środowisko - pozytywnym i negatywnym.

W następstwie tego typu badań zaczęto powszechnie wykorzystywać pola magnetyczne niskiej częstotliwości w medycynie, a magnetoterapia stała się istotnym elementem uzupełniającym leczenie wielu poważnych schorzeń.

Badania nad negatywnym oddziaływaniem pól magnetycznych niskiej częstotliwości, chociaż do tej pory niemożliwe do jednoznacznego zinterpretowania, zaowocowały z kolei wprowadzeniem w wielu krajach norm emisji, które umożliwiają producentom urządzeń elektrycznych wykazanie, że ich produkty są bezpieczne.

W państwach Unii Europejskiej, prawnie dopuszczalny poziom składowej magnetycznej pola o częstotliwości 50 Hz w strefie zamieszkania wynosi zazwyczaj 80 A/m. Jednak badania epidemiologiczne wskazują, że już PEM o częstotliwości sieciowej i natężeniu 0,32 A/m należy zaliczyć do czynników prawdopodobnie rakotwórczych [2-4]. Większość dotychczasowych badań pól magnetycznych koncentrowała się na źródłach zawodowych [1, 5-7]. Natomiast informacje dotyczące typowych natężeń pól emitowanych przez odbiorniki gospodarstwa domowego, a zwłaszcza typowej ekspozycji ludzi na pola magnetyczne niskiej częstotliwości w pomieszczeniach mieszkalnych są wciąż ograniczone [1, 8-14].

W pracy oceniano narażenie ludzi na pola magnetyczne w budynkach mieszkalnych wiejskich gospodarstw domowych. Przebadano też pola magnetyczne pochodzące od poszczególnych urządzeń stanowiących wyposażenie tych gospodarstw, pracujących w normalnych warunkach. Praca zawiera również wyniki pomiarów pól magnetycznych

wytwarzanych przez instalację elektryczną zasilającą odbiorniki gospodarstwa domowego.

Pomiary pól poprzedziła ankieta przeprowadzona wśród właścicieli 73 gospodarstw wiejskich w celu ustalenia wyposażenia gospodarstw w odbiorniki elektryczne i czasu ich pracy.

### Metodyka pomiarów

Do badania pól magnetycznych występujących w pomieszczeniach budynków mieszkalnych, emitowanych przez urządzenia gospodarstwa domowego, wykorzystano miernik ME 3951A, który umożliwia oddzielny pomiar pola elektrycznego oraz magnetycznego. Pomiary te można realizować szerokopasmowo tj. od 5 Hz do 400 kHz, jak również dla częstotliwości 16 Hz oraz w przedziałach od 50 Hz do 400 kHz i od 2 do 400 kHz. Ponieważ miernik wykorzystany w badaniu jest przyrządem jednoosiowym, pomiary wykonywano oddzielnie w każdej osi. Zapewniano przy tym, by przy pomiarze w osi OX szczyt sondy był zwrócony w kierunku jego źródła, co pozwalało na obniżenie błędu pomiaru. Wypadkową wartość natężenia pola dla układu trójosiowego wyznaczano na podstawie pomiarów w oparciu o zależność:

$$EMF_{XYZ} = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

gdzie:

X, Y, Z – natężenie pola odpowiednio w osi OX, OY, OZ.

W trakcie wykonywania pomiarów analizator umieszczano na statywie wykonanym z materiału o niskiej przenikalności magnetycznej, dzięki czemu zaburzenia pola elektromagnetycznego były ograniczone do minimum. Ponieważ miernik jest czuły na zmiany swojego położenia odczyt wartości mierzonej następował po stabilizacji wskazań wynoszącej ok. 30 s.

Pomiary natężenia pola magnetycznego wykonywano w każdym z pomieszczeń na wysokości 1,5 m od podłogi w miejscach dłuższego przebywania mieszkańców, dla dwóch stanów pracy odbiorników elektrycznych. Pierwszy stan nazwano stanem bez obciążenia, kiedy wszystkie urządzenia są wyłączone lub znajdują się w stanie czuwania jak ma to miejsce w okresie nocnym, drugi - stanem obciążenia, występującym przy maksymalnym możliwym obciążeniu.

Pomiary natężenia pola były wykonywane również w otoczeniu pojedynczych urządzeń elektrycznych. Ponieważ niektóre urządzenia elektryczne takie jak suszarka do

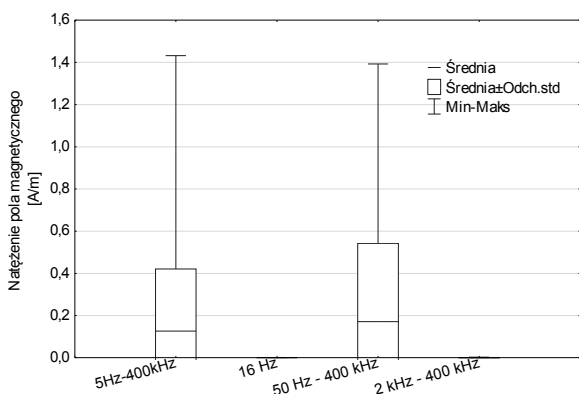
włosów czy mikser znajdują się podczas swojej pracy bardzo blisko ciała człowieka, najpierw mierzono natężenie pola magnetycznego bezpośrednio przy obudowie każdego odbiornika. Kolejne pomiary pola w odległości 30 i 50 cm przeprowadzono tylko dla tych odbiorników, które wytwarzały pole magnetyczne przy jego obudowie o natężeniu powyżej 0,32 A/m, jako wartości potencjalnie niebezpiecznej dla organizmów żywych.

## Wynika badań

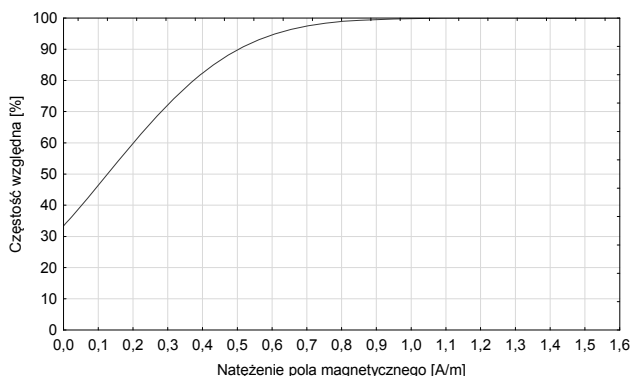
### Pola magnetyczne w pomieszczeniach

W Polsce dopuszczalny poziom pola magnetycznego o częstotliwości  $f=50\text{Hz}$  w strefie zamieszkania wynosi 60 A/m. Dla strefy dostępnej dla ludności ograniczenia emisji pól magnetycznych rozszerzone są na inne częstotliwości i wynoszą: dla zakresu od 0,5 do 50 Hz - 60 A/m, od 0,05 do 1 kHz -  $(3/f)$  A/m, od 0,001 MHz do 3 MHz - 3 A/m [15].

Przeprowadzone pomiary wykazały, że w pomieszczeniach badanych budynków mieszkalnych występuje ekspozycja na pola magnetyczne o złożonym widmie częstotliwości i zmiennym w czasie poziomie (rys. 1). Dominują jednak pola o częstotliwości z przedziału 50 Hz - 400 kHz. Średnia ich wartość była stosunkowo niska i wynosiła ok. 0,2 A/m. Wśród badanych pomieszczeń znajdowały się jednak takie, w których natężenie pola magnetycznego przekraczało wartość 0,32 A/m. Natomiast największe osiągnięte wartości pola były rzędu 1,4 A/m.



Rys. 1. Charakterystyki natężenia pola magnetycznego w pomieszczeniach budynków mieszkalnych dla różnych zakresów częstotliwości



Rys. 2. Dystrybuanta natężenia pola magnetycznego w pomieszczeniach budynków mieszkalnych

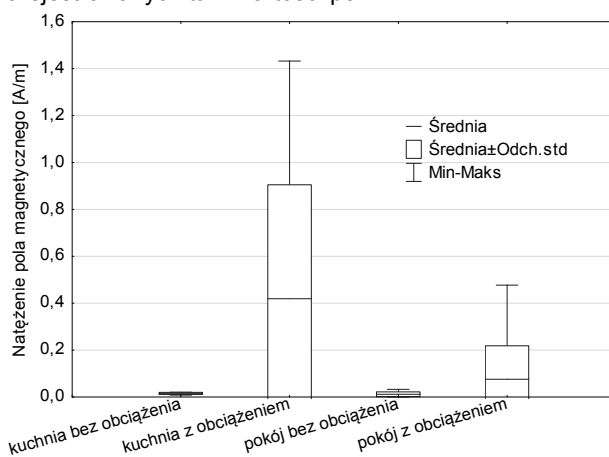
Pomimo tego, że pola o częstotliwości 16 Hz i od 2 kHz do 400 kHz przyjmowały bardzo niskie wartości odpowiednio 0,001 i 0,002 A/m, w dalszej części pracy zaprezentowano wyniki dotyczące całego zakresu pomiarowego analizatora tj. od 5 Hz do 400 kHz, ponieważ

wraz ze wzrostem częstotliwości pola wzrasta jego szkodliwe oddziaływanie na organizm człowieka.

Dla potrzeb analizy poziomów emisji pola magnetycznego w pomieszczeniach budynków mieszkalnych opracowano dystrybuantę jego zmian (rys. 2).

Z rysunku 2 wynika, że w badanych pomieszczeniach w ponad 70-ciu procentach obserwacji występowało natężenie pola magnetycznego poniżej 0,32 A/m, a wyższe jego poziomy przekraczające 0,8 A/m odnotowywano sporadycznie.

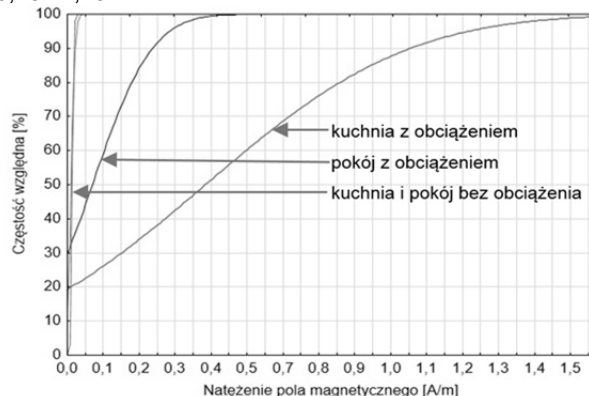
Poziom natężenia pola magnetycznego w pomieszczeniu jest bardzo mocno uzależniony od wyposażenia w urządzenia elektryczne i sposobu ich użytkowania, a to z kolei zależy od rodzaju pomieszczenia (pokój, kuchnia, korytarz, łazienka). Aby pokazać jak przeznaczenie pomieszczenia wpływa na zmienność emisji pola magnetycznego opracowano charakterystyki pól oddzielnie dla każdego rodzaju pomieszczeń i dla różnych stanów pracy odbiorników (rys. 3). W pracy pominięto korytarze i łazienki ze względu na bardzo niską wartość zarejestrowanych tam wartości pól.



Rys. 3. Charakterystyki natężenia pola magnetycznego w zależności od rodzaju pomieszczenia i stanu obciążenia

Jak wynika z rysunku 3 natężenie pola magnetycznego, w stanie bez obciążenia, jest na porównywalnym poziomie niezależnie od przeznaczenia pomieszczeń. Zarejestrowane wielkości pól zmieniały się w zakresie od 0,008 do 0,033 A/m, przy średniej wartości równej 0,014 A/m.

Przy obciążeniu emisja pola magnetycznego wzrosła do przeciętnego poziomu wynoszącego dla pokoju 0,08 A/m oraz 0,42 A/m dla kuchni. Natomiast największe zaobserwowane wartości natężenia wyniosły odpowiednio 0,48 i 1,43 A/m.



Rys. 4. Dystrybuanty natężenia pola magnetycznego w zależności od rodzaju pomieszczenia i stanu obciążenia

Do analizy częstości występowania pola magnetycznego o danym natężeniu w poszczególnych rodzajach pomieszczeń i przy różnych stanach pracy urządzeń opracowano dystrybuanty empiryczne jego wielkości, które przedstawiono na rysunku 4.

Z rysunku 4 widać, że w 20-tu procentach pomiarów notowano znikome natężenia pól we wszystkich badanych pomieszczeniach niezależnie od ich rodzaju i stanu instalacji. Różnice były widoczne dopiero przy wyższych wartościach pól dla stanu obciążenia. W pokojach pola o natężeniu 0,32 A/m praktycznie nie występowały, a blisko 60% obserwacji było o wartości niższej od 0,1 A/m. Z kolei w kuchniach ok. 45% pomiarów przekraczało 0,32 A/m, a 10% - 1 A/m.

### Pola magnetyczne w otoczeniu odbiorników

Strukturę wyposażenia badanych gospodarstw w odbiorniki elektryczne pokazano w tabeli 1. W tabeli tej przedstawiono również średnie czasy pracy tych urządzeń w roku, maksymalny dobowy czas użytkowania oraz pomierzone przy obudowie odbiorników wartości natężenia pola magnetycznego. Nie uwzględniono przy tym urządzeń, których pola były mniejsze niż 0,32 A/m. Takimi odbiornikami są m. in., będące w powszechnym użyciu, lodówki i pralki automatyczne.

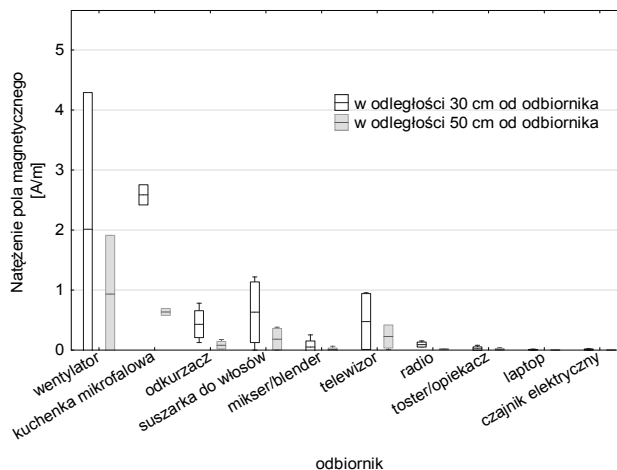
Tabela 1. Wyposażenie gospodarstw wiejskich w odbiorniki elektryczne, czasy użytkowania odbiorników i natężenia pól magnetycznych przez nie wytwarzanych

Urządzenie	Procent gospodarstw wyposażonych	Średnia liczba godzin pracy w roku	Maksymalna dobowo liczba godzin pracy	Natężenie pola [A/m]
Komputer /laptop	125	1400	11	0,29-2,67
Telewizor	113	1590	12	0,63-4,40
Radio	64	1110	10	0,74-39,28
Mikser /blender	84	20	0,5	5,76-106,48
Robot kuchenny	48	80	1	1,29-14,72
Toster /piekacz	22	12	0,1	0,14-4,31
Czajnik elektryczny	59	280	2	0,41-2,90
Kuchinka mikrofalowa	62	20	0,2	19,44-59,20
Kuchnia elektryczna	12	1080	2	5,84-16,80
Okap	52	540	1,5	0,30-0,80
Odkurzacze	100	60	1	2,63-113,60
Wentylator	73	450	6	0,56-632,00
Grzejnik	26	620	5	0,64-7,12
Suszarka do włosów	126	50	0,5	0,58-110,40

Wśród odbiorników użytkowanych w gospodarstwach domowych występują takie, które wytwarzają pola magnetyczne o natężeniu przekraczającym znacząco prawnie dopuszczalny poziom, jak to ma miejsce w przypadku wentylatorów, odkurzaczy, suszarek do włosów czy mikserów i blenderów. Za wyjątkiem wentylatorów i części odkurzaczy są to urządzenia, które podczas pracy trzymane są w ręce, jednak czas ich pracy w ciągu doby jest krótki.

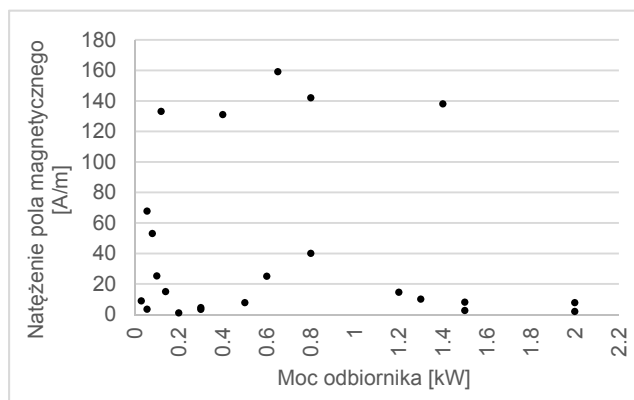
Przeważająca część odbiorników, w które wyposażone są gospodarstwa domowe, pracuje w większej odległości

od człowieka. Na rysunku 5 przedstawiono charakterystyki pól magnetycznych wytwarzanych przez wybrane odbiorniki w odległości 30 i 50 cm od źródła emisji.

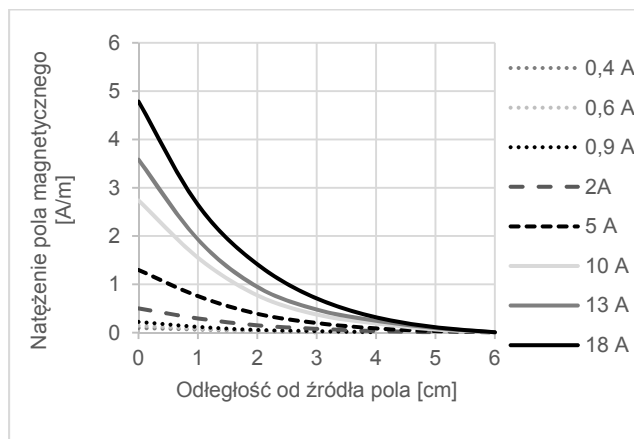


Rys. 5. Charakterystyki natężenia pola magnetycznego emitowanego przez wybrane odbiorniki gospodarstwa domowego w zależności od odległości od źródła emisji

Jak wynika z rysunku 5 spośród odbiorników gospodarstwa domowego pola o największym natężeniu wytwarzają wentylatory. Pola te mogą osiągać wartość 2 A/m w odległości pół metra od urządzenia, przy średniej 1 A/m, i utrzymywać się niejednokrotnie przez wiele godzin w ciągu dnia, zwłaszcza w upalne lata. Natężenia pola większego od 0,32 A/m w odległości 50 cm od urządzenia można spodziewać się również od kuchenek mikrofalowych.



Rys. 6. Emisja pola magnetycznego przez odbiorniki gospodarstwa domowego dla jednej, wybranej odległości od źródła pola



Rys. 7. Zmiany poziomu pola magnetycznego wytwarzanego przez przewody elektroenergetyczne w zależności od natężenia prądu i odległości

W gospodarstwach domowych są użytkowane odbiorniki energii elektrycznej stare i nowe, o różnych konstrukcjach, obudowach i mocach. Z badań wynika, że charakteryzują się one bardzo dużą zmiennością natężenia emitowanych pól magnetycznych, nieskorelowaną z mocą znamionową odbiorników (rys. 6). Z reguły mniejszą emisyjnością charakteryzują się odbiorniki nowsze, które muszą spełniać wymagania w zakresie EMC określone przez Dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady [16].

Źródłem emisji pola magnetycznego niskiej częstotliwości są nie tylko odbiorniki energii elektrycznej, ale również instalacja elektryczna. Poziom pola magnetycznego wokół przewodu elektroenergetycznego zależy od natężenia płynącego prądu oraz odległości od przewodu (rys. 7).

### Podsumowanie

Pomimo braku jednoznacznych wyników badań dotyczących wpływu pól magnetycznych niskiej częstotliwości na człowieka, w wielu krajach zalicza się pola o natężeniu 0,32 A/m i wyższym do czynników prawdopodobnie rakotwórczych. Badania wykazały, że pola o takich natężeniach pojawiają się w pomieszczeniach budynków mieszkalnych gospodarstw wiejskich, ale tylko w kuchniach (45% pomiarów). Najwyższe zanotowane tam natężenia składowej magnetycznej PEM sięgały poziomu 1,4 A/m.

Niemal wszystkie powszechnie stosowane w wiejskich gospodarstwach domowych odbiorniki elektryczne wytwarzają w swoim najbliższym otoczeniu pola magnetyczne o natężeniu przekraczających 0,32 A/m, a niektóre z nich, i to te trzymane podczas pracy bardzo blisko ciała (suszarki do włosów, miksery i blendery czy część odkurzaczy), nawet poziom dopuszczalny przez przepisy. Natężenie pola bardzo szybko maleje wraz z oddalaniem się od odbiorników i w odległości 0,5 m od źródła pola tylko wentylatory i kuchenki mikrofalowe mogą być potencjalnie niebezpieczne dla zdrowia człowieka.

Ze względu na brak skorelowania natężenia pola magnetycznego z mocą odbiorników będących źródłem emisji, nawet w przypadku urządzeń o takim samym przeznaczeniu, można stwierdzić, że istnieją duże możliwości ograniczenia składowej magnetycznej PEM w otoczeniu urządzeń gospodarstwa domowego m. in. poprzez odpowiednie ich konstrukcje.

*This research was financed by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Poland.*

**Autorzy:** dr inż. Krzysztof Nęcka, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Inżynierii Bioprocusów, Energetyki i Automatykacji, ul. Balicka 116b, 30-149 Kraków, E-mail: [krzysztof.nECKA@urk.edu.pl](mailto:krzysztof.nECKA@urk.edu.pl); prof. dr hab. inż. Małgorzata Trojanowska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Inżynierii Bioprocusów, Energetyki i Automatykacji, ul. Balicka 116b, 30-149 Kraków, E-mail: [malgorzata.trojanowska@urk.edu.pl](mailto:malgorzata.trojanowska@urk.edu.pl)

### LITERATURA

- [1] Gajšek P., Ravazzani P., Grellier J., Samaras T., Bakos J., Thuróczy G., Review of studies concerning electromagnetic field (EMF) exposure assessment in Europe: low frequency fields (50 Hz to 100 kHz). *Int. J. Environ. Res. Public Health* 13(2016), pp. 875.
- [2] <http://www.EMFs.info/Electric and magnetic fields and health>.
- [3] Ahlbom A., Day N., Feychting M., Roman E., Skinner J., Dockerty J., Linet M., McBride M., Michaelis J., Olsen J.H., Tynes T., Verkasalo P.K., A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br. J. Cancer* 83(2000), pp. 692–698.
- [4] di Carlo A., White N., Guo F., Garrett P., Litwitz T., Chronic electromagnetic field exposure decreases HSP70 levels and lowers cytoprotection. *J. Cell. Biochem.* 84(2002), pp. 447–454.
- [5] Gourzoulidis G. A., Tsaprounib P., Skamnakis N., Tzoumanikab C., Kalampalikib E., Karastergiosb E., Gialofasb A., Achtipisa A., Kappasc C., Karabetosb E., Occupational exposure to electromagnetic fields. The situation in Greece *Physica Medica* (2018)pp. 83–89. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2018.05.011>.
- [6] Gryz K., Karpowicz J., Ekspozycja na pola elektromagnetyczne w pomieszczeniach biurowych i metody jej ograniczania. *Przegląd Elektrotechniczny* 12(2004), ss. 1188–1193.
- [7] Kasprzyk R., Butlewski M., Pole elektromagnetyczne jako czynnik szkodliwy w przemyśle elektroenergetycznym. *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej*, 59 (2013), ss. 77–85.
- [8] Preece A.W., Kaune W., Grainger P., Preece S., Golding S.J., Magnetic fields from domestic appliances in the UK. *Phys. Med. Biol.* No 42(1997), pp. 67–76.
- [9] Aerts S., Calderon C., Valič B., Maslany M., Addison D., Mee T., Goiceanu C., Verloock L., Van den Bossche M., Gajšek P., Vermeulen R., Röösl R., Cardis E., Joseph W. Measurements of intermediate-frequency electric and magnetic fields in households. *Environmental Research* volume 154(2017), pp. 160–170. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.01.001>.
- [10] Leitgeb, N.; Cech, R.; Schröttner, J.; Lehofer, P.; Schmidpeter, U.; Rampetsreiter, M., Magnetic emissions of electric appliances. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 211(2008), pp. 69–73.
- [11] Tomitsch J., Dechant E., Frank W., Survey of electromagnetic field exposure in bedrooms of residences in lower Austria. *Bioelectromagnetics* 31(2009). <https://doi.org/10.1002/bem.20548>.
- [12] Tomitsch J., Dechant E., Exposure to electromagnetic fields in households - trends from 2006 to 2012. *Bioelectromagnetics* 36 (2015), pp. 77–85. <http://doi.wiley.com/10.1002/bem.21887>.
- [13] Bieńkowski P., Zubrzak B., Źródła pola elektromagnetycznego w życiu codziennym człowieka. XXI Sympozjum Środowiskowe PTZE: Zastosowania elektromagnetyzmu w nowoczesnych technikach i informatyce, Lubliniec 5-8 czerwca 2011. Polskie Towarzystwo Zastosowań Elektromagnetyzmu, Warszawa, 39–43.
- [14] Halgamuge M. N., McLean L., Measurement and analysis of power-frequency magnetic fields in residences: Results from a pilot study. *Measurement* volume 125(2018), pp. 415–424. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.05.007>.
- [15] 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. nr 192, poz.1883).
- [16] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/30/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do kompatybilności elektromagnetycznej (Dz. UE, 29.3.2014).