

Andrzej S. Zaliwski

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

TENDENCJE ZMIAN W EMISJI METANU (CH_4)
I NADTLANKU AZOTU (N_2O) W PRZEKROJU WOJEWÓDZTW*

Wstęp

Atmosfera ziemską składa się z mieszaniny gazów tworzących powłokę ograniczoną od dołu powierzchnią Ziemi, a od góry przestrzenią kosmiczną. Warstwa do 100 km zawiera 99,99% całej masy atmosfery. Dolne warstwy atmosfery do wysokości około 80 km (troposfera, stratosfera i mezosfera) wykazują dość dużą homogeniczność będącą wynikiem ciągłego ruchu powietrza i mieszania się składników (18). Powyżej (jonosfera i egzosfera) przeważa dyfuzja prowadząca do rozwarstwienia się gazów lżejszych i cięższych. Na wysokości 100 km niemal 98% masy atmosfery stanowi wodór.

Oprócz składników pierwszorzędnych (azot, tlen, argon i dwutlenek węgla) dolne warstwy atmosfery zawierają składniki drugorzędne (m.in. gazy szlachetne, metan i wodór) występujące w stałych proporcjach oraz domieszki (m.in. para wodna i amoniak), które występują w ilościach zmiennych. Atmosfera zawiera w ilościach śladowych także liczne gazy i substancje pochodzenia naturalnego (pyły kosmiczne i ziemskie, aerozole morskie, gazy wulkaniczne, mikroorganizmy, części roślinne i zwierzęce) i sztucznie wytwarzane przez przemysł i rolnictwo. Składniki sztuczne oraz składniki naturalne, jeśli występują w ilościach przekraczających wartości graniczne, przyjęto nazywać zanieczyszczeniami (18). Biorąc pod uwagę wpływ na efekt cieplarniany najistotniejszymi zanieczyszczeniami emitowanymi ze źródeł rolniczych jest metan, podtlenek azotu i dwutlenek węgla (tzw. gazy cieplarniane).

Gazy cieplarniane odpowiedzialne są za efekt cieplarniany w różnym stopniu. Dominujący jest tu wpływ dwutlenku węgla ze względu na stosunkowo duże stężenie (jeśli pominiemy wpływ pary wodnej, która jest naturalnym składnikiem atmosfery) wynoszące około 0,036%. Stężenie metanu i podtlenku azotu wynosi odpowiednio 0,00017 i 0,00003%, ale reprezentują one znacznie większy molekularny potencjał cieplarniany, dlatego ich udział w efekcie cieplarnianym jest dość znaczący i łącznie wynosi około 6,6% (14, 16). Można się spodziewać, że te dwa gazy będą wywierały

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.2 w programie wieloletnim IUNG - PIB

coraz większy wpływ na zmiany temperatury, ponieważ ich stężenie szybko wzrasta (CH_4 – 0,5% rocznie i N_2O – 0,25% rocznie) i utrzymują się długo w atmosferze: metan do 12 lat, a podtlenek azotu do 120 lat (1, 5, 10).

Metan powstaje w procesach rozkładu naturalnych i wynikających z ludzkich działań, szczególnie w rolnictwie. Najważniejszymi globalnie źródłami metanu są: naturalne bagna, hodowla i chów zwierząt, pola ryżowe, spalanie biomasy, wysypiska śmieci, kopalnie węgla i odwierty gazu naturalnego. Rolnictwo ma znaczący udział w emisji metanu – 24,6% metanu wyemitowanego w Polsce w 2003 roku pochodziło ze źródeł rolniczych (13). Dwa podstawowe źródła rolnicze to fermentacja jelitowa (89,9%) i odchody zwierzęce (9,9%). Trzecie źródło, spalanie resztek poźniwnych, przyczynia się w znacznie mniejszym stopniu do zanieczyszczenia atmosfery (0,2%).

Wzrost stężenia N_2O w atmosferze w 1/3 (lub nawet w połowie) jest wynikiem działalności człowieka, a pozostała część emisji pochodzi z naturalnych procesów zachodzących w glebach i oceanach. Do wzmożonej produkcji podtlenku azotu prowadzą bezpośrednio lub pośrednio zakłócenia globalnego cyklu azotu powodowane przez rolnictwo (w ok. 75%) oraz spalanie biomasy pochodzenia rolniczego (ok. 7%). Za pozostałą część emisji (18%) odpowiedzialny jest przemysł (5). Do źródeł rolniczych N_2O należy zaliczyć stosowanie nawozów sztucznych, odchody zwierzęce, uprawę roślin wiążących azot oraz uprawę gleb mineralnych (i organicznych) prowadzącą do intensywnej mineralizacji materii organicznej. Podtlenek azotu może być emitowany bezpośrednio z gleby i z instalacji w budynkach inwentarskich oraz pastwisk, ale także pośrednio w wyniku transportu azotu z gleby do wód powierzchniowych (przez wymywanie i spływy powierzchniowe) i z systemów rolniczych do gleby (przez unoszenie i osiadanie amoniaku i tlenków azotu NO_x). Głównymi źródłami podtlenku azotu w rolnictwie są procesy nityfikacji i denityfikacji zachodzące w glebie. Udział gleb w produkcji N_2O ze źródeł rolniczych wynosi ponad 64%. Nieco ponad 35% N_2O pochodzi z odchodów zwierzęcych. Trzecim źródłem emisji podtlenku azotu w rolnictwie polskim, znacznie mniej istotnym, jest spalanie resztek poźniwnych (tylko ok. 0,15%). Jest ono także źródłem dwutlenku węgla, metanu, tlenku węgla oraz tlenków azotu (NO_x).

W warunkach Polski emisja N_2O powodowana przez rolnictwo w 2003 roku wynosiła 68,6% (13). Należy wziąć tutaj pod uwagę trzy źródła rolniczej emisji N_2O : gospodarke odchodami zwierzęcymi, gleby oraz spalanie słomy na polach, przy czym emisja z ostatniego źródła jest niewielka (poniżej 0,1%).

Ze względu na ogólnoświatowy zasięg zmian klimatycznych kwestie emisji gazów cieplarnianych są przedmiotem prac międzynarodowych organizacji i instytucji. Głównym celem prac jest doprowadzenie do ustabilizowania koncentracji gazów cieplarnianych (CO_2 , CH_4 i N_2O) w atmosferze i zapobieżenie niebezpiecznej antropogenicznej ingerencji w system klimatyczny. Do zobowiązań Polski w tym zakresie należy prowadzenie badań i monitoringu zmian klimatu oraz przekazywanie do Sekretariatu Konwencji w Bonn corocznej inwentaryzacji emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych zgodnej z wytycznymi IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change – Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu).

Metodyka badań

Biorąc pod uwagę wytyczne do metodyki inwentaryzacji emisji CH_4 i N_2O przez rolnictwo opracowane przez IPCC (8), w warunkach Polski należy uwzględnić trzy źródła emisji metanu: fermentację jelitową, odchody zwierzęce i spalanie resztek poźniwnych oraz trzy źródła podtlenku azotu: gleby, odchody zwierzęce i spalanie resztek poźniwnych. W metodyce IPCC przewiduje się trzy poziomy dokładności obliczeń dla metanu i podtlenku azotu. Poziom 1 (Tier 1) zakłada wykorzystanie współczynników emisji opracowanych dla potrzeb inwentaryzacji i podanych w metodyce IPCC. Jest to najprostszy sposób obliczeń, ale jego dokładność zależy od zgodności założeń metodycznych z rzeczywistymi warunkami produkcyjnymi. Poziom 2 (Tier 2) zalecany jest w przypadku, gdy charakter produkcji rolniczej zbytnio odbiega od założeń metodyki (gatunki zwierząt i sposoby chowu są inne). Poziom ten wymaga obszernego zestawu danych, których pozyskanie stwarza na ogół duże problemy. Natomiast poziom 3 polega na zastosowaniu zarówno własnych danych, jak i własnych procedur obliczeniowych.

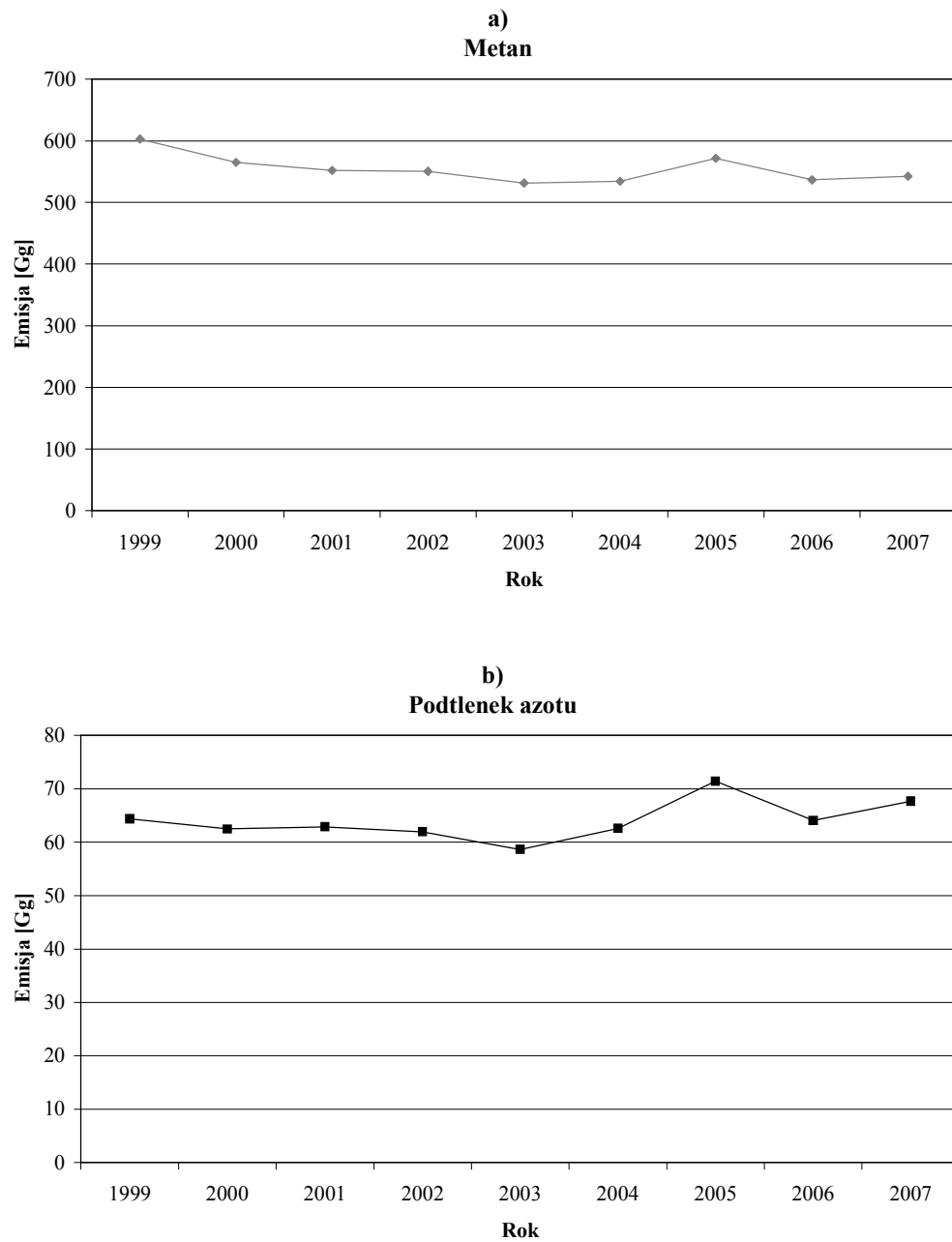
Do szacunków emisji metanu i podtlenku azotu wykonanych w niniejszym opracowaniu wykorzystano arkusz kalkulacyjny „Greenhouse Gas Inventory Workbook” (7), opracowany w MS Excel według obowiązującej metodyki IPCC (3, 4, 6, 8, 9, 11, 16, 20). Dla potrzeb niniejszej inwentaryzacji wykorzystano tabele arkusza w zestawie przewidzianym dla sektora rolniczego, modyfikując je w celu uwzględnienia zmian metodyki wprowadzonych w 2006 roku (3, 4). Inwentaryzację wykonano dla 16 województw dla danych z lat 1999–2007. Tabele arkusza powielono zgodnie z liczbą województw, zachowując układ stron. Do obliczeń wykorzystano dane pobrane z Banku Danych Regionalnych GUS (1) dotyczące stanu zwierząt gospodarskich, zużycia sztucznych nawozów azotowych i zbiorów głównych płodów rolnych (zboża, ziemniak i burak cukrowy).

Na podstawie wyników całkowitej emisji metanu i podtlenku azotu (Gg) wykonano wstępnie wykresy emisji w okresie 1999–2007 osobno dla każdego województwa. Obliczono tempo przyrostu (17) emisji metanu i podtlenku azotu oraz rozdzielono województwa do dwóch grup: o największej i najmniejszej emisji. Dla tych grup województw wykonano wykresy emisji metanu i podtlenku azotu (Gg).

Omówienie wyników

Tempo zmian emisji metanu i podtlenku azotu w okresie 1999–2007 dla poszczególnych województw i kraju przedstawiono w tabeli 1. Prezentowane wyniki wskazują na to, że w analizowanym okresie całkowita emisja metanu w kraju zmniejszyła się dość znacznie (10%), a emisja podtlenku azotu wzrosła (5%).

Do roku 2003 spadek emisji metanu był w miarę wyrównany, potem następują wahania, szczególnie zaznacza się ponowny wzrost emisji w 2005 roku (rys. 1). Emisja podtlenku azotu jest jeszcze mniej stabilna w latach i w 2005 roku wystąpił również jej nagły wzrost. W ujęciu wojewódzkim poziomy emisji zarówno metanu, jak i pod-



Rys. 1. Emisja metanu (a) i podtlenku azotu (b) ze źródeł rolniczych w latach 1999–2007 w Polsce
Źródło: opracowanie własne.

tlenku azotu miały charakter zróżnicowany, wykazując zarówno wzrost, jak i spadek. W trzech województwach: podlaskim, warmińsko-mazurskim i wielkopolskim wystąpił względnie niewielki wzrost emisji, wynoszący odpowiednio 20, 10 i 3%. W pozostałych województwach emisja metanu obniżyła się, przy czym największy spadek nastąpił w czterech województwach: podkarpackim (51%), świętokrzyskim (36%), dolnośląskim (33%) i małopolskim (32%), (tab. 1, rys. 2 i 3). Największy wzrost emisji podtlenku azotu nastąpił w województwach warmińsko-mazurskim (23%), łódzkim (16%) i wielkopolskim (16%), a największy jej spadek w województwach małopolskim i podkarpackim (po 19%). Główna część emisji metanu pochodzi z fermentacji jelitowej (ok. 80%), a wartości te zależą przede wszystkim od wielkości pogłowia bydła i trzody chlewnej (19), dlatego zmienność emisji metanu w latach jest uzależniona od stanów pogłowia wymienionych gatunków zwierząt.

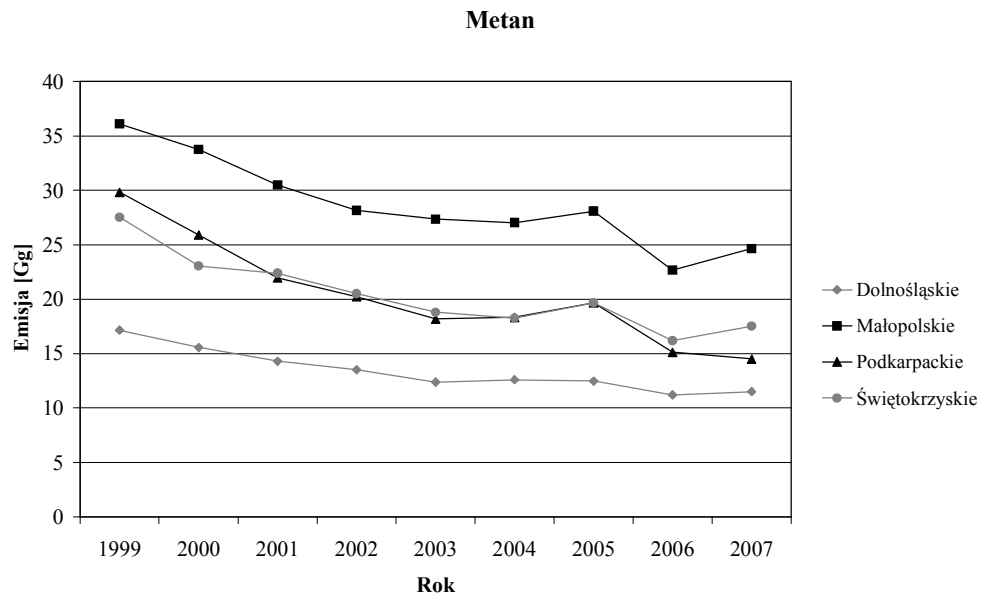
Tabela 1

Tempo zmian emisji metanu i podtlenku azotu ze źródeł rolniczych w województwach i w Polsce w latach 1999–2007

Lp.	Województwo	Metan (%)	Podtlenek azotu (%)
1.	Dolnośląskie	-33	14
2.	Kujawsko-pomorskie	-3	6
3.	Lubelskie	-28	-3
4.	Lubuskie	-13	2
5.	Łódzkie	-5	16
6.	Małopolskie	-32	-19
7.	Mazowieckie	-0,3	13
8.	Opolskie	-16	-0,1
9.	Podkarpackie	-51	-19
10.	Podlaskie	20	6
11.	Pomorskie	-12	-3
12.	Śląskie	-29	-5
13.	Świętokrzyskie	-36	-11
14.	Warmińsko-mazurskie	10	23
15.	Wielkopolskie	3	16
16.	Zachodniopomorskie	-29	-9
Polska		-10	5

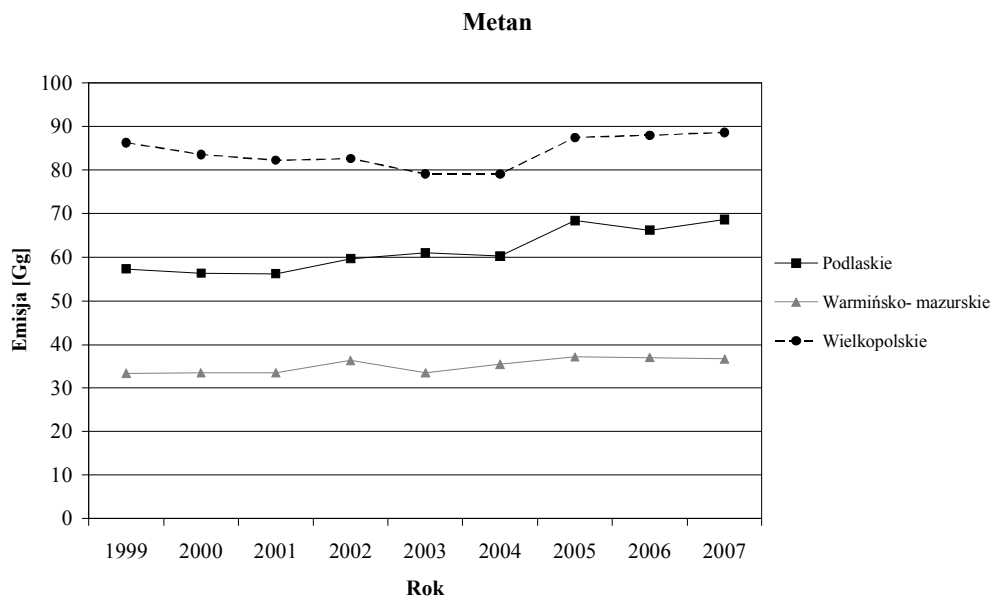
Źródło: opracowanie własne.

Niemal za całość emisji metanu odpowiedzialna jest produkcja zwierzęca, zaś do emisji podtlenku azotu przyczynia się głównie produkcja roślinna. Na przykład w 2007 r. w 58% emisja N_2O była spowodowana przez produkcję roślinną (nawozy azotowe i resztki poźniwne), a udział produkcji zwierzęcej wyniósł 42% (głównie bydło, trzoda chlewna i drób).



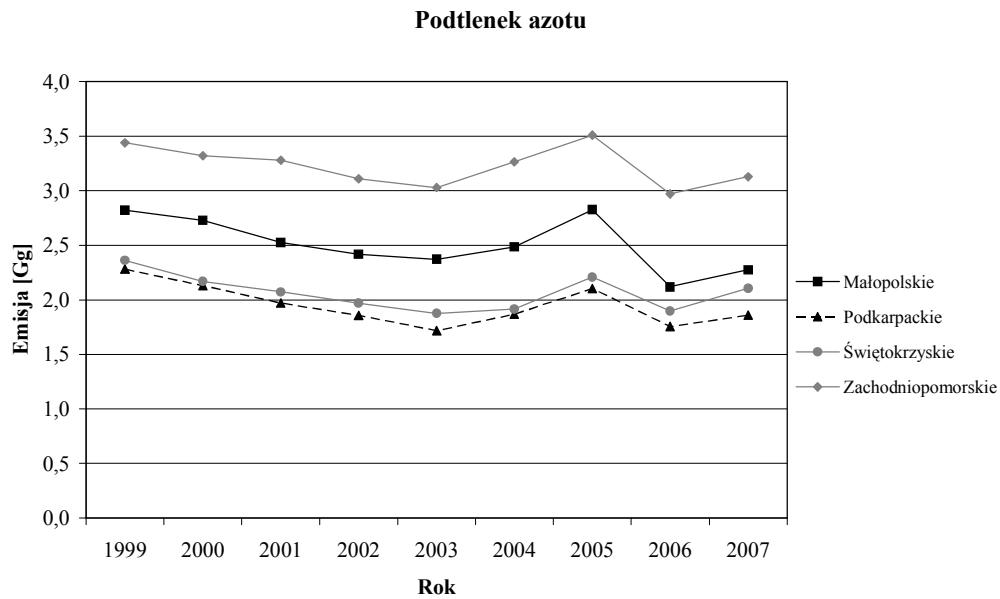
Rys. 2. Emisja metanu ze źródeł rolniczych w latach 1999–2007 w województwach o największej spadkowej tendencji zmian

Źródło: opracowanie własne.



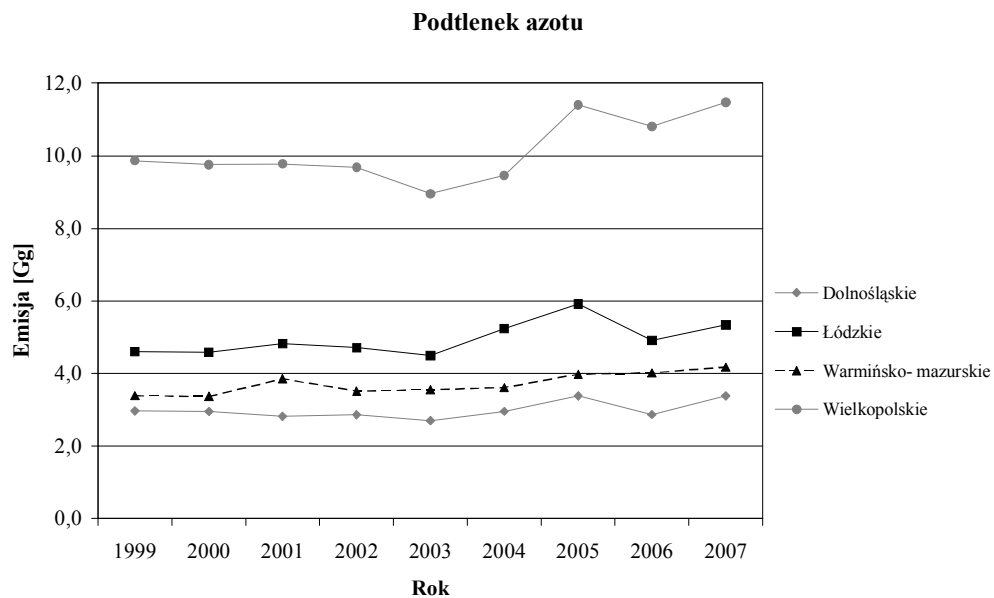
Rys. 3. Emisja metanu ze źródeł rolniczych w latach 1999–2007 w województwach o najwyższym tempie przyrostu

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 4. Emisja podtlenku azotu ze źródeł rolniczych w latach 1999–2007 w województwach o największej spadkowej tendencji zmian

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 5. Emisja podtlenku azotu ze źródeł rolniczych w latach 1999–2007 w województwach o najwyższym tempie przyrostu

Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie

W analizowanym okresie 1999–2007 całkowita emisja metanu w kraju zmniejszyła się dość znacznie (10%), natomiast emisja podtlenku azotu wzrosła (5%). W podziale na województwa poziomy emisji zarówno metanu, jak i podtlenku azotu miały charakter zróżnicowany, wykazując zarówno dodatnie, jak i ujemne zmiany jej stanu.

W trzech województwach: podlaskim, warmińsko-mazurskim i wielkopolskim wystąpił względnie niewielki wzrost emisji metanu (największy w podlaskim – 20%). W pozostałych województwach emisja metanu zmniejszyła się (najbardziej w województwie podkarpackim – 51% i świętokrzyskim – 36%). W dziewięciu województwach wystąpił wzrost emisji podtlenku azotu (największy w województwie warmińsko-mazurskim – 23%, a mniejszy w łódzkim – 16% i wielkopolskim – 16%), natomiast w siedmiu stwierdzono jej zmniejszenie (największe w województwie małopolskim i podkarpackim – po 19%).

Literatura

1. Bank Danych Regionalnych. Dane dla jednostki podziału terytorialnego. Główny Urząd Statystyczny, 2009. www.stat.gov.pl/bdr_n/app/strona.indeks
2. Climate Change 2001. The scientific basis. Third Assessment Report. IPCC, WG I, 2001. www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1
3. Dong H., Mangino J., McAllister T.A., Hatfield J.L., Johnson D.E., Lasse K.R., Aparecida de Lima M., Romanovskaya A., Bartram D., Gibb D., Martin J.H. Jr.: IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use. 2006, Vol. 4: Chapt. 10: Emissions from livestock and manure management. www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.htm
4. De Klein C., Novoa R.S.A., Ogle S., Smith K.A., Rochette P., Wirth C.T., McConkey B.G., Mosier A., Rypdal K., Williams S.A.: IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. 2006, Vol. 4, Chapt. 11: Agriculture, Forestry and Other Land Use. N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application. www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.htm
5. Ehhalt D., Prather M., Dentener F., Derwent R., Dlugokencky E., Holland E., Isaksen I., Katima J., Kirchhoff V., Matson P., Midgley P., Wang M.: Atmospheric chemistry and greenhouse gases. In: Climate Change 2001: The Scientific Basis. IPCC Third Assessment Report, GRID-Arendal, 2003. www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm
6. 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. www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/gpg-bgp.htm
7. Greenhouse gas inventory software for the workbook. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 1996. www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/software.htm
8. Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Agriculture. IPCC/OECD/IEA, Paris, France, 1997, Vol. 3.
9. Jun P., Gibbs M., Gaffney K.: CH₄ and N₂O emissions from livestock manure. In: Background Papers - IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. 2002.

10. Kędziora A.: Podstawy agrometeorologii. PWRiL Poznań, 2008.
11. Nevison C.: Indirect N_2O emissions from agriculture. In: Background Papers - IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. 2002.
12. Oenema O., Amon B., Gnapalet L., Groenestein K., Heinemeyer O., van Aardenne J., van Amstel A.: N_2O emissions from animal waste management systems. In: Background Papers - IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. 2002.
13. Olendrzyński K., Dębski B., Skośkiewicz J., Kargulewicz I., Kluz M., Radwański E., Galiński W., Kozakiewicz J., Mąkosa J., Fudała J., Hławiczka S., Cenowski M.: Inwentaryzacja emisji do powietrza za rok 2003. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, 2005.
14. Pidwirny M.: Atmospheric composition. In: Fundamentals of physical geography. Chapt. 7: Introduction to the atmosphere. 2006. www.physicalgeography.net/fundamentals/7a.html
15. Polityka klimatyczna Polski. Strategie redukcji emisji gazów cieplarnianych w Polsce do roku 2020. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2003.
16. Smith K., Bouwman L., Braatz B.: N_2O : direct emissions from agricultural soils. In: Background Papers - IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. 2002.
17. Stępczowski J.: Opis statystyczny. Pozyskiwanie, przetwarzanie i analizowanie informacji. Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania, Rzeszów, 2005.
18. Szwejkowski Z.: Podstawy agrometeorologii. Wyższa Szkoła Agrobiznesu w Łomży, 1999.
19. Zaliwski A., Purchała L.: Estimation of nitrous oxide and methane emission from Polish agriculture. *Int. Agroph.*, 2008, **22(4)**: 377-382.
20. Zeeman G., Gerbens S.: CH_4 emissions from animal manure. In: Background Papers - IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. 2002.

Adres do korespondencji:

dr Andrzej S. Zaliwski
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (81) 886-34-21, w. 202
e-mail: Andrzej.Zaliwski@iung.pulawy.pl

