

**Jerzy Kopiński**

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

BILANS AZOTU BRUTTO NA POWIERZCHNI POLA JAKO  
AGROŚRODOWISKOWY WSKAŹNIK ZMIAN INTENSYWNOŚCI  
PRODUKCJI ROLNEJ W POLSCE\*

**Wstęp**

Polskie rolnictwo, obok różnorodnej struktury obszarowej i intensywności produkcji (20), charakteryzuje się także różnym stopniem wykorzystania możliwości produkcyjnych. Zróżnicowanie to dotyczy również oceny gospodarki składnikami nawozowymi (10). Tendencje zmian zachodzących w gospodarce narodowej, istotne dla realizacji wzrostu gospodarczego oraz możliwości uzyskiwania dochodów (zysku), ujawniają się także jako skutki zmian środowiskowych. Rolnicza działalność powoduje znaczącą ingerencję w naturalny obieg składników pokarmowych, głównie poprzez intensyfikację produkcji mierzoną często poziomem zużycia  $\text{kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1} \text{UR}$ . Oprócz pozytywnych efektów produkcyjno-ekonomicznych występują także negatywne skutki nawożenia, ujawniające się w mierzalny sposób w zmianie wskaźników żyzności gleby oraz w składzie chemicznym wód gruntowych.

Za najpoważniejsze zagrożenia generowane przez rolnictwo uznaje się biogenne związki azotu i fosforu, które mogą się przemieszczać do wód gruntowych i powierzchniowych (rzeki, jeziora) oraz w przypadku azotu ulatniać się do atmosfery. Ich deficyt prowadzi natomiast do degradacji gleb (26).

Współczesne rolnictwo obok celów produkcyjnych i ekonomicznych musi w coraz szerszym zakresie realizować cele ekologiczne, rozumiane jako ochrona środowiska przyrodniczego przed różnego rodzaju skażeniami i zagrożeniami ze strony działalności rolniczej (1). Zagadnienia te legły u podstaw założeń koncepcji rozwoju zrównoważonego, której myślą przewodnią według F a b e r a (2) jest zachowanie równowagi pomiędzy działaniami ekonomicznymi i społecznymi oraz ochroną środowiska tak, aby w maksymalnym stopniu zapewnić regenerację zasobów koniecznych dla działań produkcyjnych zapewniających godziwy standard życia ludzi bez degradacji środowiska.

---

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

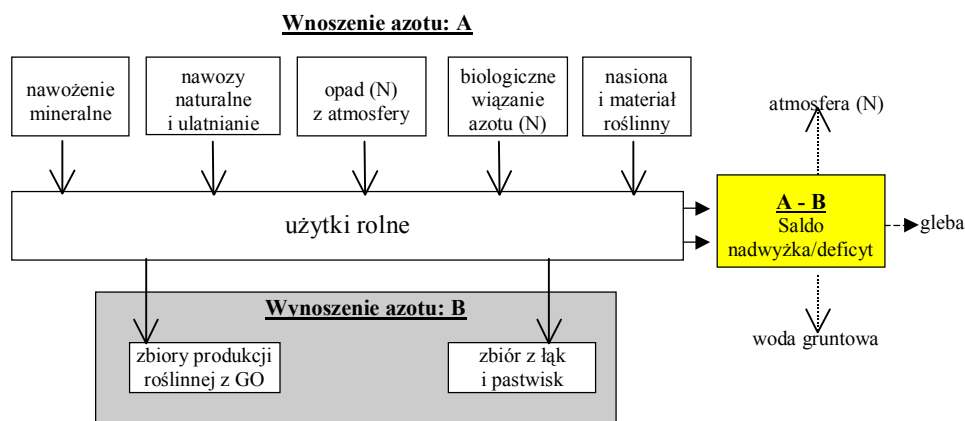
Zintegrowane rolnictwo musi zachowywać racjonalne normy w możliwie zamkniętym obiegu składników pokarmowych: nawozy→gleba→rośliny. Jedną z powszechnie uznanych metod oceny strat i przepływu azotu w środowisku, podobnie jak i fosforu, jest bilans tego składnika sporządzany według metody zaproponowanej przez OECD (Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju), tzw. metody na powierzchni pola (3). Wymowa wyników bilansu nabiera szczególnego znaczenia w zestawieniu ze stanem zasobności gleb (10), a salda bilansów świadczą o poprawności gospodarowania składnikami mineralnymi i są ważnymi wskaźnikami agrośrodowiskowymi (2, 17). Bilanse mogą być sporządzane na różnych poziomach zarządzania rolnictwem (kraj, gospodarstwo, pole); (22).

Wiele krajów w swojej polityce rolnej coraz częściej uwzględnia cele dotyczące ograniczenia zagrożeń środowiskowych powodowanych przez rolnictwo. Dla krajów członkowskich Unii Europejskiej (UE) obowiązująca jest w tym względzie Dyrektywa 676/91 (28). Także w krajach należących do OECD od 1991 roku bilanse azotu wykonywane są obligatoryjnie. W Polsce bilanse azotu w układzie regionalnym (*soil surface nutrient gross balance*) wykonywane są w IUNG-PIB w Puławach i corocznie przekazywane do OECD.

### Metodyka badań

Celem sporządzania bilansu azotu brutto (*gross nitrogen balances*); (25) jest ocena stopnia obciążenia gleby składnikami mineralnymi (3). W wyniku sporządzonego bilansu określa się różnicę pomiędzy całkowitą ilością wnoszonego azotu a ilością azotu wynoszonego z pola płodozmiennego rozumianego jako całość użytków rolnych, a zatem wchodzącego i wychodzącego z systemu produkcji rolnej (rys. 1). W bilansie azotu po stronie przychodów uwzględnia się ilość azotu dopływającego w formie nawozów mineralnych i naturalnych oraz opadu z atmosfery i azotu biologicznie związanego przez bakterie symbiotyczne i wolnożyjące, uwzględnia się także azot dostarczany do gleby w materiale siewnym i innych częściach roślin. Po stronie rozchodowej bilansu uwzględnia się natomiast ilość azotu w plonach głównych roślin zbieranych z gruntów ornych i użytków zielonych oraz w dających się określić zbieranych plonach ubocznych. Saldo bilansu azotu brutto zawiera więc, oprócz emisji jego związków do gleby i wody, także straty gazowe w postaci amoniaku ( $\text{NH}_3$ ) i tlenków azotu ( $\text{N}_2\text{O}$ ) powstające w trakcie produkcji zwierzęcej oraz przy przechowywaniu i stosowaniu nawozów naturalnych i mineralnych. Dodatkowo powinno być utożsamiane ze stratami (niewykorzystaniem) danego składnika. Dłuższe utrzymywanie nadmiernej ilości azotu w glebie, z wyjątkiem gleb o bardzo niskiej i niskiej żyzności, jest niewskazane, gdyż oprócz zagrożeń środowiskowych wiąże się z niepotrzebnymi nakładami finansowymi wpływającymi na efektywność ekonomiczną produkcji rolnej.

Z badań prowadzonych w IUNG-PIB dotyczących sporządzania bilansów składników nawozowych wynika, że pełna ocena powinna być jednak dokonywana na



Rys. 1. Główne elementy bilansu azotu brutto (N) na powierzchni pola według metody OECD  
Źródło: OECD. Environmental indicators for agriculture. Methods and Results, Publications Service. Paris, 2001, 3 (24).

podstawie okresu obejmującego minimum 3 lata (16). Ogranicza się wówczas zmienność powodowaną warunkami pogodowymi. Taki okres przyjmowany jest najczęściej do porównań sporządzanych przez OECD (27).

Bilanse azotu dla Polski oraz poszczególnych województw sporządzono na podstawie danych statystycznych Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) w Warszawie z lat 1985–2005 (6-8).

**Ilość azotu w nawozach mineralnych** określona została na podstawie zużycia azotu w czystym składniku w nawozach jedno- i wieloskładnikowych oraz ich mieszaninach.

**Ilości azotu w nawozach naturalnych** obliczono na podstawie danych dotyczących pogłowia zwierząt w poszczególnych kategoriach (stan sztuk średnio w roku) oraz współczynników zawartości azotu dostarczanego w nawozach naturalnych przez poszczególne grupy zwierząt średnio w roku (12, 23), skorygowane i zaakceptowane przez Sekretariat OECD.

**Ilość azotu wnoszonego w materiale siewnym i sadzeniakach** określono na podstawie powierzchni zasiewów głównych ziemiopłodów oraz średnich norm wysiewu nasion (sadzenia) z uwzględnieniem zawartości azotu w materiale roślinnym.

**Ilość azotu wiązanego biologicznie** przez bakterie symbiotyczne oraz organizmy wolnożyjące obliczono według standardowych współczynników wiązania z powierzchni roślin motylkowatych (14). Przyjęto również, że każdy hektar powierzchni użytkowanej rolniczo wiąże 4 kg N.

**Ilość azotu dostarczanego w opadzie atmosferycznym** przyjęto wg danych PIOŚ na poziomie  $17 \text{ kg} \cdot \text{N ha}^{-1}$  użytków rolnych w ciągu roku (29).

**Ilość wynoszonego azotu** obliczono według zbiorów głównych plonów roślin towarowych oraz roślin pastewnych, łąk i pastwisk, a także zbieranych z pól oszacowa-

nych plonów ubocznych oraz poplonów. Wielkości te zostały ustalone z wykorzystaniem współczynników standardowej zawartości składników w plonach (5), skorygowane w IUNG - PIB (13) i zaakceptowane przez Sekretariat OECD.

## Wyniki badań i dyskusja

### Bilans azotu brutto dla Polski w ujęciu międzynarodowym

Na rysunku 2 przedstawiono wyniki bilansu azotu (N) oraz jego strony przychodowej i rozchodowej w krajach należących do OECD z lat 2000–2002. Analizując wyniki bilansu azotu należy stwierdzić, że najwyższe salda przekraczające  $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  UR występują w krajach intensywnego rolnictwa (o wysokim poziomie nawożenia mineralnego i dużej obsadzie zwierząt). Duże różnice w produktywności użytków rolnych w poszczególnych krajach wynikają, jak twierdzą F o t y m a (4) oraz K o p i ń s k i (19) zarówno z uwarunkowań środowiskowych, jak i osiągniętego poziomu techniczno-organizacyjnego rolnictwa. Do krajów mających najniższe saldo bilansu azotu należą Francja, Kanada, Węgry i Portugalia. Kraje te wyróżniają się jednocześnie najwyższą efektywnością wykorzystania azotu (ponad 70%). Polska z nadwyżką bilansową  $43 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  UR, obok Austrii i Włoch, plasuje się bezpośrednio za tymi krajami (15). W większości krajów bilanse nie obejmują ulatniania się amoniaku z nawozów naturalnych jako źródła. Z tego powodu po zmianie metodyki obliczeń w bilansie brutto dla Polski wielkość nadwyżki w następnych latach zwiększyła się o ok.  $5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  UR (tab. 1, rys. 2).

W Polsce, podobnie jak w „starych” krajach Unii Europejskiej (9), najważniejszą pozycję w strukturze wnoszenia azotu do gleb użytkowanych rolniczo stanowią nawozy mineralne (rys. 3). Udział azotu z nawozów mineralnych w ostatnich latach wynosił ok. 48%, będąc potwierdzeniem dużego wpływu stosowanych nawozów mineralnych zarówno na efektywność ekonomiczną, jak i na sferę ekologiczną. Następną znaczącą pozycję w przychodowej stronie bilansu stanowi ilość azotu dostarczanego w nawozach naturalnych. Mniej znaczące pozycje w bilansie zajmują związki azotu zawarte w opadzie atmosferycznym i azot cząsteczkowy wiązany biologicznie. Tylko ok. 2% azotu wnoszonego jest w materiale siewnym i sadzeniowym.

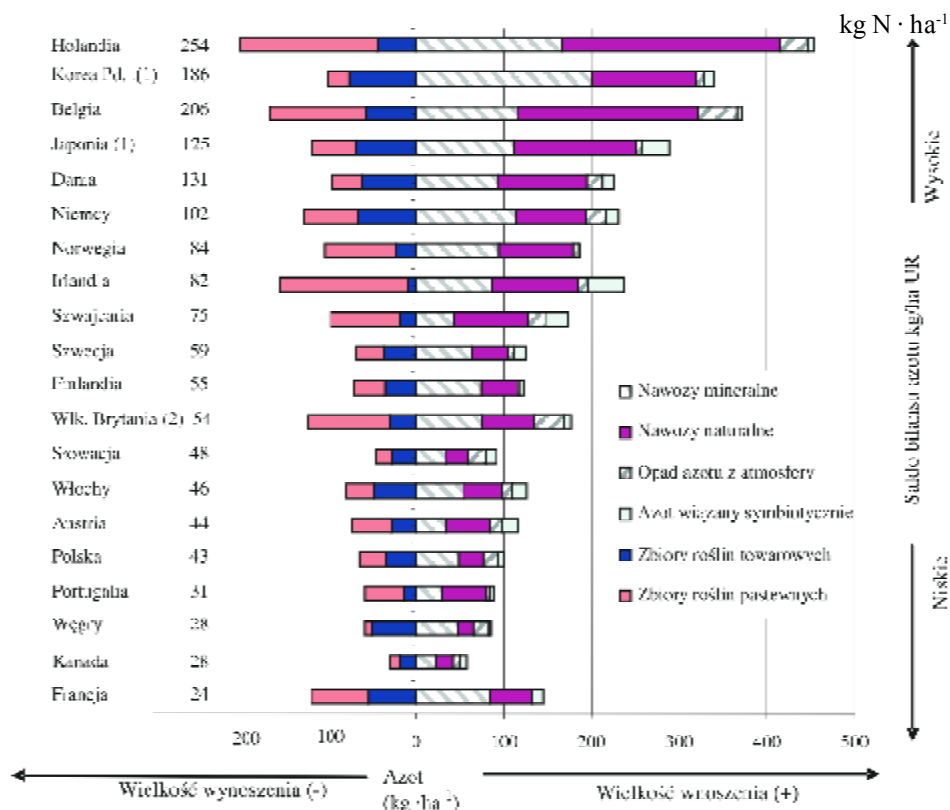
Dla większości krajów OECD dominującą pozycję w strukturze wynoszenia azotu zajmuje jego zbiór z roślinami pastewnymi z gruntów ornych oraz z łąk i pastwisk. Natomiast w Polsce od roku 1989 główną pozycję w odpływie azotu stanowią zbiory plonów głównych roślin towarowych (15).

Tabela 1

Bilans azotu brutto dla Polski i poszczególnych województw (średnie z lat 2002–2005)

Województwo	Wartość elementów bilansu azotu (N) w kg · ha <sup>-1</sup> UR*							Efektywność (odpływ/wpływ); (%)
	S <sub>min</sub>	S <sub>org</sub>	S <sub>msi</sub>	N <sub>sym</sub>	N <sub>atm</sub>	S <sub>wyn</sub>	SgNB	
Dolnośląskie	46,2	15,4	2,5	4,7	17,0	69,0	<b>16,7</b>	80,5
Kujawsko-pomorskie	86,1	41,9	2,8	6,2	17,0	75,1	<b>79,0</b>	48,7
Lubelskie	49,5	28,0	2,7	6,3	17,0	61,5	<b>42,1</b>	59,4
Lubuskie	60,9	20,6	2,0	5,1	17,0	45,7	<b>59,9</b>	43,3
Łódzkie	67,8	39,3	2,6	5,4	17,0	58,6	<b>73,4</b>	44,4
Małopolskie	38,9	36,3	2,0	6,6	17,0	66,3	<b>34,5</b>	65,7
Mazowieckie	36,4	38,5	2,1	5,6	17,0	59,0	<b>40,6</b>	59,2
Opolskie	74,9	28,1	2,8	5,2	17,0	87,1	<b>40,9</b>	68,0
Podkarpackie	26,4	26,1	2,1	5,1	17,0	55,0	<b>21,7</b>	71,7
Podlaskie	45,8	44,4	2,0	5,2	17,0	70,5	<b>43,9</b>	61,6
Pomorskie	61,1	28,2	2,5	6,0	17,0	60,9	<b>53,9</b>	53,0
Śląskie	41,0	32,1	2,1	5,2	17,0	61,8	<b>35,6</b>	63,4
Świętokrzyskie	40,5	29,4	2,4	6,8	17,0	55,1	<b>40,9</b>	57,4
Warmińsko-mazurskie	51,9	31,4	2,0	5,6	17,0	63,0	<b>44,9</b>	58,4
Wielkopolskie	64,8	52,3	2,7	6,1	17,0	74,4	<b>68,6</b>	52,0
Zachodniopomorskie	64,7	14,7	2,3	4,9	17,0	52,9	<b>50,7</b>	51,1
POLSKA	53,3	33,8	2,4	5,7	17,0	63,9	<b>48,3</b>	56,9

\* S<sub>min</sub> – nawozy mineralne, S<sub>org</sub> – nawozy naturalne, S<sub>msi</sub> – materiał siewny, N<sub>sym</sub> – biologiczne wiązanie azotu, N<sub>atm</sub> – opad atmosferyczny, S<sub>wyn</sub> – wynoszenie azotu, SgNB – saldo bilansu azotu brutto  
 Źródło: Opracowanie własne.



- (1) - dane obejmujące azot uwalniany w procesie denitryfikacji  
 (2) - średnia z 1998–2000

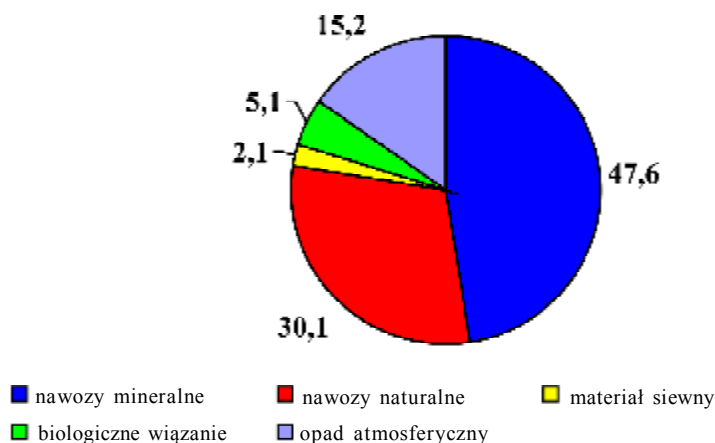
Rys. 2. Główne źródła wnoszenia i wynoszenia azotu w rolnictwie krajów należących do OECD (lata 2000–2002)

Źródło: Sekretariat OECD (2005); (27).

### Wyniki bilansów azotu brutto dla Polski w ujęciu dynamicznym (lata 1985–2005)

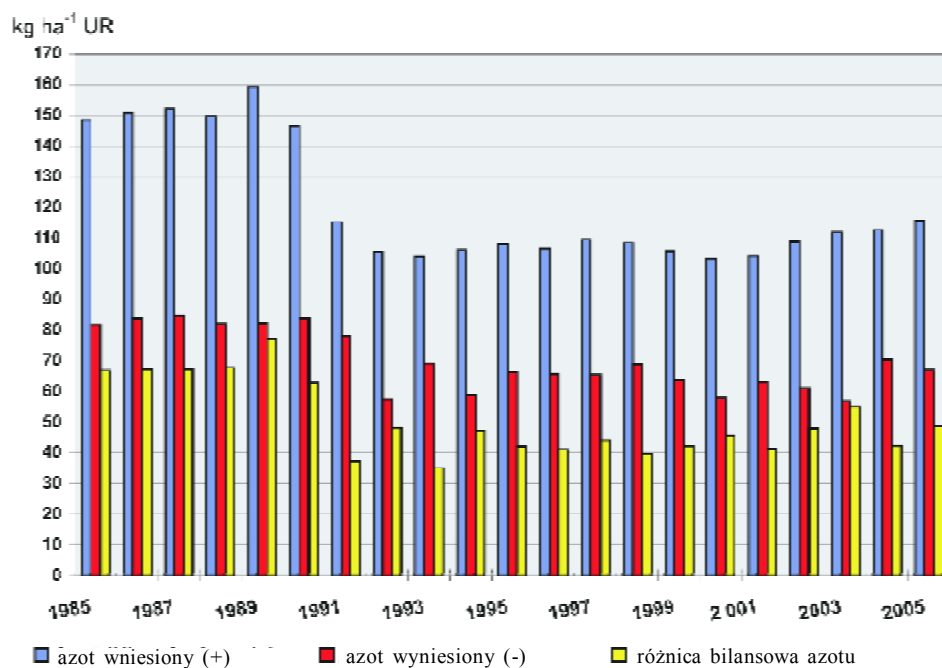
Pomimo że Polska jest zobowiązana do sporządzania bilansu azotu od 1996 roku, to posiadane dane z GUS umożliwiły ujęcie rezultatów bilansu azotu brutto w układzie dynamicznym dla lat 1985–2005 (rys. 4-6). Dane dotyczące bilansu azotu dla Polski z lat 1985–2002 zostały wykorzystane w opracowaniach OECD do porównań międzynarodowych (24, 27). W bilansie azotu w ostatnim dwudziestolecu widoczne są dwa okresy. Pierwszy do roku 1990 i drugi obejmujący lata dziewięćdziesiąte, po zapoczątkowaniu przemian gospodarczych i ustrojowych w kraju.

Do roku 1990 łączna ilość azotu wnoszonego do gleby wahała się w przedziale od 145 do 160 kg N · ha<sup>-1</sup> UR, po czym gwałtownie spadła do poziomu 105-115 kg



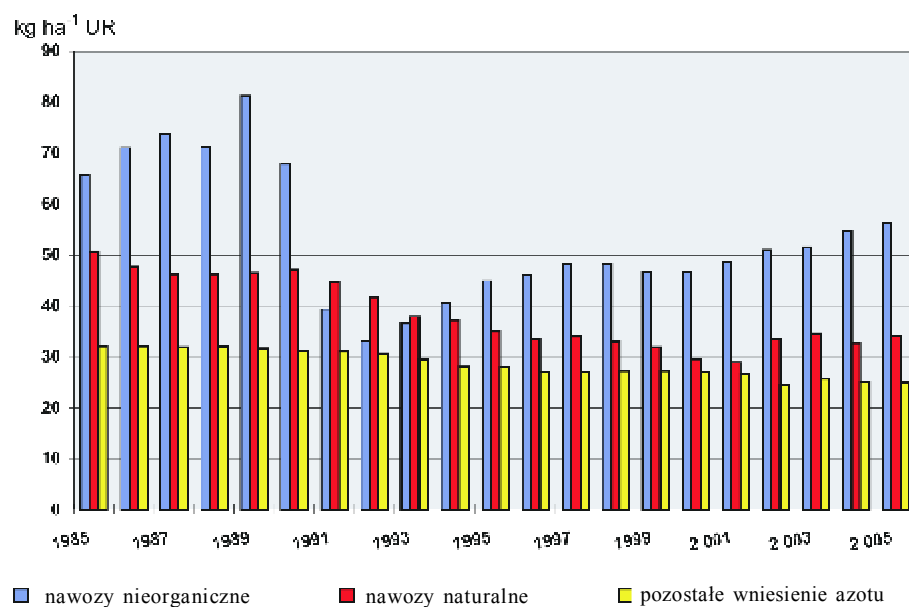
Rys. 3. Struktura (%) przychodowej strony bilansu azotu w Polsce (średnia z lat 2000–2005)  
Źródło: Opracowanie własne.

$N \cdot ha^{-1}$  UR (rys. 4). Także **saldo bilansu azotu brutto** obniżyło się pod koniec tego okresu o ok. 30 kg, co było wynikiem spadku o ok. 50% ilości azotu wprowadzanego w nawozach mineralnych i o 40% w nawozach naturalnych. Zmiany te wiązały się z redukcją pogłowia zwierząt gospodarskich na początku lat dziewięćdziesiątych (rys. 5). Od roku 1992 widoczny jest lekko rosnący trend zużycia mineralnych nawozów azotowych, przy utrzymującej się na niezmiennym poziomie produktywności roślin uprawnych. Ilość azotu wnoszona z pozostałych źródeł: depozytu atmosferycznego, biologicznego wiązania oraz zawartego w materiale siewnym i roślinnym nie uległa tak dużym zmianom. Podobna tendencja spadkowa, aczkolwiek nie tak gwałtowna, miała miejsce w odniesieniu do ilości azotu wynoszonego z pola. W analizowanym okresie ilość tego azotu obniżyła się stopniowo o ok. 20 kg  $N \cdot ha^{-1}$ , z poziomu 85 do 65 kg  $N \cdot ha^{-1}$  UR. W tym przypadku znacznemu obniżeniu uległa ilość azotu wynoszonego, głównie w roślinach zbieranych na paszę, w tym głównie z łąk i pastwisk (rys. 6), w związku ze zmniejszeniem skali chowu bydła.



Rys. 4. Bilans azotu brutto Polsce w latach 1985–2005

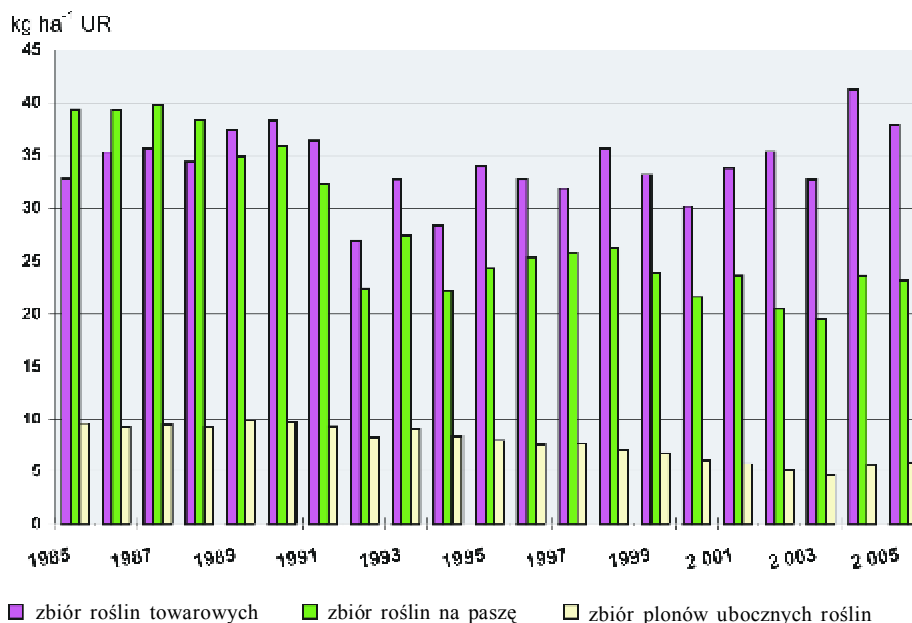
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 5. Wnoszenie (dopływ) azotu na użytkach rolnych w Polsce w latach 1985–2005

Źródło: Opracowanie własne.



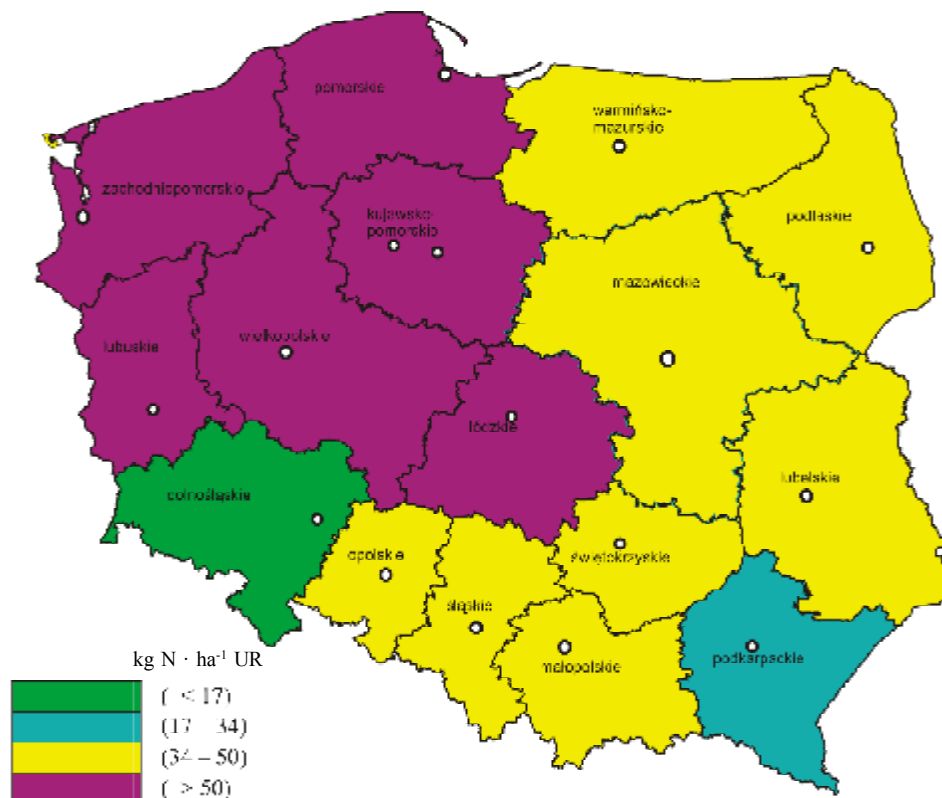


Rys. 6. Wynoszenie (odpływ) azotu z użytków rolnych w Polsce w latach 1985–2005  
Źródło: Opracowanie własne.

### Wyniki bilansów azotu brutto w układzie regionalnym (lata 2002–2005)

W ciągu lat 2002–2005 wskaźnik efektywności wykorzystania azotu (N) przez rośliny ze wszystkich źródeł wynosił średnio ok. 57% (tab. 1), znajdując się nieco powyżej przeciętnej dla krajów OECD (15) oraz UE-15 (19). Wahania tego wskaźnika wynikały głównie ze zmian w produktywności użytków rolnych, spowodowanych w znacznym stopniu warunkami pogodowymi. Jednak bezpośrednio przed i po wejściu Polski do UE widoczny jest wzrastający trend intensywności produkcji mierzony poziomem zużycia nawozów mineralnych (od 47 do 55 kg N · ha<sup>-1</sup> UR). Wahaniom ulega pula azotu dostarczana w nawozach naturalnych. Zmniejszała się natomiast ilość azotu wiązanego symbiotycznie (15).

Przedstawione średnie wartości liczbowe elementów bilansu azotu (N) dla poszczególnych województw Polski (z lat 2002–2005) wskazują na znaczne zróżnicowanie regionalne (rys. 7). Jednym z przejawów pogłębiającego się w ostatnich latach zróżnicowania regionalnego polskiego rolnictwa są różnice w intensywności produkcji (21), mające swoje podłoże zarówno w warunkach środowiskowych (gleby, klimat), jak i w poziomie techniczno-organizacyjnym rolnictwa. Efektem określonego poziomu intensywności produkcji roślinnej i zwierzęcej są nadwyżki bilansowe azotu w układzie regionalnym (rys. 3).



Rys. 7. Nadwyżki bilansowe azotu w poszczególnych województwach (średnie z lat 2002–2005)  
 Źródło: Opracowanie własne.

Z przeprowadzonej w IUNG-PIB oceny wynika, że bardzo wysokie nadwyżki azotu występują w regionach północno-zachodnich, a szczególnie w województwach: kujawsko-pomorskim, łódzkim i wielkopolskim (ponad 65 kg N · ha<sup>-1</sup> UR). Dostarczane są tam na pola uprawne znaczne ilości azotu zarówno w nawozach naturalnych, jak i mineralnych, które pomimo wysokiej intensywności produkcji roślinnej nie są wykorzystane w wystarczająco wysokim stopniu (16). Świadczą o tym wskaźniki wykorzystania azotu podane w tabeli 1. Z kolei najmniejszy nadmiar azotu, nie przekraczający 25 kg N · ha<sup>-1</sup> UR, występuje w ostatnich latach w województwach: dolnośląskim i podkarpackim (rys. 7). Na szczególną uwagę zasługuje województwo dolnośląskie uzyskujące dużą globalną produkcję roślinną (drugie miejsce w Polsce). Województwo to posiada jeden z najniższych wskaźników nawozochłonności, uzasadniający bardzo wysoką efektywność wykorzystania składników nawozowych, w tym azotu. Negatywnie pod tym względem wyróżnia się sąsiednie województwo lubuskie z dwukrotnie wyższą w stosunku do województwa dolnośląskiego nawozochłonno-

ścią ( $5,2 \text{ kg NPK} \cdot \text{j.zb.}^{-1}$ ) i bardzo niską efektywnością wykorzystania azotu (poniżej 50%). Wyjaśnieniem tej sytuacji jest produkcja na słabych glebach w tym województwie, pomimo wyłączenia odłogów (blisko 1/4 powierzchni gruntów ornych) oraz powierzchni nieeksploatowanych łąk (18).

### Podsumowanie

Bilans azotu w Polsce jest zróżnicowany regionalnie. Różnice te są w znacznym stopniu uwarunkowane czynnikami organizacyjno-produkcyjnymi, wpływającymi na efektywność wykorzystania składników nawozowych. Jednak ocena bilansu azotu na poziomie krajowym i regionalnym jest zupełnie odmienna. Z badań I g r a s a i L i p i ń s k i e g o (11) wynika, że przy obecnym poziomie nawożenia produkcja roślinna w skali całego kraju nie wywiera negatywnego wpływu na stan środowiska przyrodniczego. Jednak w regionach o intensywnej produkcji rolniczej (zwłaszcza o dużej koncentracji pogłównia zwierząt) mogą występować zagrożenia dla jakości wód. Są to z reguły regiony o stosunkowo dobrych wskaźnikach stanu żyzności gleby. Nie bez znaczenia jest fakt, że najważniejszą pozycję w strukturze dopływu azotu do gleb użytkowanych rolniczo stanowią nawozy mineralne. Nawożenie jest jednym z ważniejszych czynników produkcji w rolnictwie, kształtującym efektywność ekonomiczną gospodarstw. W przypadku produkcji zwierzęcej (niezależnie od jej kierunku) niezbędne jest także uwzględnienie dawek nawozów naturalnych, produkowanych i wykorzystanych w gospodarstwie.

Bilans azotu jako jeden z wielu wskaźników agrośrodowiskowych jest bardzo ważnym źródłem informacji o oddziaływaniu rolnictwa na kształtowanie się warunków środowiska. Staje się on także niezbędnym elementem przy podejmowaniu właściwych decyzji produkcyjnych w rolnictwie, także w kontekście programów rolnośrodowiskowych. Dotyczy to wszystkich poziomów oceny rolnictwa, od pojedynczego pola uprawnego poprzez gospodarstwo, aż do zlewni, regionu, a także całego kraju. Polska z nadwyżką bilansową  $48 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  UR plasuje się bezpośrednio za krajami mającymi najniższe saldo bilansu azotu, wyróżniającymi się jednocześnie najwyższą efektywnością jego wykorzystania (Francja, Kanada, Węgry i Portugalia). W latach 90. w Polsce zaszły znaczne zmiany w zakresie zmniejszania zużycia nawozów i obniżenia nadwyżki bilansowej azotu, prowadząc do większej racjonalizacji wykorzystania tego składnika.

### Wnioski

1. Bilans azotu w Polsce i w innych krajach należących do OECD wykazuje saldo dodatnie w zakresie od ok. 25 do ponad  $250 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . W przychodowej stronie bilansu decydujące znaczenie ma azot pochodzący z nawozów mineralnych i naturalnych.
2. Najwyższe salda tego składnika stwierdza się w krajach intensywnego rolnictwa (Holandia, Korea Płd., Japonia, Belgia, Dania i Niemcy).

3. Średnie saldo bilansu azotu brutto (N) dla Polski z lat 2000–2005 wynosi 48 kg N · ha<sup>-1</sup> UR, ze wskaźnikiem efektywności jego wykorzystania rzędu 57%, co w grupie państw OECD określane jest jako niskie.
4. Analiza bilansu azotu w ostatnich dwudziestu latach wskazuje na dwa okresy, z granicznym rokiem 1990, po którym nastąpiły przemiany ustrojowe i gospodarcze w kraju. W latach dziewięćdziesiątych nastąpił wyraźny spadek ilości azotu wnoszonego do gleby, a w konsekwencji także i salda azotu brutto o ok. 30 kg N · ha<sup>-1</sup> UR.
5. Największe nadwyżki bilansowe tego składnika w Polsce (ponad 50 kg N · ha<sup>-1</sup>) stwierdza się w regionach północno-zachodnich, a szczególnie w województwach: kujawsko-pomorskim, łódzkim i wielkopolskim.
6. W ostatnich latach najmniejsze saldo, nie przekraczające 34 kg N · ha<sup>-1</sup> UR, występowało w województwach dolnośląskim i podkarpackim.

### Literatura

1. D u e r I., F o t y m a M.: Zasady dobrej praktyki rolniczej. Biul. Inf. IUNG, 1995, **2**: 3-9.
2. F a b e r A.: Wskaźniki proponowane do badań równowagi rozwoju rolnictwa. *Fragm. Agron.*, 2001, **1(69)**: 31-44.
3. F o t y m a M., I g r a s J., K o p i ń s k i J., G ł o w a c k i M.: Bilans azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim. *Pam. Puł.*, 2000, **120/I**: 91-99.
4. F o t y m a M., M a ć k o w i a k C z.: Program dostosowania koncepcji oraz technik i technologii nawożenia mineralnego oraz organicznego do wymogów ochrony środowiska. W: Program proekologicznego rozwoju wsi, rolnictwa i gospodarki żywnościowej do 2015 roku. Synteza MRIGŻ - NFOŚiGW, Warszawa, 1998, 154-162.
5. F o t y m a M., M e r c i k S.: Chemia rolna. PWN Warszawa, 1995.
6. GUS: Produkcja upraw rolnych i ogrodniczych. GUS, Warszawa, roczniki 1986–2006.
7. GUS: Środki produkcji w rolnictwie. GUS, Warszawa, roczniki 1986–2006.
8. GUS: Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowie zwierząt gospodarskich. GUS, Warszawa, roczniki 1986–2006.
9. H a n s e n J.: Nitrogen balances in agriculture. *Statistics in focus – environment and energy*. Luxemburg, 2000, **T 8-XX/2000**.
10. I g r a s J., K o p i ń s k i J., L i p i ń s k i W.: Nutrient balances in Polish agriculture. *Ann. Polish Chem. Soc.*, 2003, **2/II**: 713-718.
11. I g r a s J., L i p i ń s k i W.: Zagrożenia dla środowiska przy różnym poziomie intensywności produkcji roślinnej w ujęciu regionalnym. *Mat. Konf. Nauk. „Efektywne i bezpieczne technologie produkcji roślinnej”*, IUNG-PIB, Puławy, 2005, 141-150.
12. J a d c z y s z y n T., M a ć k o w i a k C z., K o p i ń s k i J.: Model SFOM narzędziem symulowania ilości i jakości nawozów organicznych. *Pam. Puł.*, 2000, **120/I**: 169-177.
13. K a r k l i n s A.: Model for the calculation of nutrient off take by crop: „off take” model. *Fertilizers and Fertilization*, 2001, **1(6)**: 63-74.
14. K e r s c h b e r g e r M., F r a n k e G., H e s s H.: Anleitung und Richtwerte für Nährstoffvergleiche nach Düngeverordnung. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, 1997, 74 ss.
15. K o p i ń s k i J.: Bilans azotu (N) brutto w rolnictwie Polski na tle krajów należących do OECD. *Nawozy i Nawożenie*, 2006, **1(26)**: 112-122.
16. K o p i ń s k i J.: Porównanie grup gospodarstw rolnych o różnych kierunkach produkcji w aspekcie rozwoju zrównoważonego. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Roln.*, 2006, **540(87)**: 235-240.

17. K o p i ń s k i J.: Uproszczony bilans składników nawozowych w gospodarstwach indywidualnych o różnej intensywności. *Rocz. Nauk Rol.*, 1999, **G 88(1)**: 127-139.
18. K o p i ń s k i J.: Zróżnicowanie nawożenia jako miara intensywności produkcji roślinnej w regionach. *Więś Jutra*, 2006, **6(95)**: 15-17.
19. K o p i ń s k i J., F o t y m a M.: Bilans azotu w krajach Unii Europejskiej na podstawie danych OECD. *Pam. Puł.*, 2001, **124**: 255-262.
20. K r a s o w i c z S.: Intensywność organizacji produkcji rolnej w różnych warunkach przyrodniczo-ekonomicznych. (W:) Niektóre problemy organizacji produkcji rolniczej. IUNG Puławy, 1996, **R(333)**: 35-62.
21. K u ś J., J o ń c z y k K., K a m i ń s k a M.: Regionalne zróżnicowanie produkcji rolniczej w latach 1988–1998. *Pam. Puł.*, 2001, **124**: 263-272.
22. K u ś J., K r a s o w i c z S.: Przyrodniczo-organizacyjne uwarunkowania zrównoważonego rozwoju gospodarstw rolnych. *Pam. Puł.*, 2001, **124**: 273-288.
23. M a ć k o w i a k C z., Ż u r e k J., K o p i ń s k i J.: Polskie standardy nawozów organicznych – opracowanie modelowe. W: Synteza. Polish standard figures for animal manure. Agreement between the Institute of Soil and Plant Cultivation Puławy and the Danish Agricultural Advisory Centre, Skejby - Puławy, 1996.
24. OECD: Executive summary of the main report. In: Environmental indicators for agriculture, Methods and Results. Publication Service, Paris, 2001, **3**.
25. OECD: Gross nitrogen balances. Handbook. OECD Secretariat, Paris, 2004, the 2<sup>nd</sup> draft. <http://webdomino1.oecd.org/comnet/agr/aeiquest.nsf>
26. OECD: National soil surface nutrient balances: explanatory notes to interpret the data sheets. OECD Secretariat, Paris, 1999.
27. OECD: OECD Nitrogen balance. Handbook. Environmental indicators for agriculture. OECD Publication Service, Paris, 2005, **vol. 4**, Draft Report Chapter 3.
28. Praca zbiorowa: Unia Europejska – integracja Polski z Unią Europejską. Inst. Koniunktur i Centr. Handlu Zagr., Warszawa, 1997.
29. S z p o n a r L., P a w l i k - D o b r o w o l s k i J., D o m a g a ł a R., T w a r d y S., T r a - c z y k I.: Bilans azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim. Aneks. Nadmiar azotu w rolnictwie zagrożeniem zdrowia człowieka. *Prace IŻŻ*, Warszawa, 1996, **80**: 10-27.

Adres do korespondencji:

*dr Jerzy Kopiński*  
*Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej*  
*IUNG - PIB*  
*ul. Czartoryskich 8*  
*24-100 Puławy*  
*tel.: (081) 886 34 21, w. 359*  
*e-mail: [jkop@iung.pulawy.pl](mailto:jkop@iung.pulawy.pl)*

