

MODELOWANIE EMISJI CH₄ Z SEKTORA ROLNEGO W POLSCE Z WYKORZYSTANIEM REGRESJI LINIOWEJ

Streszczenie

W przeprowadzonych badaniach dokonano próby znalezienia modelu opisującego emisję CH₄ z sektora rolnego w Polsce w odniesieniu do wybranych parametrów. Do badań wykorzystano regresję liniową, która uwzględnia współzależności między badanymi zmiennymi. Powyższe analizy prowadzono z zastosowaniem programu R-Project.

Wprowadzenie

Przewidywania w zakresie emisji GGC z sektora rolnego w Polsce i na świecie są niepokojące. Kraje członkowskie UE w latach 1990. zapoczątkowały działania na rzecz ochrony klimatu. Strategicznym dokumentem w tej sprawie jest protokół z Kioto, wyraźnie określający cele w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych. UE zobowiązała się do ograniczenia ich emisji poniżej 8% do 2012 roku w porównaniu z rokiem 1990. W 2007 roku podjęto zobowiązania mające na celu ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, o co najmniej 20% do 2020 roku.

Widoczne w Europie postępy, m. in. w zakresie ograniczenia stosowania nawozów sztucznych, zmniejszenia pogłowia bydła i owiec, wydajniejszego zarządzania gruntami i ulepszeń w technice rolniczej, zaowocowały spadkiem emisji gazów cieplarnianych (tab. 1).

Tab. 1. Emisje CH₄ w UE [3]

Table 1. CH₄ emission in EU [3]

Lata	Ogólna emisja CH ₄ z rolnictwa [tony]	Emisja CH ₄ z fermentacji jelitowej przeżuwaczy [tony]	Emisja CH ₄ z odchodów zwierząt hodowlanych [tony]
1990	222 179 018,7	7 067 067,6	3 412 275,3
1991	213 528 901,1	6 881 370,7	3 188 309,6
1992	209 831 362,2	6 742 721,2	3 155 612,5
1993	208 022 057,9	6 689 598,2	3 130 500,0
1994	210 048 712,0	6 714 208,9	3 193 924,7
1995	209 518 048,1	6 710 751,5	3 173 920,8
1996	210 172 228,4	6 738 034,2	3 172 176,7
1997	209 329 666,1	6 652 222,9	3 217 247,2
1998	208 022 561,9	6 621 664,6	3 194 752,1
1999	207 255 643,1	6 595 809,5	3 186 170,6
2000	205 244 278,7	6 524 158,0	3 165 396,8
2001	205 045 313,6	6 493 318,7	3 185 754,4
2002	202 791 926,0	6 405 003,2	3 161 717,7

Obecna wielkość emisji gazów cieplarnianych może nasilać się w przyszłości głównie z powodu wzrostu populacji. Większy popyt na żywność może doprowadzić do wzrostu pogłowia zwierząt gospodarskich, większego wykorzystania nawozów azotowych oraz ostatecznie do wyższych emisji CH₄ i N₂O. Zapotrzebowanie na produkcję zbóż, mięsa i mleka wzrasta z każdym rokiem, dlatego eliminowanie negatywnego wpływu hodowli na niekorzystne zmiany klimatyczne jest dość

ograniczone. Problem emisji hodowlanej stanie się jeszcze bardziej palący w najbliższych dziesięcioleciach. Niezbędne będzie wdrażanie nowych praktyk ograniczających w odniesieniu do hodowli zwierząt i aplikacji nawozów, aby zapobiec wzrostowi emisji z rolnictwa. W krajach rozwijających się każdego roku średnio 6 Mha obszarów leśnych i 7 Mha innych obszarów przekształcanych jest w użytki rolne [2]. W latach 1997-2010, głównie w krajach Ameryki Łacińskiej i Afryki Subsaharyjskiej, 500 Mha zaadaptowano na grunty rolne [4]. Przewiduje się, iż tendencje te będą się utrzymywały w najbliższych latach [1].

Zawartość CH₄ w atmosferze wzrosła z poziomu 0,7 do 1,7 ppmv w ciągu minionych 200 lat [7]. CH₄ ze zdolnością do pochłaniania ciepła 21-krotnie wyższą w odniesieniu do Co₂.

Antropogeniczne globalne emisje z rolnictwa w 2005 r. wynosiły CH₄ - 50% oraz N₂O - 60% [2]. Tylko zwierzęta przeżuwające i odchody zwierzęce są źródłem 20% całkowitej emisji CH₄. Okazuje się, iż emisja gazów cieplarnianych pochodząca z hodowli zwierząt jest wyższa od wytworzonej przez transport. Sektor rolny, będący głównym producentem żywności dla szybko rosnącej populacji, staje się powodem rosnącej degradacji nie tylko powietrza, ale także wód i gleb. Pomimo oczekiwanego wzrostu emisji gazów z sektora rolnego pewne praktyki w zakresie zarządzania i nowych technologii będą pozwalały na ich kontrolowanie.

W skali globalnej znaczące emisje CH₄ pochodzą z produkcji ryżu (ok. 97%) oraz spalania biomasy (92%). Z Azji Południowej i Wschodniej pochodzi 82% światowej emisji CH₄ z produkcji ryżu, z Afryki Subsaharyjskiej, Ameryki Łacińskiej i Karaibów pochodzi 74% światowej emisji CH₄ ze spalania biomasy. Jeśli emisje CH₄ będą rosły wprost proporcjonalnie do wzrostu liczby zwierząt, to do roku 2030 mogą one wzrosnąć o 60%. Jednakże zmiany praktyk żywieniowych i skuteczne zarządzanie obornikiem pomogą ograniczyć ten wzrost. Przewiduje się, że łączna emisja CH₄ z fermentacji jelitowej przeżuwaczy między 2005 i 2020 wzrośnie o 21%.

Metodyka badań

W badaniach uwzględniono głównie te parametry, które znacząco wpływają na wielkość emisji CH₄ z sektora rolnego. Dane, które posłużyły do weryfikacji, pochodzą z baz danych GUS i są to stan pogłowia zwierząt gospodarskich (bydła, trzody chlewnej, drobiu) oraz emisji z fermentacji jelitowej przeżuwaczy.

W celu dopasowania modelu do danych wykorzystano regresję liniową. Jest to metoda powszechnie znana i stosowana, m. in. z uwagi na fakt, iż uwzględnia ona zagadnienia mode-

lowania współzależności badanych cech. W oparciu o jedne zmienne estymuje się inne. Dopasowanie modelu liniowego do danych przeprowadzono wykorzystując dostępną funkcję lm.

W analizowanym przypadku (rys. 1a) zmienna objaśniająca „trzoda.chl” jest parametrem nieistotnie różnym od zera i może być w modelu pominięta. Współczynnik dopasowania modelu R^2 jest wysoki, jednak zmodyfikowany R^2 uwzględniający liczbę zmiennych w modelu jest stosunkowo niski (Adjusted $R^2 = 0,6265$). W kolejnej próbie dopasowania modelu postanowiono zrezygnować ze zmiennej nieistotnie różnej od zera.

a)

```
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  6.699e+02  7.438e+02  0.901  0.419
ferment.jelit. 3.359e+00  1.111e+00  3.024  0.039 *
bydlo        -2.654e-04  1.460e-04  -1.808  0.145
trzoda.chl   -8.319e-06  2.360e-05  -0.352  0.742
drob         3.530e-07  6.730e-07  0.524  0.628
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 46.22 on 4 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8133,    Adjusted R-squared:  0.6265
F-statistic: 4.355 on 4 and 4 DF,  p-value: 0.0916
```

b) po odrzuceniu zmiennej „trzoda chlewna” zaobserwowano wzrost współczynnika Adjusted R^2 . Kolejną zmienną najmniej istotną statystycznie w tej próbie ponownie pominięto

```
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.904e+02  4.924e+02  0.996  0.3650
ferment.jelit. 3.285e+00  9.906e-01  3.316  0.0211 *
bydlo        -2.546e-04  1.304e-04  -1.952  0.1083
drob         3.673e-07  6.101e-07  0.602  0.5734
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 41.98 on 5 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8075,    Adjusted R-squared:  0.6919
F-statistic: 6.989 on 3 and 5 DF,  p-value: 0.03077
```

c) próba dopasowania modelu po odrzuceniu zmiennej „drób”

```
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  7.275e+02  2.795e+02  2.603  0.04049 *
ferment.jelit. 3.617e+00  7.781e-01  4.648  0.00351 **
bydlo        -3.169e-04  7.486e-05  -4.234  0.00548 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 39.69 on 6 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7935,    Adjusted R-squared:  0.7247
F-statistic: 11.53 on 2 and 6 DF,  p-value: 0.008807
```

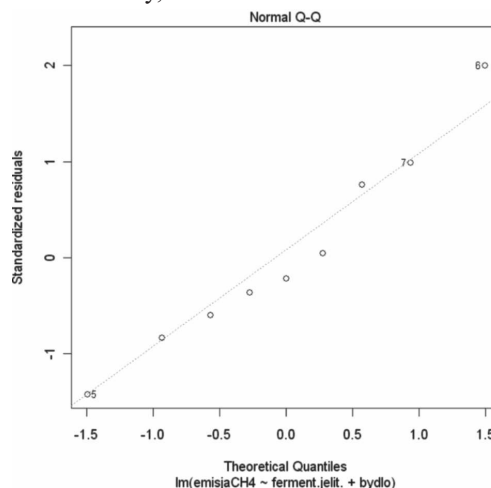
Rys. 1. Wyniki dopasowania modelu liniowego
Fig. 1. Results of linear fit

W analizowanym przypadku istotnymi parametrami okazały się następujące zmienne: emisja z fermentacji jelitowej przeżuwaczy oraz wielkość pogłowia bydła. Wartość zmodyfikowanego współczynnika Adjusted R^2 , przedstawiająca procent wariancji wyjaśnionej przez model, jest najwyższa i wynosi 0,7247. Przy uzyskanych wynikach model opisujący zależności przedstawia się następująco:

$$\text{Emisja CH}_4 = 1,064e^{-05} + 8,975e^{-03} * \text{coal} + 1,160e^{-01} * \text{CO}_2\text{transport.} \quad (1)$$

Weryfikując właściwości residuów można zbadać założenia modelu. W tym celu wykorzystano wykres diagnostyczny.

Jeśli założenia są spełnione, to zakłócenia losowe powinny mieć rozkład normalny o równych wariancjach. Punkty układające się wzdłuż linii prostej sugerują, iż model można uznać za adekwatny, a zakłócenie ma rozkład normalny (rys. 2).



Rys. 2. Wykres kwantylowy dla rozkładu normalnego dla otrzymanego modelu

Fig. 2. Quantiles chart form of normal distribution for the resulting model

Wnioski

W badaniach wskazano te parametry, które szczególnie znacząco decydują o wielkości emisji CH_4 i są to przede wszystkim: wielkość pogłowia bydła oraz bezpośrednio z tym związana emisja z fermentacji jelitowej. Na tej podstawie określono model opisujący uwzględnione zmienne. Wartość dopasowania modelu do danych wynosi 0,7247, co oznacza iż można przyjąć otrzymany model, oraz że relatywnie dobrze opisuje on badaną zależność.

Literatura

- [1] Green R.E., Cornell S.J., Scharlemann J.P.W., Balmford A.: Farming and the fate of wild nature. *Science* 2005, 307, p. 550-555.
- [2] Metz B., Davidson O.R., Bosch P.R., Dave R., Meyer L.A., eds.: *Climate Change: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.
- [3] Organization for Economic Co-operation and Development - www.stats.oecd.org/index.aspx.
- [4] Rosegrant, M., Paisner M.S., Meijer S.: *Long-Term Prospects for Agriculture and the Resource Base*. The World Bank Rural Development Family. Rural Development Strategy Background. Paper 1. The World Bank, Washington, 2001.
- [5] Smith P., Bertaglia M.: *Greenhouse gas mitigation in agriculture*, Encyclopedia of Earth. Cutler J. Cleveland, Washington, 2007, www.eoearth.org/article/Greenhouse_gas_mitigation_in_agriculture.
- [6] Steinfeld H. i in.: *Livestock's Long Shadow: Environmental issues and options*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, 2006.
- [7] www.virtualcentre.org/en/library/key_pub/longshad/A0701E00.htm
- [8] Tyler, S. C.: *The global methane budget*. Microbial Production and Consumption of Radiatively Important Trace Gases: Methane, Nitrogen Oxides, and Halomethanes. J. E. Rogers and W. B. Whitman, Eds., American Society for Microbiology, 1991, p. 7-38.

MODELLING CH_4 EMISSION IN THE AGRICULTURAL SECTOR IN POLAND USING LINEAR REGRESSION

Summary

The present study attempted to find a model describing the CH_4 emission from the agricultural sector in Poland in relation to chosen parameters. Linear regression which takes into account the interdependence between the investigated variables was used for the study purpose. This analysis was performed using the R-Project.