

Andrzej Roszkowski  
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach  
Oddział w Warszawie

## TECHNOLOGIE PRODUKCJI ZWIERZĘCEJ A EMISJE GAZÓW CIEPLARNIANYCH

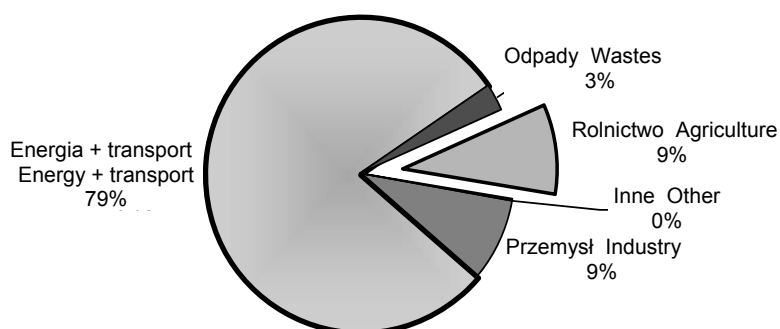
### Streszczenie

Przedstawiono dane dotyczące ilości i struktury emisji gazów cieplarnianych emitowanych w technologiach produkcji zwierzęcych z uwzględnieniem emisji GHG powstających w procesach wytwarzania nawozów mineralnych i pasz dla zwierząt. Ogólny udział emisji GHG z produkcji zwierzęcej szacowany jest na 50–80% emisji z całego rolnictwa. Obecne technologie rolnicze, ze względów biologicznych i ekonomicznych, tylko w ograniczonym stopniu mogą ograniczać emisje GHG.

**Słowa kluczowe:** gazy cieplarniane, produkcja zwierzęca, biologiczne uwarunkowania technologii, zróżnicowanie grup zwierząt, systemy chowu, utylizacja odchodów

### Wstęp

Współczesne rolnictwo, określane mianem biotechnologicznego, zastępuje rolnictwo chemiczne XX w. Rolnictwo chemiczne, powstałe dzięki wynalezieniu procesu syntezy amoniaku, nie zmieniło jednak właściwości zwierząt, polegających na braku zdolności przekształcania azotu z atmosfery w związki organiczne niezbędne do ich życia. W toku swoich procesów życiowych zwierzęta generują amoniak uwalniany do otoczenia i utylizowany przez nityfikację. Taki związek „przyczynowo-skutkowy” spowodował intensyfikację upraw paszowych z użyciem nadmiaru nawozów do utrzymania i wzrostu plonów, warunkujących pasze dla zwierząt. Wprawdzie w krajach UE udział rolnictwa w ogólnej emisji gazów cieplarnianych jest szacowany na 9–10% (rys. 1), ale nie obejmuje produkcji nawozów. W produkcji rolnej szczególne znaczenie mają nawozy azotowe. Zastępowanie naturalnych warunków wegetacyjnych w produkcji roślinnej nawożeniem azotowym umożliwia wydatne zwiększenie efektywności wykorzystania energii promieniowania słonecznego przez rośliny. Ponad 90% nawozów azotowych zawiera amoniak w różnych formach. Wytwarzanie amoniaku jest procesem bardzo energochłonnym – produkcja 1 t bezwodnego amoniaku pochłania 1000–1250 m<sup>3</sup> gazu ziemnego. Na wytwarzanie amoniaku zużywa się ok. 5% światowej produkcji gazu ziemnego i ok. 2% energii [Gellings 2004]. W 2009 r. całkowita produkcja nawozów azotowych wynosiła, wg danych FAO,



Źródło: opracowanie własne na podstawie EEA [2009].  
Source: own elaboration based on EEA [2009] data.

Rys. 1. Udział rolnictwa w ogólnej emisji GHG w krajach UE 27  
Fig. 1. Share of agriculture in total GHG emission in the EU 27 countries

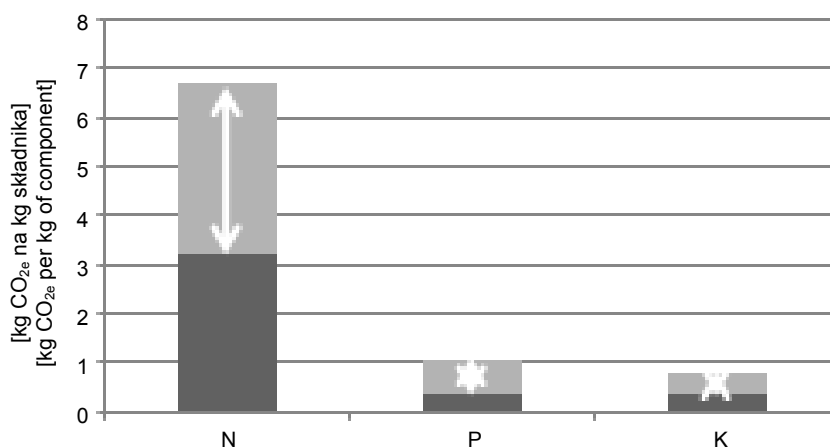
96 Mt, z 10% tendencją wzrostową w najbliższych dwóch latach. Unia Europejska zużywa rocznie około 10 Mt nawozów azotowych (tab. 1), przy czym mocznik o koncentracji N ok. 42% stanowi ok. 54%. Duży udział mocznika wynika z przyczyn logistyczno-ekonomicznych, a nie agronomicznych [Flynn, Smith 2010].

Tabela 1. Produkcja, nakłady energii i emisja GHG przy wytwarzaniu nawozów w EU 27  
Table 1. Production, energy inputs and GHG emission at mineral fertilizers' production in the EU27

Wyszczególnienie Specification	Produkcja [Mt-rok <sup>-1</sup> ] Production [Mt-year <sup>-1</sup> ]	Nakłady energii [GJ-rok <sup>-1</sup> ] Energy inputs [GJ-year <sup>-1</sup> ]	Emisja CO <sub>2e</sub> [Mt-rok <sup>-1</sup> ] CO <sub>2e</sub> emission [Mt-year <sup>-1</sup> ]
N	10,7	431-341	56,6-26,2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,7	9- -24	0,6- -1,6
K <sub>2</sub> O	5,4	25-10	1,7-0,6
Razem In total	18,8	465-330	58,7-25

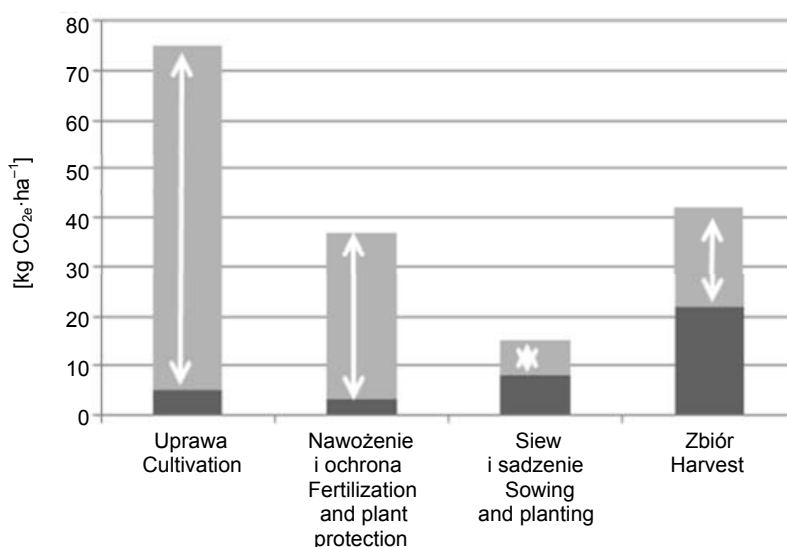
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EEA 2005-2007.  
Source: own elaboration based on EEA(2005-2007) data.

Według danych organizacji producentów nawozów [Flynn Smith 2010; Kuczyński i in. 2005; Wood, Cowie 2004] wytwarzanie nawozów odpowiada za 2-3% ogólnej emisji GHG (w tym sama produkcja ok. 1%, dystrybucja ok. 0,1%), ale w ilościach tych (tab. 1) nie uwzględniono emisji GHG powstających podczas wytwarzania energii (paliw) i surowców używanych do produkcji nawozów [Kongshaug 1998; Küsters 2009; Wood, Cowie 2004]. Wartość tych emisji (rys. 2), a także nakłady energii na produkcję nawozów azotowych zależą przede wszystkim od rodzaju paliwa i zawartości wodoru w surowcu używanym do produkcji amoniaku. Wahania wielkości emisji gazów cieplarnianych z produkcji zbóż (będących podstawowym źródłem pasz dla zwierząt) są duże. Jest to spowodowane zróżnicowanymi dawkami nawozów oraz technologiami, zwłaszcza uprawy gleb (rys. 3).



Źródło: opracowanie własne na podstawie Bellarby i in. [2008].  
 Source: own elaboration based on Bellarby et al. [2008] data.

Rys. 2. Zakresy emisji GHG z produkcji nawozów w kg CO<sub>2e</sub> na kg składnika czynnego  
 Fig. 2. Ranges of GHG emission from fertilizers' production (kg CO<sub>2e</sub> per kg of active component)



Źródło: opracowanie własne na podstawie Bellarby i in. [2008].  
 Source: own elaboration based on Bellarby et al. [2008] data.

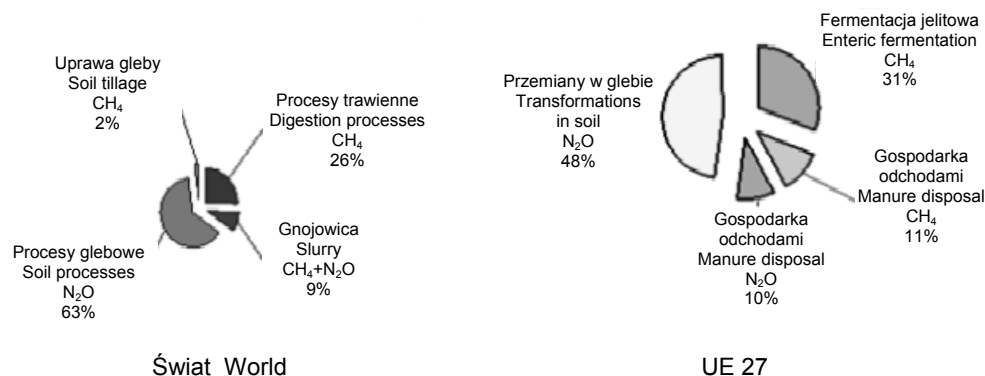
Rys. 3. Zakresy emisji GHG w produkcji zbóż  
 Fig. 3. Ranges of GHG emission in production of the cereals

Z uwagi na zróżnicowanie źródeł energii i surowców do wytwarzania nawozów o zmiennych zawartościach azotu, ustalenie rzeczywistego zużycia energii, a tym samym emisji GHG jest bardzo utrudnione (rys. 2). Przyjmuje się, że

na wytworzenie 1 t  $\text{NH}_3$  potrzeba średnio ok. 32 MJ (27–58 MJ). W krajach UE 27, dysponujących nowoczesnymi technologiami wytwarzania amoniaku, nakłady energii na produkcję nawozów azotowych są szacowane na 0,9–1,0% całkowitego jej zużycia, a emisja GHG – na 1,8%. Szacuje się, że produkcja nawozów azotowych pochłania 40–80% energii zużywanej w przemyśle, ale ok. 20% amoniaku, niezbędnego w trakcie wytwarzania nawozów, jest wykorzystywane poza rolnictwem. Wytworzenie 1 t N powoduje emisję 6,7 t  $\text{CO}_{2e}$  i wymaga 37  $\text{m}^3$  wody. Emisja GHG z produkcji amoniaku z wykorzystaniem gazu ziemnego jako surowca i źródła energii (2/3 produkcji światowej) w ok. 1/3 pochodzi z paliw, a w ok. 2/3 z surowca. W procesach produkcji nawozów ok. 40% wytwarzanego  $\text{CO}_2$  jest wychwytywane lub wykorzystywane do produkcji mocznika, pozostającego podstawową formą nawozów azotowych.

W analizach ilościowych dotyczących gazów cieplarnianych za emisje GHG z rolnictwa zazwyczaj uznaje się emisje z bezpośredniej produkcji roślinnej i zwierzęcej oraz spowodowane zmianami form użytkowania ziemi i, bardzo rzadko, z transportu [Velthof i in. 2008; Karaczun 2007; Küsters 2009; Zaliwski 2007]. Tymczasem w rzeczywistości tę dziedzinę gospodarki obciążają też emisje GHG powstające w innych działach, wytwarzających i dostarczających środki produkcji wykorzystywane w rolnictwie. Z takiej analizy rozkładu emisji GHG, w której uwzględniono rzeczywiste obciążenia środowiska wynikające z przetwarzania i wykorzystania pasz przez zwierzęta, deforestacji i degradacji pastwisk oraz przetwarzania i przewozu produktów zwierzęcych wynika, że różnice ilościowe na „niekorzyść” produkcji zwierzęcej są duże. Technologie produkcji zwierzęcej wykorzystują obecnie ok. 70% powierzchni uprawnych i odpowiadają za ok. 80% całkowitej emisji GHG z rolnictwa (rys. 4). Szacuje się, że ogniwa łańcucha żywnościowego, w 90% pochodzące z rolnictwa, emitują łącznie 44–57% GHG i zużywają ok. 70% słodkiej wody (10  $\text{m}^3$  na żywność dla 1 osoby) [Eckard 2008; Velthof i in. 2008; Karaczun 2007]. Wielkość emisji GHG z wytwarzania podstawowych produktów żywnościowych przedstawiono w tabeli 2. Z aktualnych szacunków wynika, że 80% żywności jest wytwarzane w rolnictwie intensywnym. Ze względu na wyraźne zwiększenie spożycia mięsa (w latach 1970–2005 spożycie mięsa wzrosło z 27 do 147 Mt), z dalszą tendencją wzrostową, szacunki FAO zakładają wzrost produkcji mięsa i mleka w pierwszej połowie bieżącego stulecia o 50–60% (rys. 5). Wzrost ten jest obserwowany głównie w krajach rozwijających się i polega na zwiększaniu przemysłowej hodowli świń o ok. 50% i drobiu o ok. 75%.

Półowa mięsa produkowanego na świecie pochodzi ze zwierząt z chowu pastwiskowo-oborowego, pozostała część jest wytwarzana w chowie przemysłowym [Oenema i in. 2007]. W systemach chowu przemysłowego decydujące znaczenie mają pasze o dużej koncentracji składników pokarmowych (zboża, mączka rybna itp.). Zwiększenie liczebności ludności świata oraz dążenie do zwiększania konsumpcji mięsa praktycznie uniemożliwia istotne zmniejszenie dawek nawozowych w warunkach obecnych technologii produkcji i wykorzystywania pasz z produkcji roślinnej (rys. 6).



Źródło: opracowanie własne na podstawie Heffer [2003].  
Source: own elaboration based on Heffer [2003] data.

Rys. 4. Struktura źródeł emisji N<sub>2</sub>O i CH<sub>4</sub> w świecie i krajach UE 27  
Fig. 4. Structure of N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emission sources in the world and EU 27 countries

Tabela 2. Wielkość i główne źródła emisji GHG dla produktów rolnych  
Table 2. Amount and main sources of GHG emission for agricultural products

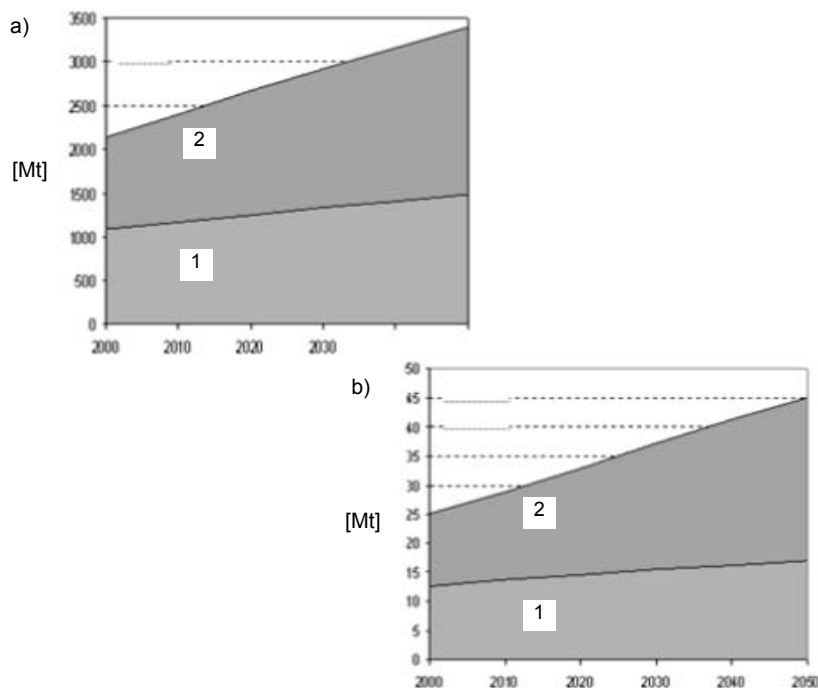
Produkt Product	Emisja Emission [t CO <sub>2e</sub> ·t <sup>-1</sup> ]	Główne źródło emisji Main emission source [%]
Ziemniaki Potatoes	235	przechowywanie storage – 36
Kukurydza na paszę Maize for feed	577	nawożenie fertilization – 61
Pszenica na paszę Wheat for feed	731	nawożenie fertilization – 61
Rzepak Rape	1 710	nawożenie fertilization – 51
Mięso drobiowe Poultry meat	4 570	pasze przemysłowe industrial feedstuffs
Wieprzowina Pork	6 360	pasze przemysłowe industrial feedstuffs
Wołowina Beef	15 800	pasze przemysłowe – 50 industrial feedstuffs – 50
Mleko Milk	2 400	b.d.

Objaśnienie: b.d. – brak danych. Explanations: b.d. – no data.

Źródło: Azeez [2006]. Source: Azeez [2006].

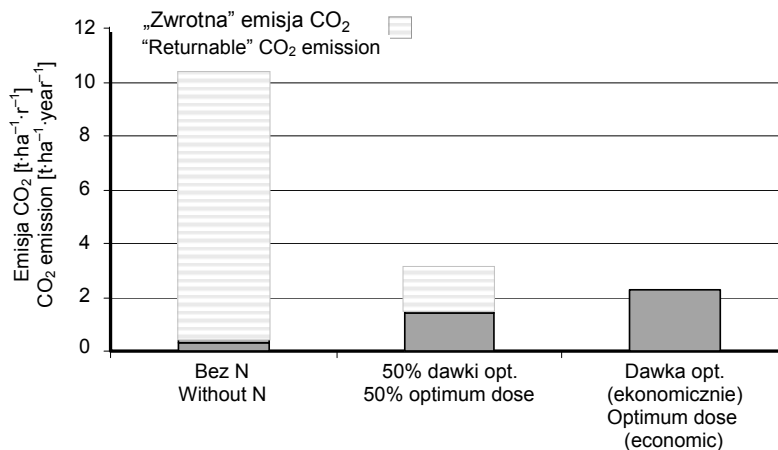
W intensywnym chowie zwierząt na 1 t żywej masy dziennie uzyskuje się 60–85 kg odchodów o zawartości materii organicznej 75–85% w s.m. Wielkość emisji GHG z odchodów zależy przede wszystkim od technologii ich utylizacji (użytkowania, wykorzystania, przechowywania). W UE 27 pastwiska stanowią powyżej 30% powierzchni rolniczych, przy czym około 20% pastwisk jest zaliczane do powierzchni zdegradowanych.

Celem opracowania jest wykazanie i przedstawienie znaczenia, struktury i źródeł emisji gazów cieplarnianych (GHG) z produkcji zwierzęcej w ogólnym bilansie emisji GHG z rolnictwa oraz wskazanie możliwości jej zmniejszenia.



Źródło: opracowanie własne na podstawie IIASA [2009].  
 Source: own elaboration based on IIASA [2009] data.

Rys. 5. Prognoza produkcji: a) zbóż, b) mięsa; 1 – kraje rozwinięte, 2 – kraje rozwijające się  
 Fig. 5. Production forecast for a) cereals, b) meat; 1 – developed countries, 2 – developing countries



Źródło: opracowanie własne na podstawie Brentrup, Pallière [2008].  
 Source: own elaboration based on Brentrup, Pallière [2008] data.

Rys. 6. Porównanie emisji CO<sub>2</sub> z 1 ha uprawy pszenicy przy różnych dawkach nawożenia  
 Fig. 6. Comparison of CO<sub>2</sub> emission from 1 ha of wheat crop at various fertilization doses

Terminem „efekt cieplarniany” określa się złożone procesy, zachodzące w biosferze, których przyczyną jest wtórne promieniowanie niektórych składników atmosfery. Powierzchnia ziemi pochłania więcej energii niż dostarcza jej słońce i ta dodatkowa energia jest efektem zwrotnego promieniowania atmosfery, zawierającej około 30 związków chemicznych [Brzózka 2005]. Gazem cieplarnianym (lub szklarniowym – ang. Greenhaus Gas (GHG)) jest określany gazowy składnik atmosfery, powodujący efekt cieplarniany, wskutek zatrzymywania promieniowania podczerwonego.

Wszystkie rodzaje gazów cieplarnianych są przeliczane na ilości tzw. CO<sub>2e</sub> wg wskaźnika GWP, określającego zdolność gazu do zatrzymywania ciepła w atmosferze.

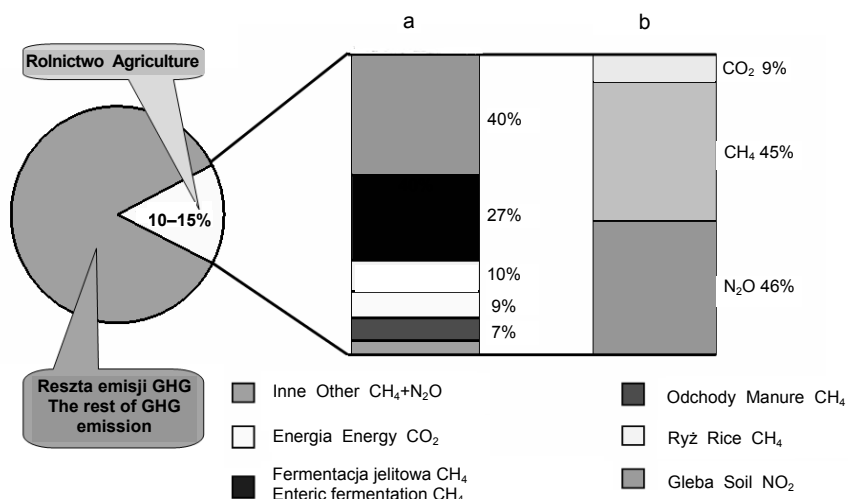
### **Struktura emisji GHG**

Za ok. 60% efektu cieplarnianego odpowiada para wodna, ale jej globalne stężenie w atmosferze jest stałe, regulowane procesami naturalnymi i nie jest uwzględniane w bilansowaniu GHG. W bilansowaniu GHG nie uwzględnia się również emisji CO<sub>2</sub> z rolnictwa, ponieważ zielone rośliny uprawne w swoim cyklu życiowym praktycznie pochłaniają całą ilość produkowanego przez siebie CO<sub>2</sub>. Emisja i pochłanianie CO<sub>2</sub> związane z produkcją roślinną i leśną oraz użytkowaniem ziemi (LULUCF – Land Use, Land Use Change and Forestry) powodują, że całkowity udział emisji GHG z rolnictwa w ogólnych bilansach gazów cieplarnianych jest szacowany na 10–15% (rys. 7a), a w UE 27 na 0–10%. W UE 27 udział pozostałych emisji GHG (bez pary wodnej i LULUCF) jest szacowany na: ok. 80% – CO<sub>2</sub> oraz ok. 18% – metanu (CH<sub>4</sub>) i podtlenku azotu (N<sub>2</sub>O). Pozostałą część stanowią freony (CFC) i inne. Analogiczne wskaźniki dla Polski osiągają podobne wartości. Ogólna ilość GHG emitowana rocznie w krajach UE 27 (a także w Polsce) wynosi ok. 10,5 t CO<sub>2e</sub> na jednego mieszkańca. W produkcji zwierzęcej najważniejszym źródłem emisji GHG są procesy trawienne i technologie zagospodarowania odpadów (rys. 8), a w skali całego świata także procesy deforestacji i degradacji pastwisk.

Spośród pozostałych GHG ozon O<sub>3</sub> powstaje w sposób naturalny w czasie wyładowań elektrycznych oraz w procesach biologicznej neutralizacji ścieków, a freony CFC są substancjami syntetycznymi, niewystępującymi w naturze.

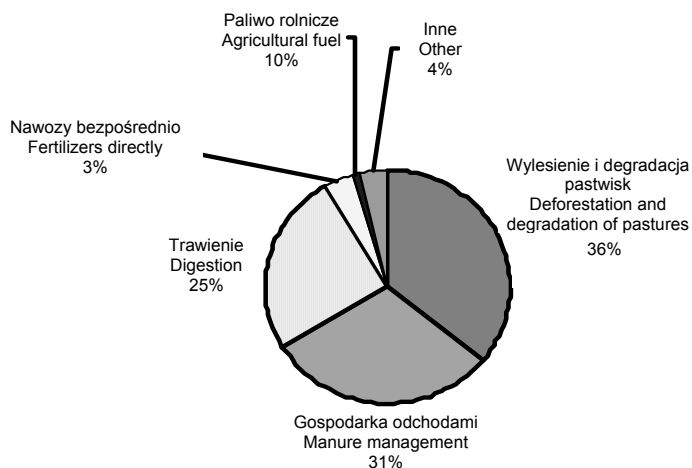
### **Metan CH<sub>4</sub>**

Metan (CH<sub>4</sub>) jest składnikiem GHG mającym obecnie około 2-krotnie mniejszy udział w efekcie cieplarnianym niż CO<sub>2</sub>. W rolnictwie powstaje w wyniku beztlenowego rozkładu materiałów organicznych przez bakterie żyjące w organizmach i odchodach zwierzęcych, na terenach podmokłych, polach ryżowych, wysypiskach. Według FAO utrzymanie zwierząt odpowiada za 35–40% ogólnej emisji CH<sub>4</sub>. W Polsce największe udziały w emisji metanu do atmosfery



Źródło: opracowanie własne na podstawie dostępnych danych.  
Source: own elaboration based on available data.

Rys. 7. Struktura: a) źródeł, b) składu GHG z rolnictwa  
Fig. 7. The structure of: a) sources, b) composition of GHG from agriculture



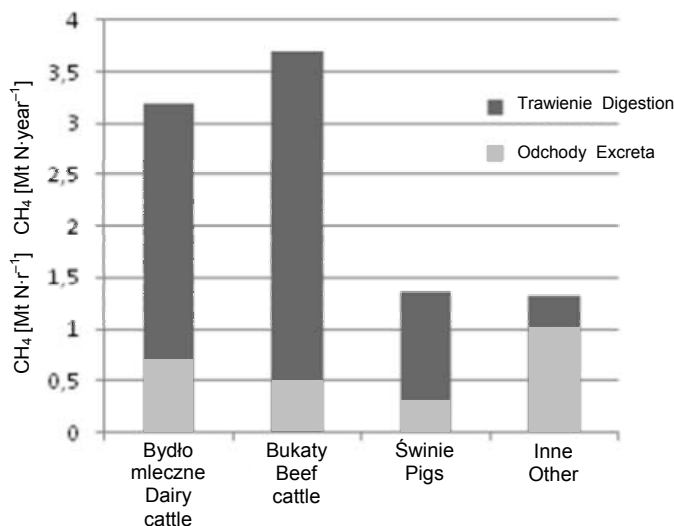
Źródło: opracowanie własne na podstawie Mac Donald i in. [2009].  
Source: own elaboration based on Mac Donald et al [2009] data.

Rys. 8. Źródła emisji GHG w produkcji zwierzęcej krajów UE 27  
Fig. 8. Sources of GHG emission in animal production of the EU27 countries

mają rolnictwo (ok. 33%), energetyka (ok. 40%) i gospodarka odpadami (ok. 27%). Podstawowym źródłem metanu pochodzenia rolniczego jest fermentacja jelitowa zwierząt (85–90%), a jego ilość zależy od układu pokarmowego zwie-



rzęta oraz rodzaju i składu dawki paszowej. Najwięcej metanu wytwarzają zwierzęta przeżuwające, w żołądkach których bytuje duża ilość mikroorganizmów rozkładających beztlenowo włókno roślinne, odporne na działanie enzymów trawiennych. Drugim istotnym źródłem metanu (10–15%) jest beztlenowy rozkład odchodów zwierzęcych (rys. 9). Ilość powstającego metanu zależy przede wszystkim od technologii odbioru i przechowywania odchodów (stałe, ciekłe, dostęp tlenu itd.) (rys. 10). Ostatnim źródłem metanu, mało istotnym w warunkach zarówno UE, jak i Polski, jest spalanie resztek poźniwnych.

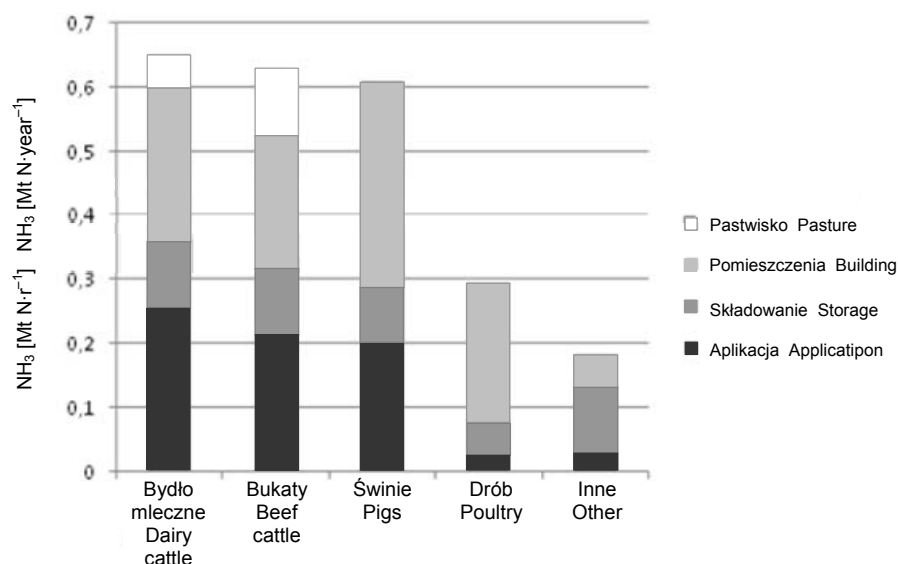


Źródło: opracowanie własne na podstawie Groenigen van i in. [2008].  
Source: own elaboration based on Groenigen van et al. (2008) data.

Rys. 9. Emisja metanu z odchodów zwierząt w UE 27  
Fig. 9. Methane emission from animal wastes in the UE 27 countries

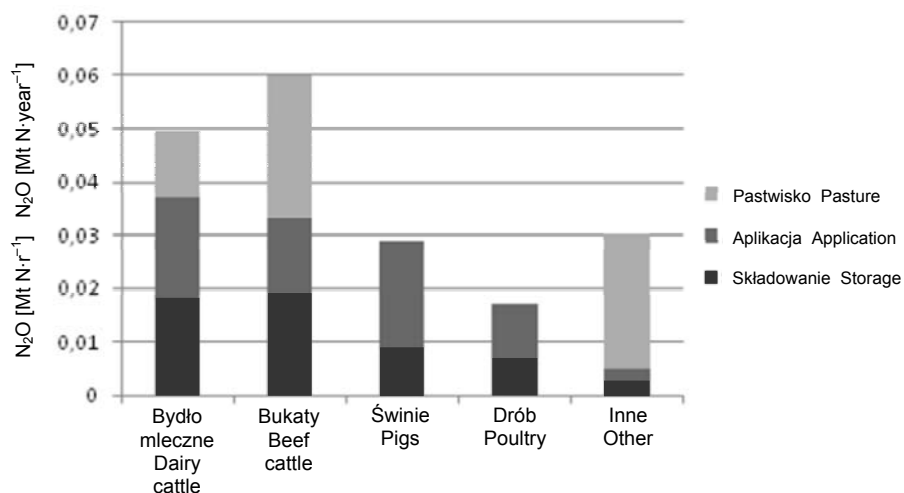
### Podtlenek azotu N<sub>2</sub>O

Podtlenek azotu N<sub>2</sub>O ma mniejszy udział w efekcie cieplarnianym, ale znaczenie tego gazu będzie się zwiększało ze względu na to, że pochłania on promieniowanie podczerwone silniej niż CO<sub>2</sub> i CH<sub>4</sub>. Podtlenek azotu jest bardzo stabilnym związkiem, nie ulega rozpadowi w stratosferze, gdzie wchodzi w reakcje zwiększające dziurę ozonową. Szacuje się, że 2/3 emisji N<sub>2</sub>O powstaje w wyniku procesów naturalnych zachodzących w glebach i wodach, a 1/3 jest powodowana czynnikami antropogenicznymi. Według FAO udział rolnictwa w emisji N<sub>2</sub>O wynosi ok. 65% (rys. 11). W strukturze emisji N<sub>2</sub>O w Polsce dominuje rolnictwo (~72%), na co w głównej mierze składa się emisja z upraw rolnych (ok. 53%) i odchody zwierzęce (ok. 19%) [Karaczun 2007; Zaliwski 2007]. Mniejszą emisję powoduje spalanie paliw transportowych, przy czym warto zwrócić uwagę na to, że katalizatory spalin nie ograniczają istotnie emisji tego gazu.



Źródło: opracowanie własne na podstawie Oenema i in. [2007].  
Source: own elaboration based on Oenema et al. [2007] data.

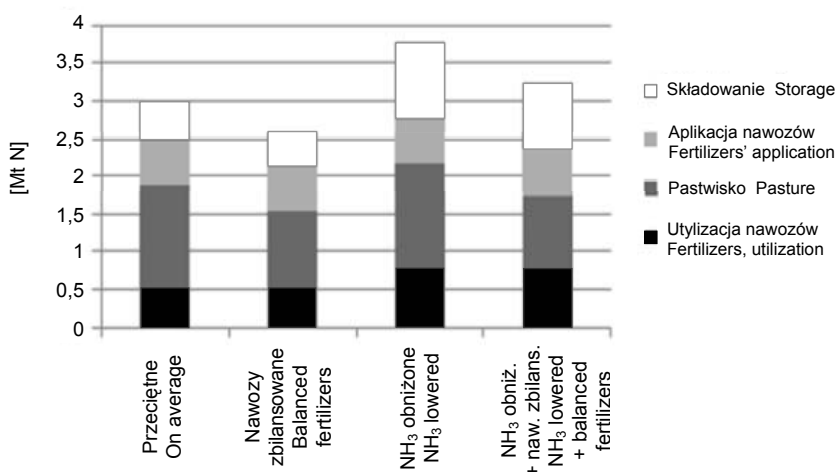
Rys. 10. Emisja amoniaku z odchodów zwierząt w UE 27  
Fig. 10. Ammonia emission from animal wastes in EU 27 countries



Źródło: opracowanie własne na podstawie Oenema i in. [2007].  
Source: own elaboration based on Oenema et al. [2007] data.

Rys. 11. Emisja N<sub>2</sub>O z odchodów zwierząt w UE 27  
Fig. 11. Emission of N<sub>2</sub>O from animal wastes in the EU 27 countries

Głównym źródłem  $N_2O$  z rolnictwa w tzw. cyklu azotowym, są procesy nityfikacji i denityfikacji oraz proces Anammox. Nityfikacja polega na utlenianiu amonu  $NH_4$  do azotynów i azotanów przez samożywne bakterie glebowe. Proces ten umożliwia przyswojenie związków azotowych przez rośliny. Nieprzyswojone związki azotowe ulegają wypłukiwaniu z gleby i zanieczyszczają wody. Denityfikacja również jest procesem prowadzonym przez bakterie, które w warunkach beztlenowych przekształcają nadmiar azotanów powstałych w wyniku nityfikacji w podtlenek azotu  $N_2O$  lub azot gazowy  $N_2$ . Proces Anammox jest realizowany przez bakterie żyjące głównie w wodzie i polega na utlenianiu amonu w azotan. Intensywność tych procesów zależy od szybkości asymilacji oraz od rodzaju i wilgotności gleby, a także dostępności azotanów, warunkowanej poziomem nawożenia azotowego lub naturalnego (i ewentualnym przyoraniem resztek poźniwnych). Podtlenek azotu powstaje bezpośrednio w trakcie procesów zachodzących w glebie i pośrednio w wodach, do których trafia azot wypłukiwany z gleby przez opady, spływy powierzchniowe itp. Realne zmniejszenie emisji  $N_2O$  (rys. 12) wymaga skojarzonych zmian w technologiach produkcji roślinnej (stosowanie nawożenia zbilansowanego) i utylizacji odchodów (ograniczenie emisji  $NH_3$ ).

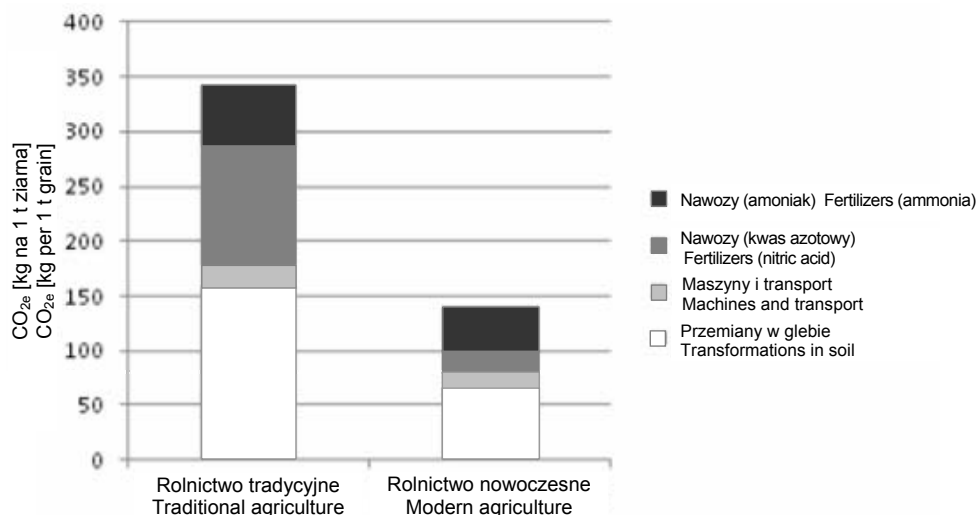


Źródło: opracowanie własne na podstawie Groenigen van i in. [2008].  
Source: own elaboration based on Groenigen van et al. [2008] data.

Rys. 12. Redukcja emisji  $N_2O$  w Mt N przez zmiany w technologiach produkcji zwierzęcej

Fig. 12. Reduction of  $N_2O$  emission (Mt N) through the changes in animal production technologies

Wprowadzanie nowych technologii w uprawach roślin, stanowiących podstawowe źródło pasz dla zwierząt, tylko w ograniczonym stopniu może przyczynić się do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych (rys. 13).



Źródło: opracowanie własne na podstawie Azeez [2006].  
 Source: own elaboration based on Azeez [2006] data.

Rys. 13. Możliwości zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w produkcji zbóż  
 Fig. 13. Possibilities to reduce greenhouse gases emission in production of the cereals

### Podsumowanie i wnioski

1. Blisko 18% antropogenicznej emisji GHG pochodzi z rolnictwa, w tym technologie produkcji zwierzęcej (żywienie zwierząt, systemy utrzymania, gospodarka odchodami) mają istotny udział (szacowany na 50–80%), przede wszystkim w emisji CH<sub>4</sub> (37%) i N<sub>2</sub>O (65%). Produkcja zwierzęca odpowiada za emisję 64% NH<sub>3</sub>, który wprawdzie nie jest składnikiem GHG, ale jest przyczyną kwaśnych deszczy, eutrofizacji i zakwaszania środowiska. W produkcji bydła ok. 85% emisji CH<sub>4</sub> powstaje w technologiach wytwarzania, a ok. 15% podczas utylizacji odchodów. „Mokre” technologie utylizacji odchodów zwiększają emisję CH<sub>4</sub>, a „suche” – N<sub>2</sub>O.
2. Technologie produkcji zwierzęcej wykorzystują obecnie ok. 70% powierzchni UR, a ok. 20% pastwisk jest zaliczane do powierzchni zdegradowanych. Około 60% podtlenków azotu powstaje w rolnictwie z nawozów wskutek konwersji N<sub>2</sub> do N<sub>2</sub>O, a ok. 10% jest emitowane podczas produkcji kwasu azotowego, potrzebnego do wytwarzania nawozów. Emisje związków azotowych powstające wskutek stosowania nawozów można zmniejszyć o 15–60% przez optymalizację wielkości, dawek i terminów ich stosowania, formulacji (inhibitory), technologii uprawy gleby, gospodarki wodą i użycie nawozów biodegradowalnych.
3. Produkcja zwierzęca cechuje się dużą różnorodnością oraz złożonymi ścieżkami przemian i strat substancji pokarmowych, na które wpływ obecnych technologii jest ograniczony procesami zachodzącymi w glebie oraz procesami życiowymi zwierząt.

4. Ograniczenie emisji GHG z produkcji zwierzęcej jest możliwe pośrednio przez zwiększenie efektywności wykorzystania nawozów azotowych i pośrednio – przez redukcję metanogenezy. Ograniczenie metanogenezy jest możliwe przez doskonalenie bilansowania dawek paszowych, zmniejszanie udziału w nich aminokwasów oraz stosowanie preparatów wiążących związki azotowe.
5. Ograniczenie emisji N<sub>2</sub>O z produkcji zwierzęcej można uzyskać przez doskonalenie systemów utrzymania zwierząt (stosowanie preparatów zmniejszających emisję amoniaku z odchodów, zmniejszanie powierzchni parowania ze stanowisk, ograniczanie emisji z przechowywanych odchodów przez obniżanie temperatury, odzysk energii cieplnej oraz wykorzystanie do produkcji biogazu). Powstawanie N<sub>2</sub>O powoduje amoniak wskutek swoich przemian w atmosferze, ale głównym źródłem N<sub>2</sub>O są procesy nityfikacji i denityfikacji zachodzące w glebie.
6. Przegląd i analiza źródeł emisji gazów cieplarnianych z technologii produkcji zwierzęcych we współczesnym rolnictwie wykazuje, że ze względu na brak ekonomicznego uzasadnienia wydatnego zmniejszenia nawożenia azotowego (wzrost zapotrzebowania na mięso do żywienia wzrastającej populacji) oraz bardzo ograniczone rzeczywiste możliwości „biologicznego ulepszenia” procesów życiowych zwierząt, wykorzystujących przemiany związków azotowych (trawienia), perspektywy zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych pod względem technologicznym są bardzo niewielkie. W większości opracowań wielkość tego „zmniejszenia” szacuje się na ok. 20%, co oznacza znikomy wpływ na zachodzące zmiany klimatyczne. W dłuższej perspektywie bardziej istotne oddziaływanie na wielkość emisji gazów cieplarnianych mogą mieć przyszłe prawdopodobne zmiany w modelu żywienia ludności świata (wzrost znaczenia aminokwasów pochodzenia roślinnego).

### **Bibliografia**

- Azeez G. 2006. Impact of Agriculture and Food Distribution on Climate Change [online]. [Dostęp 24.03.2011 r.]. Dostępny w Internecie: <http://www.oursouthwest.com/climate/registry/7.12.06-g.azeez-soil-assoc-ag-fod.pdf>
- Bellarby J., Foereid B., Hastings A. Smith P. 2008. Cool farming: climate impacts of agriculture and mitigation potential. Amsterdam. Greenpeace International ss. 44.
- Brentrup F., Pallière C. 2008. GHG emissions and energy efficiency in European nitrogen fertiliser production and use. IFA Proceedings. No 639 ss. 25.
- Brzózka Z. 2005. Gazy cieplarniane okiem chemika [online]. [Dostęp 25.03.2011]. Dostępny w Internecie: <http://www.ekoedu.uw.edu.pl/download/wyklady/ZBrzozka.doc>

- Eckard R. 2008. Options for agricultural greenhouse gas mitigation [online]. [Dostęp 23.03.2011]. Dostępny w Internecie: <http://www.greenhouse.unimelb.edu.au>
- Flynn H. C., Smith P. 2010. Greenhouse gas budgets of crop production – current and likely future trends [online]. [Dostęp 25.03.2011]. Dostępny w Internecie: [http://www.international-fertilizer-industryassociation.org/ifa/layout/set/print/content/view/full/4050/\(offset\)/150](http://www.international-fertilizer-industryassociation.org/ifa/layout/set/print/content/view/full/4050/(offset)/150)
- Gellings C.W., Parmenter K.E. 2004. Energy efficiency in fertilizer production and use W: Efficient use and conservation of energy. Pr. zbior. Red. C.W. Gellings. UNESCO, EOLSS.
- Groeningen Van J.W., Velthof G.L., Kuikman P.J., Oudendag D.A., Oenema O. 2008. Mitigation strategies for greenhouse gas emissions from animal production systems: synergy between measuring and modeling at different scales. Australian Journal of Experimental Agriculture. Vol. 48 s. 46–53.
- Heffer P. 2003. Short term prospects for world agriculture and fertilizer demand, 2002/03 to 2003/04. W: Proceedings IFA Enlarged Council Meeting, 24<sup>th</sup>, Bangkok, Thailand, December 9-11, 2003. Paris. International Fertilizer Industry Association
- IIASA 2009. LUC World food system simulations. Craighall.
- Karaczun Z. 2007. Redukcja emisji gazów cieplarnianych w rolnictwie. FDPA [online]. [Dostęp 24.03.2011]. Dostępny w Internecie: [http://www.fdpa.org.pl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=74&Itemid=81&lang=pl](http://www.fdpa.org.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=74&Itemid=81&lang=pl)
- Kongshaug G. 1998. Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertilizer production. IFA Technical Conference, Marrakech, 28.09–01.10.1998.
- Kuczyński T., Dammgen U., Webb J., Myczko A. 2005. Emissions from european agriculture. Wageningen. Wageningen Acad. Pub. ss. 384.
- Küsters J. 2009. Energy and CO<sub>2</sub> balance of bio-energy plants and of various forms of bioenergy. Dülmen. Yara International ASA.
- Mac Donald J.M., Ribaud M.O., Livingston M.J., Beckman J., Huang W. 2009. Manure Use for Fertilizer and for Energy. Report to Congress. [online]. [Dostęp 24.03.2011 r.]. Dostępny w Internecie: [www.ers.usda.gov/publications/AP/AP037fm.pdf](http://www.ers.usda.gov/publications/AP/AP037fm.pdf)
- Oenema O., Oudendag D.A., Velthof G.L. 2007. Nutrient losses from manure management in the European Union. Livestock Science. Vol. 112 s. 261–272.
- Velthof G.L., Schils R.L.M., Asman W.A.H., Klimont Z., Oenema O. 2008. Integrated assessment of nitrogen emissions from agriculture in EU-27 using Miterra-Europa [online]. [Dostęp 23.03.2011]. Dostępny w Internecie: <http://ec.europa.eu/environment/air/café/activities/ammonia>
- Wood S., Cowie A. 2004. A Review of greenhouse gas emission factors for fertiliser production. For IEA Bioenergy Task 38 ss. 20.

Zaliwski A. 2007. Emisja gazów cieplarnianych przez rolnictwo. Studia i Raporty IUNG-PIB. Z. 4 s. 35–46.

ECOFYS 2007. Zmiany emisji gazów cieplarnianych. Poznań. Czy chodzi o: Gaj H., Wojtowicz M., Bojarun D., Mizerny J., Szweykowska-Muradin M., Kielichowska I. 2007. Zmiany emisji gazów cieplarnianych w Polsce w latach 1990-2005 na tle zmian emisji i w krajach UE. W: Raport z oszacowania bilansu emisji gazów cieplarnianych dla obszaru miasta Poznania, uwzględniającego zmiany i działania poprzednich lat (od 1990 r.) wraz ze wskazaniem istotnych obszarów oddziaływania. Poznań. Ecofys ss. 93.

EEA 2009. Annual European Community greenhouse gas inventory 1990–2007 and inventory report 2009. Technical Report No 4 ss. 634.

EPA 2009. Emission facts [online]. [24.03.2011 r.]. Dostępny w Internecie: [www.epa.gov/otaq/greenhousegases.htm](http://www.epa.gov/otaq/greenhousegases.htm)

FAO 2008. Current world fertilizer trends and outlook to 2011/12. Rome ss. 44.

## **TECHNOLOGIES OF ANIMAL PRODUCTION AND THE EMISSION OF GREENHOUSE GASES**

### **Summary**

Paper analysed the data relating to the quantity and structure of greenhouse gases (GHG) emitted in technologies of animal production, including the emission of GHG generated in processes of mineral fertilizers' and animal feedstuffs' production. The share of GHG emission from animal production is estimated at 50–80 % of total emission from the whole agriculture. Because of some biological and economic aspects, recent agricultural technologies are able to reduce their GHG emissions to limited extent only.

**Key words:** greenhouse gases, emission, animal production, biological conditions of technology, differentiation of animal groups, raising systems, manure disposal

Praca wpłynęła do Redakcji: 09.11.2010 r.

*Recenzenci: prof. dr hab. Andrzej Myczko  
prof. dr hab. Józef Szlachta*

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Andrzej Roszkowski  
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy  
Oddział w Warszawie  
ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa  
tel. 22 542-11-77; e-mail: [a.roszkowski@itep.edu.p](mailto:a.roszkowski@itep.edu.p)

