

PREDICTION OF CH₄ EMISSIONS FROM ENTERIC FERMENTATION AND LIVESTOCK FARMING WITH THE USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FLEXIBLE BYESIAN MODELS

Summary

The aim of presented study was to forecast the CH₄ emissions from livestock production in Poland and the potential emissions from enteric fermentation of animals. Predictions were carried out using artificial neural network Flexible Byesian Models. Correlations of selected terms of the factors considered in relation to the parameters were examined using Pearson's test.

PROGNOZOWANIE WIELKOŚCI EMISJI CH₄ Z FERMENTACJI JELITOWEJ ORAZ HODOWLI ZWIERZĄT GOSPODARSKICH Z WYKORZYSTANIEM SZTUCZNEJ SIECI NEURONOWEJ FLEXIBLE BYESIAN MODELS

Streszczenie

Prezentowane badania miały na celu prognozowanie ilości emisji CH₄ z produkcji zwierząt hodowlanych w Polsce w zależności od wielkości hodowli oraz potencjalnych emisji pochodzących z fermentacji jelitowej zwierząt. Predykcje prowadzono z wykorzystaniem sztucznej sieci neuronowej Flexible Byesian Models. Przy użyciu testu Pearsona wskazano korelacje rozpatrywanych czynników względem badanych parametrów.

1. Wstęp

Badanie wpływu produkcji rolnej na środowisko, a w szczególności emisji gazów cieplarnianych z tego sektora, jest obecnie problematyką podejmowaną przez naukowców i decydentów politycznych na całym świecie. W ostatnich latach kraje członkowskie UE znacząco ograniczyły emisję gazów cieplarnianych z sektora rolnego, poprzez m.in. redukcję wykorzystania nawozów sztucznych, nowoczesną uprawę gruntów rolnych, efektywniejszą technikę rolniczą, a także poprzez zmniejszenie pogłowia zwierząt gospodarskich. Narastające zapotrzebowanie na żywność powoduje intensyfikację produkcji rolnej oraz związaną z tym degradację środowiska naturalnego, co wymusza poszukiwanie nowych rozwiązań w zakresie redukcji powstających zanieczyszczeń. Kraje UE niewątpliwie będą dążyły do sukcesywnego obniżenia emisji GGC z sektora rolnego. Jednym z proponowanych rozwiązań jest możliwość prognozowania i modelowania przyszłych emisji zanieczyszczeń poprzez wyodrębnienie, a następnie ograniczenie emisji ze źródeł dominujących.

Wśród podstawowych związków zaliczanych do gazów cieplarnianych znajduje się CH₄ – gaz znacznie bardziej niebezpieczny od CO₂, gdyż jego potencjał cieplarniany jest 21-krotnie wyższy. Działania na najbliższe lata powinny zmierzać w kierunku ograniczenia emisji tego szkodliwego związku. Potrzeba umiejętności przewidywania możliwych scenariuszy w wielkości produkcji gazów cieplarnianych jest z tego względu w ostatnich latach szczególnie istotna. Badania prognostyczne dotyczące potencjalnego wpływu globalnego ocieplenia na rozwój rolnictwa prowadzone są na szerszą skalę od początku lat dziewięćdziesiątych. Wyniki tych badań wskazują, że zmiany klimatu mogą w istotny sposób wpłynąć na możliwość i kierunki działalności rolniczej. Rolnictwo odpowiada za około 52% całkowitej emisji CH₄ [6]. W Polsce z rolnictwa emituje się 25% tego związku, a 37% ogółu antropogenicznych emisji CH₄ pochodzi z produkcji zwierzęcej [7].

W krajach uprzemysłowionych CH₄ stanowi około 15% do 18% wszystkich gazów cieplarnianych emitowanych do atmosfery. Jak powszechnie wiadomo źródłem emisji CH₄ w dużym stopniu jest rolnictwo, a właściwie kilka głównych grup tego sektora. Przede wszystkim są to emisje pochodzące z fermentacji jelitowej u przeżuwaczy oraz emisje z odchodów zwierzęcych (tabela 1). Wszystkie gazy cieplarniane CO₂, N₂O oraz pozostałe tlenki azotu, także niebezpieczny NH₄ – to związki w dużej mierze emitowane z sektora rolniczego. Obecnie rolnictwo odpowiada za emisję ponad 50% CH₄ [6]. Dwa podstawowe źródła rolnicze emisji CH₄ to:

- fermentacja jelitowa (89,9%), przy czym należy nadmienić, iż jego ilość zależy od liczby zwierząt, rodzaju układu pokarmowego oraz rodzaju i masy paszy [2],
- odchody zwierzęce (9,9%) [8].

Emisja CH₄ z sektora rolnego w Polsce systematycznie wzrasta, przy czym w ostatnich latach znaczy wzrost odnotowuje się z emisji z odchodów zwierzęcych (tab. 1, rys. 1).

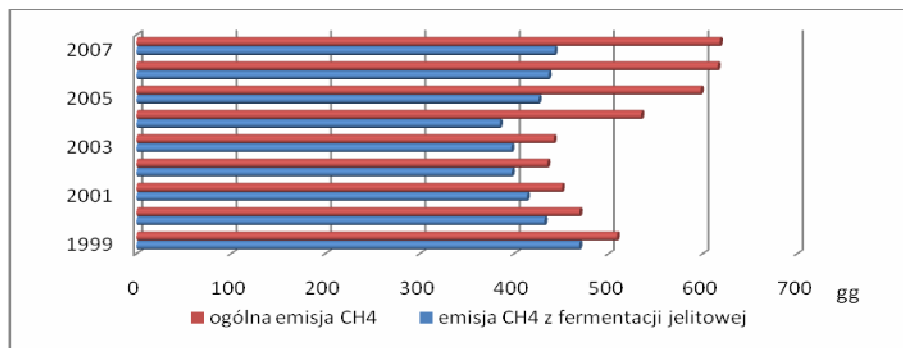
2. Cel badań

Celem badań jest prognozowanie możliwych scenariuszy wielkości emisji CH₄ z fermentacji jelitowej, a także ogólnej wielkości emisji CH₄ w zależności od wielkości produkcji zwierząt gospodarskich. Dodatkowym celem jest też podkreślenie szerokich możliwości aplikacyjnych sztucznych sieci neuronowych.

W latach 2004-2007 zaobserwowano wyraźny wzrost emisji CH₄ z sektora rolnego, przy zachowaniu emisji z fermentacji jelitowej na poziomie ok. 400-450 Gg. Wobec powyższego przeprowadzono dwie odrębne analizy. Pierwszą mającą pokazać spodziewane emisje CH₄ przy różnych założonych scenariuszach wielkości hodowli zwierząt (uwzględniając także znaczącą, szczególnie w ostatnich latach emisję z odchodów) oraz kolejną, która odzwierciedli szacowane emisje tylko z fermentacji jelitowej.

Tab. 1. Emisja CH₄ z rolnictwa w Polsce [5].
Table 1. CH₄ emissions from agriculture in Poland

Źródło emisji	Emisja CH ₄ w Gg						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Rolnictwo ogółem	469,4	450,7	442	534,7	597,8	615,7	618
Fermentacja jelitowa	432,2	413	397,2	384,8	426,1	436,6	443
Odchody zwierzęce	36,1	35	43,7	148,6	170,5	178	174
Spalanie odpadów rolnych	1,3	1,3	1,1	1,3	1,2	1,1	1



Rys. 1. Wielkość emisji CH₄ w Polsce w latach 1999-2007 [3, 5].
Fig. 1. Volume of CH₄ emissions in Poland in 1999-2007

3. Metodyka badawcza

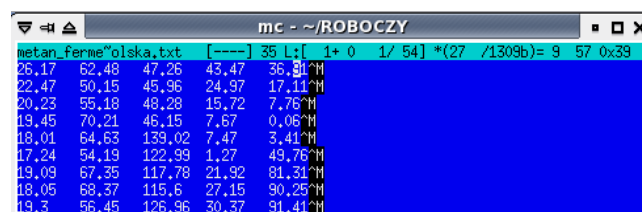
Serię uczącą stanowiły dane pozyskane z baz danych GUS oraz roczników statystycznych [3, 5] (tab. 2). Są to następujące parametry: wielkość produkcji bydła, trzody chlewnej i drobiu oraz wielkość emisji z samej fermentacji jelitowej i z hodowli zwierząt (dane z lat 1999-2008).

Rozpatrywane dane wskazują na gwałtowny wzrost począwszy od 2003 roku w wielkości produkcji drobiu i jednoczesny spadek hodowli trzody chlewnej i bydła. Na stan emisji CH₄ największy wpływ ma ilość przeżuwaczy i to ten głównie czynnik decyduje w znaczącym stopniu o wielkości emisji. Stawiane są pytania odnośnie kierunku i wielkości produkcji zwierząt gospodarskich w najbliższej przyszłości [1, 6]. Pod rozwagę wzięto kilka z możliwych kierunków rozwoju i w dalszej części obserwowano wpływ zmian parametrów na wielkość emisji pochodzącej fermentacji jelitowej oraz ogólnej emisji CH₄. Rozważono następujące scenariusze:

- wzrost produkcji drobiu, przy spadku pozostałych parametrów,
- wzrost produkcji bydła i trzody przy spadku hodowli drobiu,
- wzrost trzody, przy spadku pozostałych parametrów,
- wzrost produkcji bydła, przy zachowaniu pozostałych

parametrów zgodnie z obserwowanymi,
e) wzrost produkcji bydła i trzody przy zachowaniu pozostałego parametru zgodnego z obserwowanymi tendencjami.

Do analizy neuronowej wykorzystano sieć Flexible Bayesian Models on Neural Networks, Gaussian Processes and Mixtures [4], pracującą w środowisku UNIX/Linux. W analizowanym przypadku warstwa wejściowa sieci składa się z 4 zmiennych, warstwa ukryta – z 6 neuronów oraz warstwa wyjściowa – z 1 neuronu. Dane serii uczącej zamieszczono na rys. 2. Proste obliczenia statystyczne, których celem jest ukazanie korelacji analizowanych parametrów względem prognozowanych emisji, tj. współczynnik korelacji Pearsona, określono przy wykorzystaniu pakietu statystycznego R.



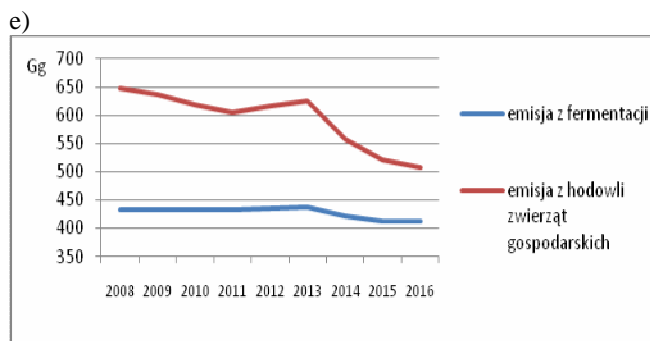
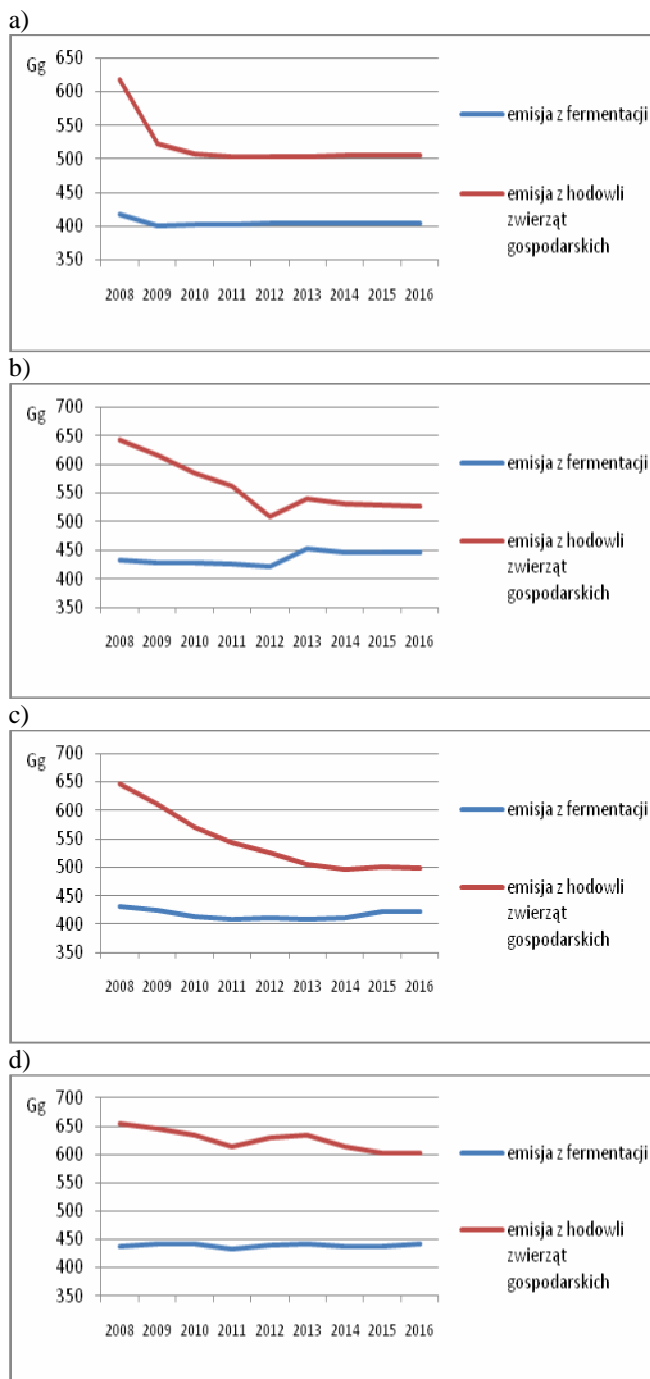
Rys. 2. Seria ucząca
Fig. 2. Learning series

Tab. 2. Wielkość produkcji zwierzęcej w Polsce w latach 1999-2008 [3, 5]
Table 2. Animal production in Poland in 1999-2008

Rok	Bydło, szt.	Trzoda chlewna, szt.	Droń ogółem, szt.
1999	6 092 643	18 223 864	54 553 876
2000	5 723 041	16 991 494	53 261 131
2001	5 498 791	17 493 956	55 582 014
2002	5 420 987	18 997 032	53 446 421
2003	5 276 810	18 439 236	146 321 062
2004	5 200 173	17 395 568	130 288 998
2005	5 384 981	18 711 294	125 073 082
2006	5 280 967	18 812 975	122 895 449
2007	5 405 545	17 621 213	134 256 331
2008	5 563 564	14 242 273	124 328 432

4. Wyniki badań i ich interpretacja

W zależności od wielkości analizowanych czynników otrzymano zróżnicowane emisje. Według jednego z prognozowanych scenariuszy, odzwierciedlającego obserwowane w ostatnich latach tendencje (niewielki wzrost w produkcji bydła, spadek w produkcji trzody chlewnej i wzrost w produkcji drobiu (rys. 3 d), spodziewane ogólne emisje w latach 2008-2016 będą oscylowały w granicach 600-650 Gg, czyli lekko wzrosną w odniesieniu do lat ubiegłych.



Rys. 3. Prognozowana emisja CH_4 z fermentacji jelitowej oraz ogólnej z hodowli zwierząt; a) wzrost produkcji drobiu, przy spadku pozostałych parametrów, b) wzrost produkcji bydła i trzody przy spadku hodowli drobiu, c) wzrost trzody, przy spadku pozostałych parametrów, d) wzrost produkcji bydła, przy zachowaniu pozostałych parametrów zgodnie z obserwowanymi, e) wzrost produkcji bydła i trzody przy zachowaniu pozostałego parametru zgodnego z obserwowanymi tendencjami

Fig. 3. Forecasting of emissions of CH_4 from enteric fermentation and animal husbandry in general: a) increase in poultry production, at the decline in other parameters, b) the increase in production of cattle and pigs at the fall of poultry farming, c) increase in the pigs, at the decline in other parameters, d) the increase in cattle production, while keeping other parameters in accordance with the observed e) increased production of cattle and pigs while maintaining other parameters consistent with the observed trends

Także w tym przypadku emisje z fermentacji jelitowej pozostają na obserwowanym w latach 1999-2007 poziomie. Po rozpatrzeniu pozostałych scenariuszy ogólnie odnotowano spadek w zakresie emisji CH_4 . Najniższe emisje, zaobserwowano przy spadku wielkości produkcji bydła, trzody chlewnej i równoczesnym wzroście hodowli drobiu. Dla tego przypadku ogólna emisja CH_4 z fermentacji jelitowej również jest najniższa i oscyluje na poziomie ok. 400 Gg (rys. 3 a). Otrzymane wyniki prognoz nie budzą wątpliwości, wskazują bowiem w dużej mierze na hodowlę bydła jako odpowiedzialną za wielkość emisji, głównie z fermentacji jelitowej.

Istotność analizowanych parametrów została wskazana na podstawie testu Pearsona. Test jednoznacznie wskazał znaczenie pewnych parametrów wobec badanych czynników oraz parametry nieistotne statystycznie.

Na podstawie wyników uzyskanych testem Pearsona odnotowano, że wysokie siły korelacji dla prognozowanych czynników odnotowano względem wielkości produkcji bydła. Ponadto, silną zależność zauważono w wielkości produkcji drobiu względem ogólnej emisji CH_4 – na poziomie istotności 0,00623 oraz produkcji trzody chlewnej z wielkością emisji z fermentacji jelitowej – 0,008836. Otrzymane wartości 0,7533 oraz 0,9684 są nieistotne statystycznie.

Tab. 3. Poziomy istotności analizowanych czynników względem prognozowanych parametrów
Table 3. Significance levels of analyzed factors against the forecasting parameters

	Wielkość produkcji bydła	Wielkość produkcji trzody chlewnej	Wielkość produkcji drobiu
Ogólna emisja CH_4 z hodowli zwierząt	0,001744	0,7533	0,00623
Emisja CH_4 z fermentacji jelitowej	2,227E-08	0,008836	0,9684

5. Podsumowanie

Emisje gazów cieplarnianych zależą głównie od wielkości produkcji rolnej i stosowanych technologii. Znaczna intensyfikacja produkcji rolniczej przyczynia się do wzrostu tych emisji. Znacząca rola sektora rolniczego w zakresie emisji gazów cieplarnianych jest niepodważalna. Duża część tych emisji pochodzi z produkcji zwierząt hodowlanych. Potrzeba umiejętności przewidywania możliwych scenariuszy w wielkości produkcji gazów cieplarnianych jest w ostatnich latach szczególnie istotna. Otrzymane w wyniku analiz wyniki pozwalają z dużą dokładnością na wskazanie ich powiązań z prognozowaną wielkością emisji. W przeprowadzonych badaniach podkreślono przydatności narzędzi statystycznych oraz sztucznych sieci neuronowych do weryfikacji i identyfikacji wybranego problemu. Możliwość modelowania przyszłych emisji w zależności od wielkości produkcyjnej zwierząt wydaje się być praktyczna w świetle obowiązujących, coraz bardziej restrykcyjnych programów w zakresie redukcji głównych gazów cieplarnianych. Przeprowadzone prognozy wskazują, iż wielkość hodowli w poszczególnych grupach zwierząt ma istotny wpływ na stan emisji CH₄.

6. Literatura

- [1] Compassion in World Farming, 2006, Global Warming: climate change and farm Animal welfare, ISBN 978-83-

61608-12-7, Surrey, www.ciwf.org.uk/includes/documents/cm_docs/2008/g/global_warning_summary.pdf

- [2] Gibbs M., Conneely D., Johnson D., Lasse K. R., Ulyatt M. J.: CH₄ Emissions from enteric fermentation. (In:) Background Papers - IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. The Institute for Global Environmental Strategies, Japan, 2002, http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/4_1_CH4_Enteric_Fermentation.pdf
- [3] Główny Urząd Statystyczny, www.stat.gov.pl
- [4] Neal R.: Flexible Bayesian Models on Neural Networks, Gaussian Processes, and Mixtures v. 2004-11-10. University of Toronto, Toronto.
- [5] Ochrona Środowiska, Informacje i opracowania statystyczne, GUS Warszawa, 2000-2009.
- [6] Smith P., Bertaglia M., 2007, Greenhouse gas mitigation in agriculture, Encyclopedia of Earth, Cutler J. Cleveland, Washington, www.eoearth.org/article/Greenhouse_gas_mitigation_in_agriculture
- [7] Steinfeld H. a. al.: Livestock's Long Shadow: Environmental issues and options. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2006. www.virtualcentre.org/en/library/key_pub/longshad/A0701E00.htm
- [8] Zaliwski A.S.: Emisja gazów cieplarnianych przez rolnictwo. Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy, 2007, zeszyt 4.