

Wpływ pola elektromagnetycznego o częstotliwości 900 MHz na wylęgowość zarodków kury domowej (*Gallus gallus domesticus*)*

Krzysztof Pawlak^{1#}, Zenon Nieckarz², Marcin Lis¹, Bartosz Bojarski¹,
Barbara Tombarkiewicz¹, Magdalena Swadźba¹, Jerzy Niedziółka¹

¹Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt,
Instytut Nauk Weterynaryjnych, Zakład Weterynarii, Rozrodu i Dobrostanu Zwierząt,
al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków; #e-mail: rzpawlak@cyfronet.pl

²Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Instytut Fizyki, Zakład Doświadczalnej Fizyki Komputerowej,
ul. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków

Począwszy od drugiej połowy XX wieku obserwuje się gwałtowny wzrost promieniowania elektromagnetycznego, którego jednym ze źródeł jest telefonia komórkowa. Celem pracy było zbadanie wpływu pola elektromagnetycznego (PEM) o częstotliwości 900 MHz na wylęgowość zarodków kurzych. Emisja pola elektromagnetycznego w grupach doświadczalnych odbywała się przez cały okres inkubacji i wynosiła 10x4 minuty na dobę lub 1x40 minut na dobę. Uzyskane wyniki wykazały, że pole elektromagnetyczne o częstotliwości 900 MHz, niezależnie od długości czasu jednorazowej ekspozycji, istotnie przyspiesza proces nakluwania i wykluwania się piskląt. W grupach poddanych działaniu pola skróceniu uległ okres między nakluciem a wykluwaniem się piskląt. W toku badań nie stwierdzono wpływu PEM o częstotliwości 900 MHz na wylęgowość, liczbę wad rozwojowych zarodków, masę ciała oraz liczbę brakowanych piskląt kurzych.

SŁOWA KLUCZOWE: pole elektromagnetyczne / wylęgowość / telefonia komórkowa / zarodek kury

Począwszy od drugiej połowy dwudziestego wieku obserwuje się gwałtowny wzrost promieniowania elektromagnetycznego, którego źródłem są m.in. sieci elektroenergetyczne, instalacje i urządzenia elektryczne, indukcyjne urządzenia przemysłowe, nadajniki radiowo-telewizyjne, nadajniki radiokomunikacyjne, bezprzewodowe routery Wi-Fi, a przede wszystkim nadajniki telefonii komórkowej. O rozmiarze problemu świadczy np.

*Praca finansowana z grantu o nr NN311536340 pt. "Zarodek kury jako model w badaniach nad wpływem pól elektromagnetycznych o częstotliwościach radiowych na proces embriogenezy" (kierownik projektu Krzysztof Pawlak) oraz z DS-3263/ZWRiDZ/

raport serwisu We Are Social [20], według którego na świecie w ostatnim roku liczba aktywnych użytkowników telefonii komórkowej wzrosła o 141 milionów.

Jak wiadomo, działanie organizmów żywych związane jest z generowaniem zjawisk bioelektrycznych, dlatego zarówno człowiek, jak i zwierzęta podatne są na działanie pola elektromagnetycznego (PEM) emitowanego przez telefonię komórkową [15]. Prowadzone od wielu lat badania dotyczące pól elektromagnetycznych, w tym PEM emitowanych przez telefonię komórkową, nie dają jednak jednoznacznej odpowiedzi na pytanie dotyczące skutków jego oddziaływania na organizmy żywe [1, 10, 14, 22].

Okres rozwoju embrionalnego jest jednym z ważniejszych etapów życia organizmu. Wartość biologiczna dorosłych organizmów oraz wyniki hodowlane w dużej mierze uzależnione są od prawidłowego przebiegu embriogenezy. Zarodek jest szczególnie wrażliwy na wpływ czynników zewnętrznych, mogących mieć negatywny wpływ na jego rozwój [6, 21].

Zarodek kurzy ze względu na swoją specyfikę (bardzo dobrze poznany proces embriogenezy, rozwój poza organizmem matki, powszechna dostępność) jest często i chętnie wykorzystywany w badaniach dotyczących wpływu czynników środowiskowych na organizmy żywe [6, 12, 18, 19]. Jednym z ważniejszych wskaźników prawidłowego przebiegu embriogenezy zarodków kurzych jest ich wylęgowość.

Celem pracy było zbadanie wpływu pola elektromagnetycznego o częstotliwości 900 MHz, odpowiadającego częstotliwości PEM emitowanego przez telefonię komórkową, na rozwój i wylęgowość oraz częstość występowania wad rozwojowych zarodków kurzych.

Material i metody

Do badań użyto 800 jaj kurzych o znormalizowanym kształcie, o masie 62 g (± 5 g), pochodzących od kur linii Ross 308. Jaja inkubowano w warunkach standardowych w dwóch inkubatorach laboratoryjnych Masalles typ 65 DIGIT (1.-18. doba inkubacji: temperatura $37,8 \pm 0,1^\circ\text{C}$, wilgotność względna 55%; 19.-21. doba inkubacji: temperatura $37,2 \pm 0,1^\circ\text{C}$, wilgotność względna 65%). Jeden z inkubatorów użytych w doświadczeniu został wyposażony w antenę emitującą pole elektromagnetyczne o częstotliwości 900 MHz. Źródłem pola elektromagnetycznego był specjalnie zaprojektowany na potrzeby doświadczenia generator emitujący fale EM z zakresu częstotliwości radiowej (800-2100 MHz) telefonii komórkowej sieci GSM. Średnia moc wyjściowa generatora wynosiła 330 mW, moc maksymalna 2W. Obciążeniem stopnia mocy była sufitowa antena GSM firmy Yagi o charakterystyce dookólnej. W trakcie trwania eksperymentu antena znajdowała się w stałej odległości 24 cm nad jajami. W obszarze, gdzie znajdowały się jaja wartości pola elektrycznego i magnetycznego wynosiły, odpowiednio: od 4,23 V/m do 6,25 V/m ($\pm 0,01$ V/m) i od 0,010 A/m do 0,014 A/m ($\pm 0,001$ A/m), przy gęstości od 0,090 W/m² do 0,110 W/m² ($\pm 0,001$ W/m²) i częstotliwości 900 MHz. Gęstość mocy pola elektromagnetycznego mierzona była za pomocą trójosiowego miernika Tenmars TM-195.

Eksperyment został przeprowadzony w dwóch następujących po sobie seriach badawczych. W każdej serii jaja zostały podzielone na dwie równoliczne grupy (n=200):

– kontrolną – inkubacja bez oddziaływania dodatkowego PEM (seria I – grupa K1, seria II – grupa K2);

– doświadczalną – inkubacja w warunkach oddziaływania dodatkowego PEM o częstotliwości 900 MHz (seria I – grupa D1, seria II – grupa D2).

Zarodki z grup doświadczalnych od pierwszego do ostatniego dnia inkubacji były codziennie poddane okresowemu oddziaływaniu pola elektromagnetycznego. Czas ekspozycji PEM w poszczególnych seriach wynosił 40 minut na dobę:

– seria I – emisja pola 10 razy na dobę pomiędzy godziną 6⁰⁰ a 23⁰⁰ w równych odstępach czasu, czas pojedynczej emisji 4 minuty;

– seria II – emisja pola jednokrotna, początek godzina 16⁰⁰.

Czas ekspozycji pola został dobrany na podstawie danych przedstawionych przez Ericsson Consumer Lab [7], dotyczących czasu prowadzonych rozmów przez użytkowników telefonii komórkowej.

W celu eliminacji jaj niezapłodnionych i zarodków zamarłych przeprowadzono dwukrotne światlenie jaj (7. i 19. doba inkubacji) przy użyciu lampy typu Ovolux produkcji firmy Masalles. Jaja bez widocznych zarodków przeznaczano do oceny zawartości tarczki zarodkowej, według metody Darnos i Borzemskiej [5].

Zgodnie z metodą zaproponowaną przez Borzemską i Malca [3] od 440. godziny dokonano kontroli przebiegu lęgu piskląt. Każdorazowo po otwarciu inkubatora dokonywano przeglądu jaj, notując godzinę naklucia lub wykluwania piskląt. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji wykreślono diagramy lęgów (rys. 1 i 2).

Po wykluwaniu piskląt zostały zważone na wadze laboratoryjnej z dokładnością do części dziesiątych grama.

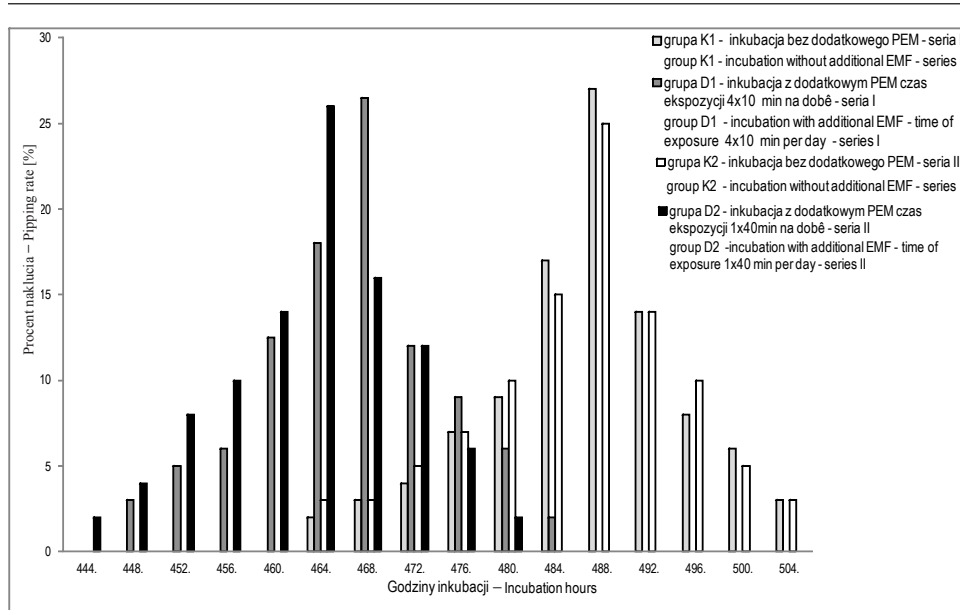
Wszystkie zarodki zamarłe pomiędzy 3. a 20. dniem inkubacji, pochodzące z jaj wybrakowanych podczas światlenia oraz z jaj niewyklutych, poddane zostały ocenie wieku według klucza opracowanego przez Borzemską [2]. Po zakończeniu inkubacji przeprowadzona została analiza embriopatologiczna niewyklutych zarodków. Podczas sekcyjnego badania anatomopatologicznego zarodków oceniano: ogólny rozwój zarodka, wygląd narządów wewnętrznych, ułożenie zarodka w jajku, retrakcję woreczka żółtkowego oraz morfologiczne anomalie rozwojowe.

Dane z eksperymentu poddano analizie statystycznej za pomocą testu t-Studenta przy użyciu Sigma Stat 2,03 (Systat Software GmbH, Niemcy). Testowanie poprzedzono zbadaniem normalności rozkładu za pomocą testu Shapiro-Wilka. W wyniku badania stwierdzono, że analizowane dane podlegają rozkładowi normalnemu.

Wyniki i dyskusja

Przeprowadzona analiza procesu lęgu wykazała, że piskląta z grup poddanych w trakcie inkubacji działaniu pola elektromagnetycznego (D1 i D2) nakluwały się zawsze wcześniej niż piskląta z grup kontrolnych (K1 i K2). W serii I różnica między rozpoczęciem procesu nakluwania piskląt z grupy kontrolnej i doświadczalnej (K1 vs D1) wynosiła 16 godzin, zaś w serii II (K2 vs D2) – 20 godzin (rys. 1). Stwierdzone różnice były statystycznie istotne na poziomie $P < 0,05$.

Podobnie jak w procesie nakluwania, również wykluwanie się piskląt było wcześniejsze w grupach poddanych działaniu pola elektromagnetycznego (D1 i D2). Przyspieszenie



Rys. 1. Wpływ pola elektromagnetycznego o częstotliwości 900 MHz emitowanego w trakcie inkubacji na proces nakluwania się zarodków kurzych

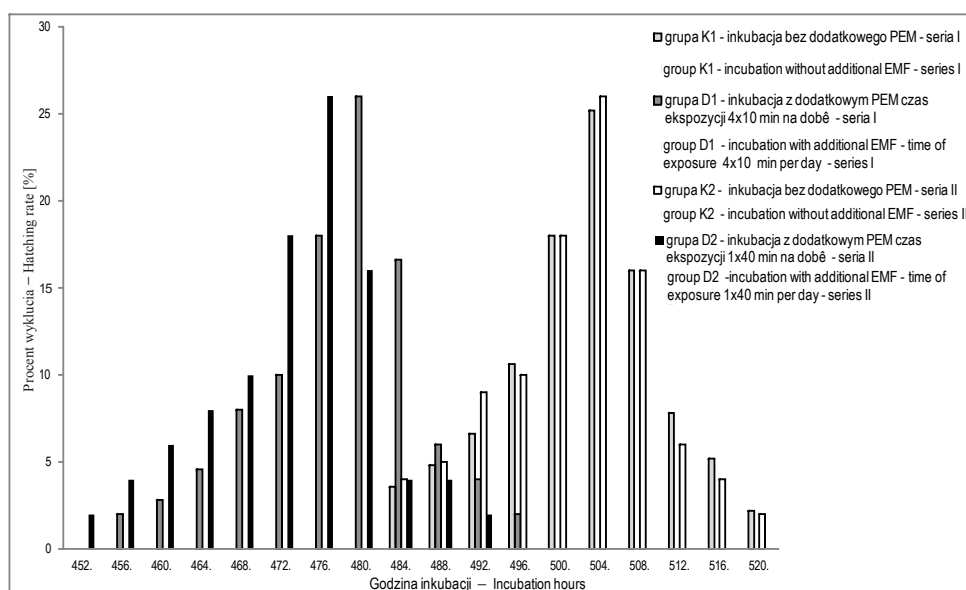
Fig. 1. Effect of exposure to a 900 MHz electromagnetic field during incubation on the pipping rate of chicken embryos

tego procesu było statystycznie istotne ($P < 0,05$) i wynosiło: 24 godziny w serii I, 28 godzin w serii II (rys. 2).

Wykonane obliczenia wykazały ponadto, że w grupach poddanych działaniu pola elektromagnetycznego o częstotliwości 900 MHz nastąpiło statystycznie istotne ($P < 0,05$) skrócenie średniego czasu między nakluciem a wykluciem się pisklęcia.

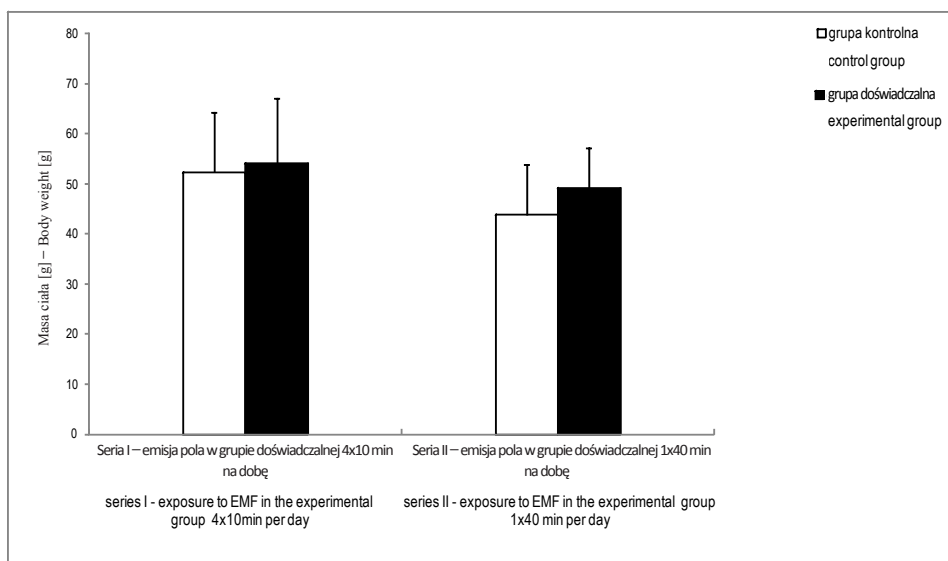
W dostępnym piśmiennictwie brak jest prac omawiających wpływ pola elektromagnetycznego o częstotliwościach radiowych na czas nakluwania i wykluwania się piskląt. Natomiast Sechman i wsp. [17], którzy badali wpływ PEM, ale o znacznie niższej częstotliwości (50 Hz), również wykazali przyspieszenie procesu wylęgu piskląt kurzych. Przyspieszenie omawianych procesów nakluwania i wykluwania się piskląt może mieć związek z reakcją stresową, obserwowaną u zwierząt poddanych działaniu pola elektromagnetycznego o częstotliwościach charakterystycznych dla telefonii komórkowej [4, 13, 16].

Wykonane tuż po wylęgu pomiary masy ciała piskląt nie wykazały statystycznie istotnych różnic między zarodkami inkubowanymi w warunkach standardowych a tymi, które w okresie rozwoju poddane były oddziaływaniu dodatkowego pola elektromagnetycznego o częstotliwości 900 MHz (rys. 3). Brak wpływu pola elektromagnetycznego na masę ciała zarodków kurzych wykazali również Veicsteinas i wsp. [19].



Rys. 2. Wpływ pola elektromagnetycznego o częstotliwości 900 MHz emitowanego w trakcie inkubacji na proces wylęwania się zarodków kurzych

Fig. 2. Effect of exposure to a 900 MHz electromagnetic field during incubation on the hatching rate of chicken embryos

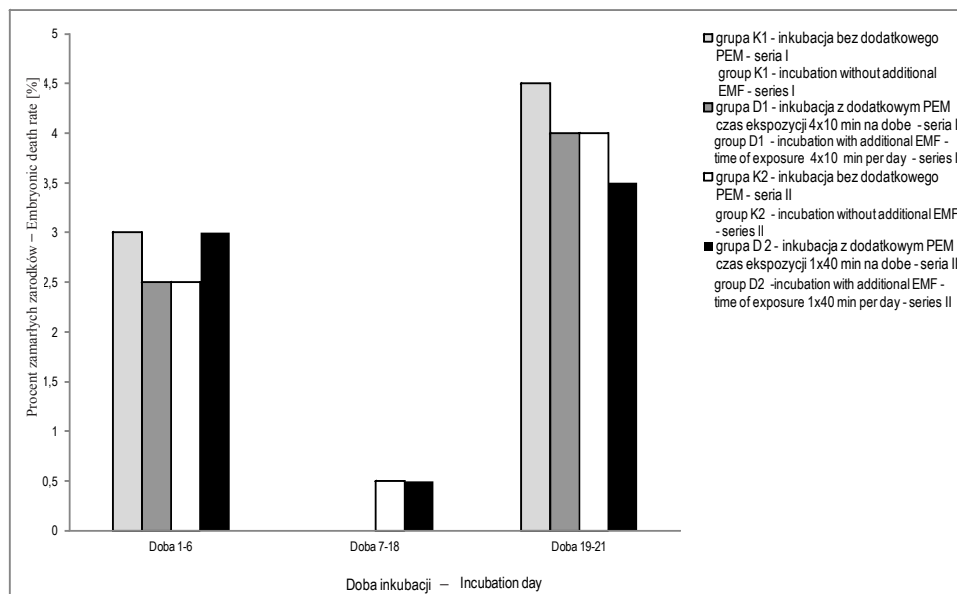


Rys. 3. Wpływ pola elektromagnetycznego o częstotliwości 900 MHz emitowanego w trakcie inkubacji na masę ciała 1-dniowych piskląt kurzych (wartości średnie, n=200).

Fig. 3. Effect of exposure to a 900 MHz electromagnetic field during incubation on the body weight of 1-day old chicken nestlings (mean values; n=200)

Przeprowadzona po 6., 18. i 21. dobie inkubacji analiza nie wykazała statystycznie istotnych różnic wyrażonej w procentach zamieralności zarodków między grupą kontrolną a doświadczalną zarówno w I, jak i w II serii badawczej. Obliczony procent zamarłych zarodków po 6 dniach inkubacji wahał się między 2,5 a 3,0. O wiele mniej zarodków zamarło w środkowym okresie inkubacji (7.-18. doba): brak zamarć – grupa K1 i D1; 0,5% – grupa K2 i D2. Największą liczbę zamarłych zarodków stwierdzono między 19. a 21. dobą inkubacji. W grupie K1 zamarło 4,5% zarodków, w grupie D1 i K2 – 4%, natomiast w grupie D2 – 3,5% (rys. 4). Uzyskane wyniki wskazują na brak wpływu pola elektromagnetycznego o częstotliwości 900 MHz na zamieranie zarodków kurzych. Procent zamierania zarodków w poszczególnych etapach inkubacji mieścił się w granicach uznanych za tzw. odpad naturalny. Brak wpływu pola elektromagnetycznego na zamieranie zarodków kurzych w początkowym okresie inkubacji potwierdzają również badania Nishimury i wsp. [11]. Natomiast Batellier i wsp. [1] w swoich badaniach dotyczących wpływu pól elektromagnetycznych na zarodki kurze wykazali gwałtowny wzrost śmiertelności embriionów między 9. a 12. dobą inkubacji. Na uzyskane przez tych autorów wyniki może mieć jednak wpływ zaniechanie obracania jaj w trakcie procesu inkubacji, co jak wiadomo jest niezbędne do prawidłowego przebiegu embriogenezy.

Obliczona z jaj zapłodnionych wylęgowość dla poszczególnych grup wynosiła: K1 – 92,5%, K2 i D2 – 93%, z D1 – 93,5% (brak statystycznie istotnych różnic między gru-



Rys. 4. Wpływ pola elektromagnetycznego o częstotliwości 900 MHz emitowanego w trakcie inkubacji na śmiertelność zarodków kurzych

Fig. 4. Effect of exposure to a 900 MHz electromagnetic field during incubation on the mortality rate of chicken embryos

pami). Uzyskana wylęgowość zarówno w grupach kontrolnych, jak i doświadczalnych nie odbiegała od wartości założonych dla tej linii kur. Brak wpływu pola elektromagnetycznego, ale o częstotliwości 50 Hz, na procent wylęgowości wykazali również Sechman i wsp. [17]. Natomiast zmniejszenie liczby otrzymanych piskląt obserwowali Ingole i Ghosh [8] oraz Jyoti Kohli i Bagai [9]. Należy jednak zwrócić uwagę, że cytowani autorzy przeprowadzili swoje eksperymenty na bardzo mało liczebnej grupie badawczej (n=6).

Przeprowadzona po wylęgu analiza embriopatologiczna niewyklutych zarodków nie wykazała wpływu PEM o częstotliwości 900 MHz na wzrost liczby zaburzeń rozwojowych (brak statystycznie istotnych różnic między grupami): w grupie K1 i K2 stwierdzono brak pełnej resorpcji woreczka żółtkowego (po 3 zarodki w każdej grupie); w grupie D1 zaobserwowano nieprawidłowe ułożenie zarodka w jajku (1 osobnik) oraz niedorozwój zarodka (1 osobnik).

W trakcie selekcji piskląt po wykluciu stwierdzono tylko u 1 osobnika wadę będącą podstawą do brakowania wyklutych piskląt (kalectwo – grupa K1).

Przeprowadzona analiza wykazała brak wpływu sposobu emisji pola na rozwijające się embriony kurcze. Badane wskaźniki lęgu dla grupy doświadczalnej D1 (emisja pola 10x4 min na dobę), jak i doświadczalnej D2 (emisja pola 1x40 min na dobę) były do siebie bardzo zbliżone i nie różniły się istotnie statystycznie.

Reasumując można stwierdzić, że pole elektromagnetyczne o częstotliwości 900 MHz niezależnie od długości czasu jednorazowej ekspozycji istotnie przyspiesza proces nakluczenia i wykluwania się zarodków kurzych. W grupach poddanych działaniu pola nastąpiło statystycznie istotne skrócenie okresu między nakluciem a wykluciem się piskląt. W toku badań nie stwierdzono natomiast wpływu PEM o częstotliwości 900 MHz na wylęgowość, liczbę wad rozwojowych zarodków, masę ciała oraz liczbę brakowanych piskląt kurzych.

PIŚMIENNICTWO

1. BATELLIER F., COUTY I., PICARD D., BRILLARD J.P., 2008 – Effects of exposing chicken eggs to a cell phone in “call” position over the entire incubation period. *Theriogenology* 69, 737-745.
2. BORZEMSKA W.B., 1984 – Vademecum chorób drobiu. PWRiL, Warszawa.
3. BORZEMSKA W.B., MALEC H., 1986 – Biologiczna i patomorfologiczna ocena lęgu kur przy zaburzeniach synchronizacji klucia. *Medycyna Weterynaryjna* 43, 409-412.
4. DANIELS W.M.U., PITOUT I.L., AFULLO T.J.O., MABANDLA M.V., 2009 – The effect of electromagnetic radiation in the mobile phone range on the behaviour of the rat. *Metabolic Brain Disease* 24, 629-641.
5. DARMOS K., BORZEMSKA W., 1979 – Routine method of differentiating eggs NF (non-fertile), POD (pre-ovipositional death) and FND (fertile, no development) from the PD (positive development) eggs in incubation refuse. *Zeszyty Naukowe SGGW* 9, 41-48.
6. DŽUGAN M., LIS M., DROBA M., NIEDZIÓŁKA W.J., 2011 – Effect of cadmium injected in ovo on hatching results and the activity of plasma hydrolytic enzymes in newly hatched chicks. *Acta Veterinaria Hungarica* 59, 337-347.

7. Ericsson Consumer Lab, 2014 – <https://www.ericsson.com/networked-society/consumerlab> (z 20 września 2014 roku)
8. INGOLE I.V., GHOSH S.K., 2006 – Cell Phone Radiation and Developing Tissues in Chick Embryo – A Light microscopic Study of Kidneys. *Journal of the Anatomical Society of India* 55, 19-23.
9. JYOTI KOHLI R.K., BAGAI U., 2014 – Effect of mobile phone frequency radiation on early development of chick embryo. *International Journal of Science, Environment and Technology* 3, 1273-1280.
10. LUIIS G.N., NEWRY R.J., KING B.V., JOHN A.R., 2009 – Mobile phone radiation induces reactive oxygen species production and DNA damage in human spermatozoa in vitro. *PLoS One* 47, 6440-6446.
11. NISHIMURA I., IMAI S., NEGISHI T., 2009 – Lack of chick embryotoxicity after 20 kHz, 1.1 mT magnetic field exposure. *Bioelectromagnetics* 30, 573-582.
12. PAWLAK K., SECHMAN A., NIECKARZ Z., WOJTYSLAK D., 2013 – Effect of weak electromagnetic field on cardiac work, concentration of thyroid hormones and blood aminotransferase level in the chick embryo. *Acta Veterinaria Hungarica* 61, 383-392.
13. PAWLAK K., SECHMAN A., NIECKARZ Z., 2014 – Plasma thyroid hormones and corticosterone levels in blood of chicken embryos and post hatch chickens exposed during incubation to 1800 MHz electromagnetic field. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 27, 114-122.
14. PLATANO D., MESIRCA P., PAFFI A., PELLEGRINO M., LIBERTI M., APOLLONIO F., BERSANI F., AICARDI G., 2007 – Acute exposure to low-level CW and GSM-modulated 900 MHz radiofrequency does not affect Ba²⁺ currents through voltage-gated calcium channels in rat cortical neurons. *Bioelectromagnetics* 28, 599-607.
15. POLITAŃSKI P., BORTKIEWICZ A., ZMYŚLONY M., 2016 – Wpływ pól elektromagnetycznych zakresu radiowego i mikrofalowego, emitowanych przez urządzenia łączności bezprzewodowej, na funkcjonowanie wybranych elementów układu nerwowego. *Medycyna Pracy* 67, 411-421.
16. PROCHNOW N., GEBING T., LADAGE K., KRAUSE-FINKELDEY D., EL OUARDI A., BITZ A., STRECKERT J., HANSEN V., DERMIETZEL R., 2011 – Electromagnetic field effect or simply stress? Effects of UMTS exposure on hippocampal longterm plasticity in the context of procedure related hormone release. *PLoS One*. May 5: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0019437>
17. SECHMAN A., NIEDZIÓLKA J., LIS M., RZASA J., 2006 – Changes in thyroid hormone levels in chicken embryos exposed to extremely low frequency electromagnetic field. *Archiv Fur Geflugelkunde* 70, 41-47.
18. SU G., LETCHER R.J., CRUMP D., FARMAHIN R., GIESY J.P., KENNEDY S.W., 2016 – Sunlight irradiation of highly brominated polyphenyl ethers generates polybenzofuran products that alter dioxin-responsive mRNA expression in chicken hepatocytes. *Environmental Science & Technology* 50, 2318-2327.
19. VEICSTEINAS A., BELLERI M., CINQUETTI A., PAROLINI S., BARBATO G., MOLINARI TOSATTI M.P., 1996 – Development of chicken embryos exposed to an intermittent horizontal sinusoidal 50 Hz magnetic field. *Bioelectromagnetics* 17, 411-424.
20. We Are Social, 2016 – <http://wearesocial.com/uk/special-reports/digital-in-2016>.

21. YAHAV S., COLLINA A., SHINDER D., PICARD M., 2004 – Thermal manipulations during broiler chick embryogenesis: effects of timing and temperature. *Poultry Science* 83, 1959-1963.
22. ZENI O., CHIAVONI A.S., SANNINO A., ANTOLINI A., FORIGO D., BERSANI F., SCARFÌ M.R., 2003 – Lack of genotoxic effects (micronucleus induction) in human lymphocytes exposed in vitro to 900 MHz electromagnetic fields. *Radiation Research* 160, 152-158.

Krzysztof Pawlak, Zenon Nieckarz, Marcin Lis, Bartosz Bojarski,
Barbara Tombarkiewicz, Magdalena Swadźba, Jerzy Niedziółka

The effects of exposure to a 900 MHz electromagnetic field on the hatchability of domestic chicken embryos (*Gallus gallus domesticus*)

Summary

From the second half of the 20th century there has been a rapid increase in electromagnetic radiation (EMR), generated in part by mobile phone networks. The aim of the study was to examine the effects of an electromagnetic field (EMF) with a frequency of 900 MHz on the hatchability of chicken embryos. The experimental groups were exposed to the electromagnetic field during the entire incubation period, for 10x4 minutes per day or 1x40 minutes per day. The results obtained indicate that an electromagnetic field with a frequency of 900 MHz, irrespective of the duration of a single exposure, significantly accelerates the process of pipping and hatching. In the experimental groups subjected to electromagnetic radiation the time between pipping and hatching was reduced. No influence of the 900 MHz EMF was observed on the hatching rate, number of developmental defects in the embryos, body weight, or the number of culled chicks.

KEY WORDS: electromagnetic field / hatchability / mobile telephony / chicken embryo