

Jerzy Kopiński

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

**BILANS AZOTU BRUTTO DLA POLSKI I WOJEWÓDZTW
W LATACH 2002–2005***

Wstęp

Podstawowe składniki mineralne – azot, fosfor i potas należą do czynników warunkujących rozwój produkcji rolniczej. W związku z tym są one integralną częścią ryzyka produkcyjnego (16). Rolnicza działalność powoduje znaczącą ingerencję w naturalny obieg składników pokarmowych, w dużej mierze wynikającą z intensyfikacji produkcji.

Zintegrowane rolnictwo musi ograniczać straty składników pokarmowych towarzyszące nie w pełni zamkniętemu obiegowi: nawozy → gleba → rośliny. O całkowicie zamkniętym obiegu można mówić tylko w naturalnych ekosystemach, z których nie zabiera się żadnej masy roślinnej. W rolnictwie natomiast jest przeciwnie, gdyż dąży się do maksymalnych zbiorów użytkowych części roślin. Z plonami zabierane są składniki mineralne i ten ubytek musi być wyrównany nawozami naturalnymi i mineralnymi (13). W obrębie gospodarstwa obieg składników zależy od obsady inwentarza żywego. Zwierzęta otrzymują składniki zarówno w paszach gospodarskich, jak i pochodzących z zakupu, ale oddają je częściowo w nawozach naturalnych. Nawozy te, obok mineralnych, są podstawowymi czynnikami plonotwórczymi, wywierającymi pozytywny wpływ na wzrost i rozwój roślin oraz wzbogacającymi glebę w substancję organiczną (18). W tak skomplikowanym obiegu powstają straty składników, szczególnie azotu, w systemie: gleba-roślina, których nie można uniknąć. Niewykorzystane w procesie produkcji rolniczej składniki są potencjalnym źródłem zagrożeń dla środowiska, które ujawniają się w zmianie wskaźników żyzności gleby i składu (jakości) wód. Dotyczy to głównie związków azotu i fosforu (tzw. biogenów), które mogą prowadzić do zanieczyszczania wód gruntowych i powierzchniowych (eutrofizacja), a także powietrza. Natomiast ich deficyt może prowadzić do degradacji gleb (22).

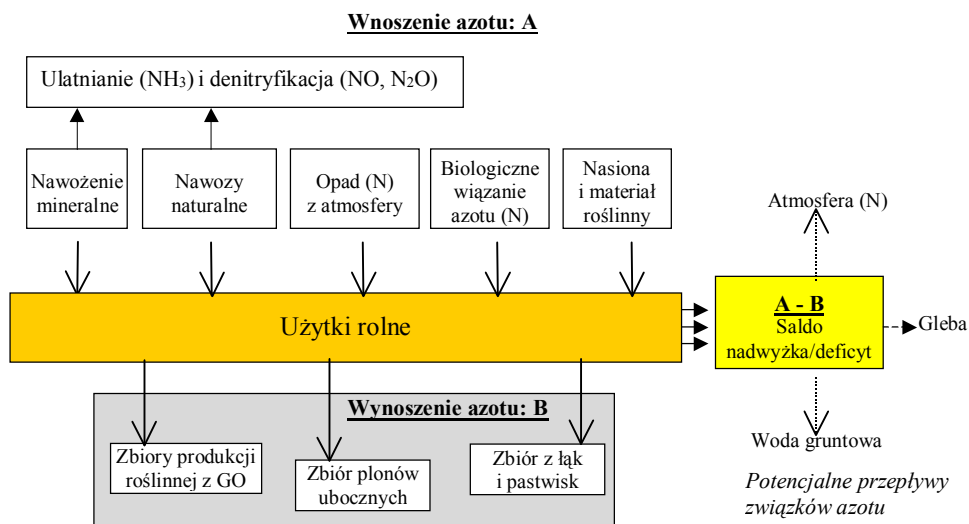
Jedną z powszechnie uznanych metod oceny strat i przepływu azotu w środowisku jest bilans tego składnika sporządzany według metody zaproponowanej przez OECD (Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju), tzw. metody na powierzchni pola (2). Salda bilansów świadczą o poprawności zarządzania gospodarstwami w zakresie

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

gospodarowania składnikami mineralnymi i są ważnymi wskaźnikami agrośrodowiskowymi (1,13). Dla większości krajów należących do OECD bilanse azotu i fosforu, obok oceny zużycia środków ochrony roślin oraz energii, są podstawowymi wskaźnikami informującymi o wpływie rolnictwa na środowisko (21). W krajach należących do OECD od 1991 roku bilanse azotu wykonywane są obligatoryjnie. Bilanse azotu dla Polski jako członka OECD od 1996 roku są sporządzane corocznie w IUNG-PIB i dostarczane do Sekretariatu OECD. Od 2002 roku wykonywane są także bilanse azotu w układzie regionalnym dla 16 województw. Informacje i wyniki bilansu azotu otrzymują także Departament Programowania i Analiz w Ministerstwie Rolnictwa i Rozwoju Wsi (MRiRW) oraz Główny Urząd Statystyczny (GUS).

Metodyka badań

W IUNG-PIB bilans azotu dla Polski i województw wykonywany jest corocznie według metody zaaprobowanej przez OECD (23) na powierzchni pola (*soil surface nutrient balance*), od 2003 roku określany jest jako bilans azotu brutto (*gross nitrogen balances*); (22). Na podstawie bilansu azotu brutto ocenia się stopień możliwego obciążenia gleby, wody i powietrza związkami azotu (2). W wyniku sporządzonego bilansu określa się różnicę pomiędzy całkowitą ilością azotu wnoszonego i wynoszonego z pól płodozmiennych z uwzględnieniem całości użytków rolnych, a zatem systemu produkcji rolniczej (rys. 1). W bilansie azotu po stronie przychodów uwzględnia się ilości składników dopływających w formie nawozów mineralnych i naturalnych oraz opad z atmosfery i biologiczne wiązanie azotu przez bakterie symbiotyczne i wolnoży-



Rys. 1. Główne elementy bilansu azotu brutto (N) na powierzchni pola według metody OECD
Źródło: OECD: Environmental indicators for agriculture. Publications Service. Paris, France, 2006, vol. 4, chapter 3 (20).

jące, a także składniki dostarczane do gleby w materiale siewnym i innych częściach roślin. Po stronie rozchodowej bilansu uwzględnia się natomiast ilość składników w plonach głównych roślin zbieranych z gruntów ornych i użytków zielonych oraz w zbieranych z pól uprawnych plonach ubocznych. Saldo bilansu azotu brutto zawiera więc, oprócz emisji jego związków do gleby i wody, także straty gazowe w postaci amoniaku (NH_3) i tlenku azotu (N_2O) powstające w trakcie produkcji zwierzęcej oraz przy przechowywaniu i stosowaniu nawozów naturalnych, a także azotowych nawozów mineralnych. Dodatkowo saldo powinno być utożsamiane ze stratami danego składnika (niewykorzystaniem). Dłuższe utrzymywanie nadmiernie wysokiego salda dodatniego, 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. Natomiast ujemne saldo świadczy, że dawki nawozów są zbyt małe w stosunku do potrzeb pokarmowych roślin i w dłuższym okresie może prowadzić do degradacji gleb (5). Dotyczy to jednak głównie fosforu i potasu, gdyż w przypadku azotu (ze względu na opad atmosferyczny) jest ono zazwyczaj rzadko spotykane.

Z badań prowadzonych w IUNG-PIB, a dotyczących sporządzania bilansów składników nawozowych wynika, że pełna ocena powinna być jednak dokonywana na podstawie okresu obejmującego minimum 3 lata (14). Ogranicza się wówczas zmienność powodowaną warunkami pogodowymi. Taki okres przyjmowany jest najczęściej do porównań, zestawień w publikacjach, a także raportach sporządzanych przez OECD (22).

Bilanse azotu dla Polski oraz poszczególnych województw są sporządzane z wykorzystaniem danych statystycznych Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) w Warszawie.

W tabeli 1 zestawiono główne elementy bilansu azotu brutto (strony przychodowej i rozchodowej).

Ilość azotu w nawozach mineralnych określona została na podstawie zużycia azotu w czystym składniku w nawozach jedno- i wieloskładnikowych oraz ich mieszaninach. Podstawowym źródłem danych są materiały GUS (7).

Tabela 1

Elementy bilansu azotu brutto

| Oznaczenie | Składowe elementy bilansu azotu |
|------------------|--|
| S_{\min} | nawozy mineralne |
| S_{org} | nawozy naturalne (łącznie z ulatnianiem amoniaku) |
| N_{sym} | azot wiązany symbiotycznie |
| N_{atm} | azot w opadzie z atmosfery |
| S_{msi} | pozostałe źródła wnoszenia (materiał siewny i sadzeniaki) |
| S_{wvn} | pobranie azotu z plonami roślin |
| SNB | saldo bilansu brutto azotu (N) $\text{SNB} = S_{\text{org}} + S_{\min} + N_{\text{sym}} + N_{\text{atm}} + S_{\text{msi}} - S_{\text{wvn}}$ |

Źródło: Opracowanie własne.

Ilość azotu w nawozach naturalnych i ulatniającym się amoniaku obliczono na podstawie danych GUS (8), dotyczących pogłowia zwierząt w poszczególnych kategoriach (stan sztuk średnio w roku) oraz współczynników dostarczania azotu w nawozach naturalnych przez poszczególne grupy zwierząt średnio w roku (9, 19). W tabeli 2 podano aktualne współczynniki dostarczania azotu w nawozach naturalnych, skorygowane i zaakceptowane przez Sekretariat OECD. Nie uwzględniają one jednak ilości strat gazowych, dlatego też wielkość ta (ulatniającego się amoniaku, tlenków azotu) została określona na poziomie 15% ilości azotu dostarczanego w nawozach naturalnych, powiększając tym samym całkowitą pulę azotu pochodzącego ze sfery produkcji zwierzęcej. Zgodnie ze zmienioną metodyką od 2003 roku bilans ten nazywany jest bilansem azotu brutto. Metodyka wskazuje ponadto na uwzględnianie, w zależności od zakresu potrzeb i danych źródłowych, zmiany (transferów) w puli azotu zawartego w nawozach naturalnych związanych z ich eksportem lub importem (na poziomie międzynarodowym lub regionalnym).

Ilość azotu wiązanego biologicznie przez bakterie symbiotyczne oraz organizmy wolnożyjące obliczono według standardowych współczynników wiązania (11) z uwzględnieniem powierzchni uprawy roślin motylkowatych (łubin gorzki, koniczyna i lucerna oraz pozostałe strączkowe drobno- i grubonasienne). Dla łubinu, peluski i wyki przyjęto, że na 1 ha powierzchni tych zasiewów następuje wiązanie 80 kg N,

Tabela 2

Współczynniki dostarczania azotu w nawozach naturalnych różnych grup zwierząt gospodarskich
średnio w ciągu roku

| Lp. | Kategorie i grupy zwierząt gospodarskich | Współczynniki nawozów naturalnych w kg N szt. śr. · rok ⁻¹ |
|-----|--|---|
| 1. | Cielęta w wieku poniżej roku | 18,0 |
| 2. | Młode bydło w wieku 1-2 lat | 36,0 |
| 3. | Jałówki cielne powyżej 2 lat | 40,0 |
| 4. | Krowy dojne – ogółem | 60,0 |
| 5. | Pozostałe bydło (buhaje) | 55,0 |
| 6. | Prosięta o masie do 20 kg | 2,5 |
| 7. | Warchlaki o masie od 20 kg do 50 kg | 9,0 |
| 8. | Tuczniaki na ubój o wadze powyżej 50 kg | 12,0 |
| 9. | Knury | 15,0 |
| 10. | Lochy – ogółem | 14,0 |
| 11. | Owce – ogółem | 8,0 |
| 12. | Kozy – ogółem | 7,0 |
| 13. | Brojlery | 0,43 |
| 14. | Nioski kurze | 0,70 |
| 15. | Kaczki | 0,70 |
| 16. | Indyki | 1,50 |
| 17. | Gęsi | 1,50 |
| 18. | Konie – ogółem | 50,0 |

Źródło: Opracowanie własne.

a w uprawie koniczyny lub lucerny $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Uprawa pozostałych roślin strączkowych (na nasiona lub na paszę) wnosi 100 kg N wiązane symbiotycznie na ha uprawy. Są to normatywy standardowe, odnoszące się do powierzchni, a nie do wielkości uzyskiwanego plonu. Ponadto przyjęto, że na każdym ha użytkowanej rolniczo powierzchni (grunty orne, plantacje trwałe, trwałe użytki zielone) następuje związanie przez organizmy wolnożyjące 4 kg N .

Ilość azotu dostarczanego w opadzie atmosferycznym przyjęto według danych Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska (PIOŚ); (25) na poziomie $17 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ użytków rolnych w ciągu roku.

Ilość azotu wnoszonego w materiale siewnym i sadzeniakach została określona na podstawie powierzchni zasiewów głównych ziemiopłodów i średnich norm ich wysiewu (sadzenia); (tab. 3) oraz zawartości (współczynniki) azotu w materiale roślinnym. Z uwagi na niewielkie znaczenie tego elementu jest on często pomijany w bilansie, szczególnie w przypadku braku możliwości określenia ilości zużywanego materiału siewnego.

Ilość wynoszonego (odpływu) azotu obliczono według zbiorów głównych plonów roślin towarowych i pastewnych oraz łąk i pastwisk (6), a także zbieranych z pól (oszacowanych) plonów ubocznych oraz poplonów. Wielkości te zostały obliczone z wykorzystaniem współczynników standardowej zawartości składników w plonach (4, 10), skorygowanych w IUNG-PIB i zaakceptowanych przez Sekretariat OECD (tab. 4).

Tabela 3

Przeciętne normy wysiewu i sadzenia głównych roślin uprawnych w Polsce

| Lp. | Uprawiana roślina lub grupa roślin | Przeciętne normy wysiewu w $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ |
|-----|---|---|
| 1. | Pszenica jara i ozima | 0,240 |
| 2. | Jęczmień | 0,170 |
| 3. | Kukurydza | 0,070 |
| 4. | Proso | 0,025 |
| 5. | Owies | 0,185 |
| 6. | Żyto | 0,170 |
| 7. | Pszenżyto | 0,240 |
| 8. | Mieszanki zbożowe | 0,210 |
| 9. | Rzepak i rzepik | 0,008 |
| 10. | Inne oleiste (słonecznik) | 0,013 |
| 11. | Strączkowe grubonasienne (bobik, groch) | 0,255 |
| 12. | Strączkowe drobnonasienne (wyka, peluszką) | 0,120 |
| 13. | Ziemniak | 2,500 |
| 14. | Warzywa, burak cukrowy | 0,010 |
| 15. | Nasiona z plantacji nasiennych (trawy, motylkowate) | 0,015 |

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 4

Współczynniki standardowej zawartości składników w plonach głównych i ubocznych roślin uprawnych w Polsce

| Lp. | Uprawiana roślina, grupa roślin lub rodzaj zbioru (ziemiopłody rolne i ogrodnicze) | Współczynnik standardowej zawartości w plonach w kg N · t ⁻¹ |
|-----|--|---|
| 1. | Pszenica jara – ziarno | 21,0 |
| 2. | Pszenica ozima – ziarno | 19,0 |
| 3. | Jęczmień – ziarno | 16,0 |
| 4. | Kukurydza – ziarno | 15,0 |
| 5. | Proso – ziarno | 20,0 |
| 6. | Owies – ziarno | 16,0 |
| 7. | Żyto – ziarno | 16,0 |
| 8. | Pszenżyto – ziarno | 18,0 |
| 9. | Mieszanki zbożowe – ziarno | 17,0 |
| 10. | Rzepak i rzepik – nasiona | 34,0 |
| 11. | Inne oleiste (słonecznik) – nasiona | 28,0 |
| 12. | Strączkowe grubonasienne (bobik, groch) – nasiona | 40,0 |
| 13. | Ziemniak | 3,1 |
| 14. | Owoce – ogółem | 2,0 |
| 15. | Warzywa – ogółem | 3,0 |
| 16. | Burak cukrowy – korzenie | 1,7 |
| 17. | Len – włókno | 5,3 |
| 18. | Konopie – włókno | 5,0 |
| 19. | Tytoń | 30,0 |
| 20. | Cykoria korzeniowa | 2,0 |
| 21. | Chmiel | 30,0 |
| 22. | Nasiona z plantacji nasiennych (trawy, motylkowate) | 20,0 |
| 23. | Burak pastewny | 1,8 |
| 24. | Koniczyna i lucerna – zielonka | 5,6 |
| 25. | Kukurydza – zielonka | 3,7 |
| 26. | Inne rośliny pastewne na zielonkę | 4,1 |
| 27. | Łąki i pastwiska – siano | 20,3 |
| 28. | Liście buraków cukrowych | 3,6 |
| 29. | Słoma zbóż | 5,2 |
| 30. | Poplony na zielonkę | 4,0 |

Źródło: Opracowanie własne.

Wyniki badań i dyskusja

Opracowanie obejmuje wyniki bilansów azotu brutto na poziomie regionalnym i krajowym (lata 2002–2005). Przedstawione średnie wartości liczbowe bilansu azotu (N) dla poszczególnych województw wykazują znaczne zróżnicowanie regionalne (tab. 5). Wynika ono głównie, jak twierdzą Fotyma (3) i Kopiński (16), z bardzo dużych różnic w produktywności użytków rolnych. Jednym z przejawów pogłębiającego się w ostatnich latach zróżnicowania regionalnego polskiego rolnictwa są różnice w in-

Tabela 5

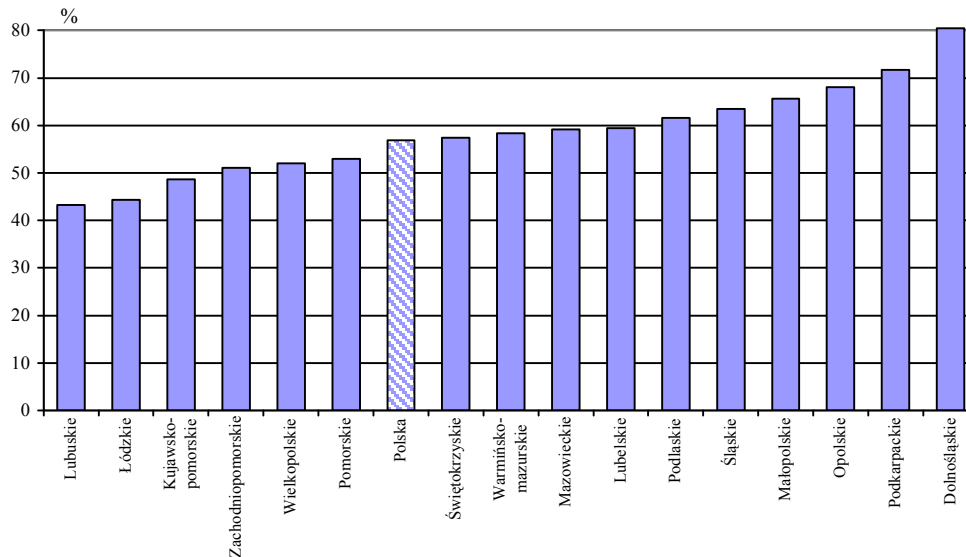
Bilansu azotu brutto dla Polski i województw (lata 2002–2005)

| Województwo | Wycieczone wartości sald (nadwyżek) bilansu azotu (N) | | | Efektywność korzystania N (dopływ) |
|---------------------|---|----------------------|-----------------|--|
| | wnoszenie (dopływ) | wyniesienie (odpływ) | różnica (saldo) | |
| Kujawsko-pomorskie | 164,3 | 80,1 | 84,3 | 48,7 |
| Łódzkie | 146,2 | 64,9 | 81,3 | 44,4 |
| Wielkopolskie | 256,9 | 133,7 | 123,2 | 52,0 |
| Lubuskie | 51,1 | 22,1 | 29,0 | 43,3 |
| Pomorskie | 94,0 | 49,9 | 44,2 | 53,0 |
| Zachodniopomorskie | 106,1 | 54,2 | 51,9 | 51,1 |
| Warmińsko-mazurskie | 114,7 | 67,0 | 47,8 | 58,4 |
| Podlaskie | 126,0 | 77,6 | 48,4 | 61,6 |
| Lubelskie | 155,0 | 92,0 | 63,0 | 59,4 |
| Opolskie | 70,2 | 47,8 | 22,5 | 68,0 |
| Świętokrzyskie | 58,9 | 33,8 | 25,1 | 57,4 |
| Mazowieckie | 215,0 | 127,3 | 87,6 | 59,2 |
| Śląskie | 49,6 | 31,5 | 18,1 | 63,4 |
| Małopolskie | 75,6 | 49,7 | 25,9 | 65,7 |
| Podkarpackie | 58,8 | 42,2 | 16,6 | 71,7 |
| Dolnośląskie | 87,6 | 70,5 | 17,1 | 80,5 |
| POLSKA | 1831,4 | 1042,9 | 788,5 | 56,9 |

Źródło: Opracowanie własne.

tensywności produkcji (17), mające swoje podłoże zarówno w warunkach środowiskowych (gleby, klimat), jak i w osiągniętym poziomie techniczno-organizacyjnym rolnictwa. Efektem określonego poziomu intensywności produkcji roślinnej i zwierzęcej są przedstawione w tabeli 5 globalne wartości dopływu i odpływu oraz nadwyżki bilansowe azotu w układzie regionalnym. Podstawowym kryterium uszeregowania województw była wielkość sald azotu w odniesieniu do powierzchni ha UR.

W skali całego kraju bilans azotu brutto wykazuje saldo dodatnie rzędu ok. 48 kg N · ha⁻¹ użytków rolnych. Wyższe od średniej krajowej nadwyżki azotu notowane są w województwach kujawsko-pomorskim i łódzkim oraz w Wielkopolsce (ponad 65 kg N · ha⁻¹ UR), a także w regionach północno-zachodnich. Z kolei najmniejsze nadmiary azotu, nie przekraczające 22 kg N · ha⁻¹ UR, występują w ostatnich latach w województwach dolnośląskim i podkarpackim. Na podstawie danych zawartych w tabeli 2 i uszeregowania województw zamieszczonego na rysunku 2 można stwierdzić, że wielkość nadwyżek bilansowych azotu jest odwrotnie proporcjonalna do efektywności jego wykorzystania. W województwach o najwyższych saldach bilansu azotu efektywność wykorzystania tego składnika była bliska lub poniżej 50%, przy średniej krajowej wynoszącej w omawianym okresie ok. 57%. Wskaźnik ten plasuje Polskę nieco powyżej przeciętnej dla krajów OECD (12) oraz UE-15 (16).

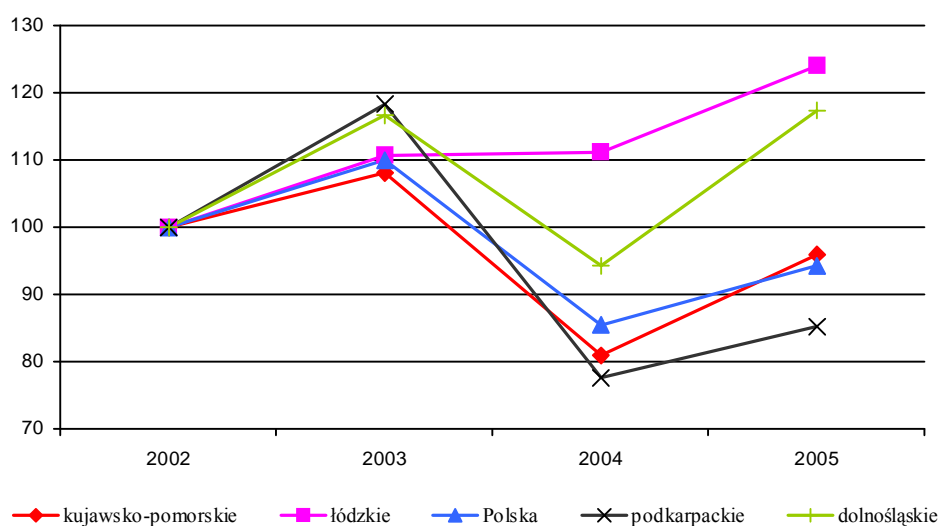


Rys. 2 Wskaźnik efektywności wykorzystania azotu (odpływ/dopływ) na podstawie bilansu brutto (średnio w latach 2002–2005)

Źródło: Opracowanie własne.

W Polsce różnicom regionalnym towarzyszy także zmienność notowanych globalnych nadwyżek bilansu azotu w poszczególnych latach, widoczna w badanym okresie. Różna jest także dynamika tych zmian, niezależnie od poziomu sald azotu (rys. 3). Wynika to głównie ze zmian w produktywności użytków rolnych, powodowanych w znacznym stopniu warunkami pogodowymi. Jednak w latach 2002–2005, a więc w okresie bezpośrednio przed i po wejściu Polski do UE, widoczny jest wzrastający trend intensywności produkcji mierzony poziomem zużycia nawozów mineralnych (13, 15). Największy przyrost zużycia azotowych nawozów mineralnych, w badanym okresie, miał miejsce w województwach: łódzkim, lubelskim, śląskim, dolnośląskim i małopolskim (rys. 4). Natomiast w województwach kujawsko-pomorskim i pomorskim nastąpiło ograniczenie zużycia azotu w nawozach mineralnych o więcej niż 5%. Wahaniami uległa także pula azotu dostarczana w nawozach naturalnych, przy zaznaczającym się lekko malejącym trendzie. Wynika to głównie ze zmian w liczebności i strukturze inwentarza żywego. W większości województw, poza wielkopolskim, mazowieckim i podlaskim, wystąpił spadek ilości azotu powstającego w trakcie produkcji zwierzęcej (w tym głównie dostępnego w nawozów naturalnych). Najbardziej znaczący spadek, bo ponad 13%, wystąpił w województwach: śląskim, dolnośląskim, zachodniopomorskim i podkarpackim (rys. 4).

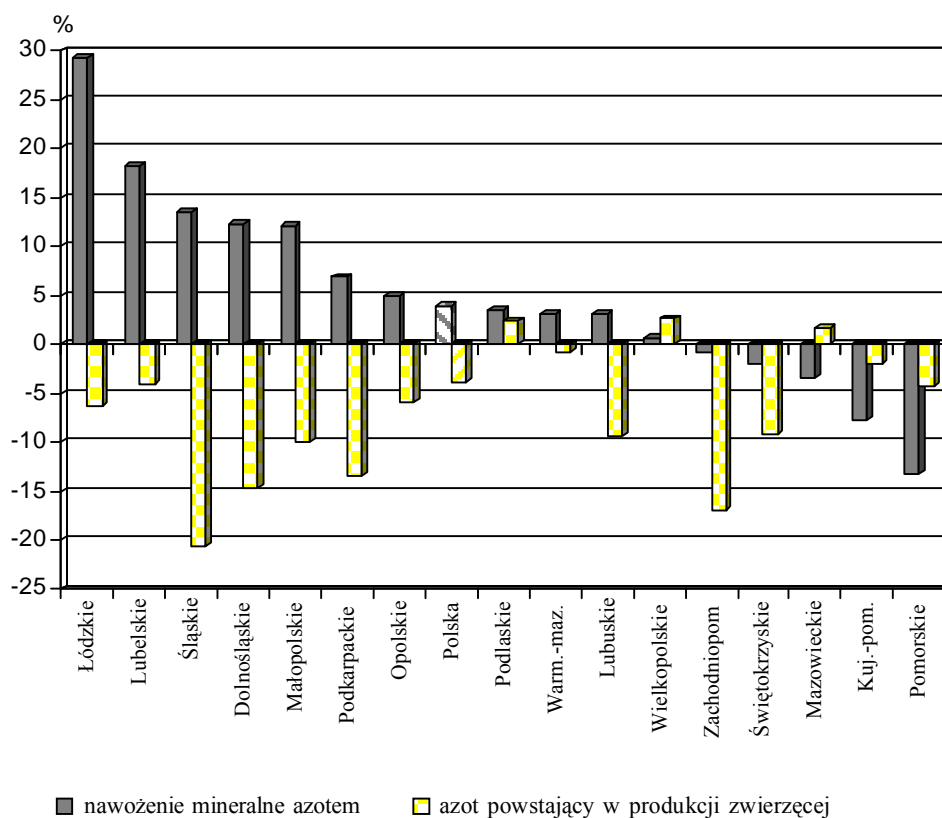
Nawożenie mineralne i naturalne są podstawowymi źródłami dopływu azotu w systemie produkcji rolniczej. Te dwa źródła stanowią ok. 75% przychodowej strony bilansu azotu brutto. Poziom i efektywność ich wykorzystania w produkcji roślinnej



Rys 3. Indeks trendu zmian nadwyżek globalnych bilansu azotu brutto dla Polski i wybranych województw w latach 2002–2005 (indeks 2002 = 100)

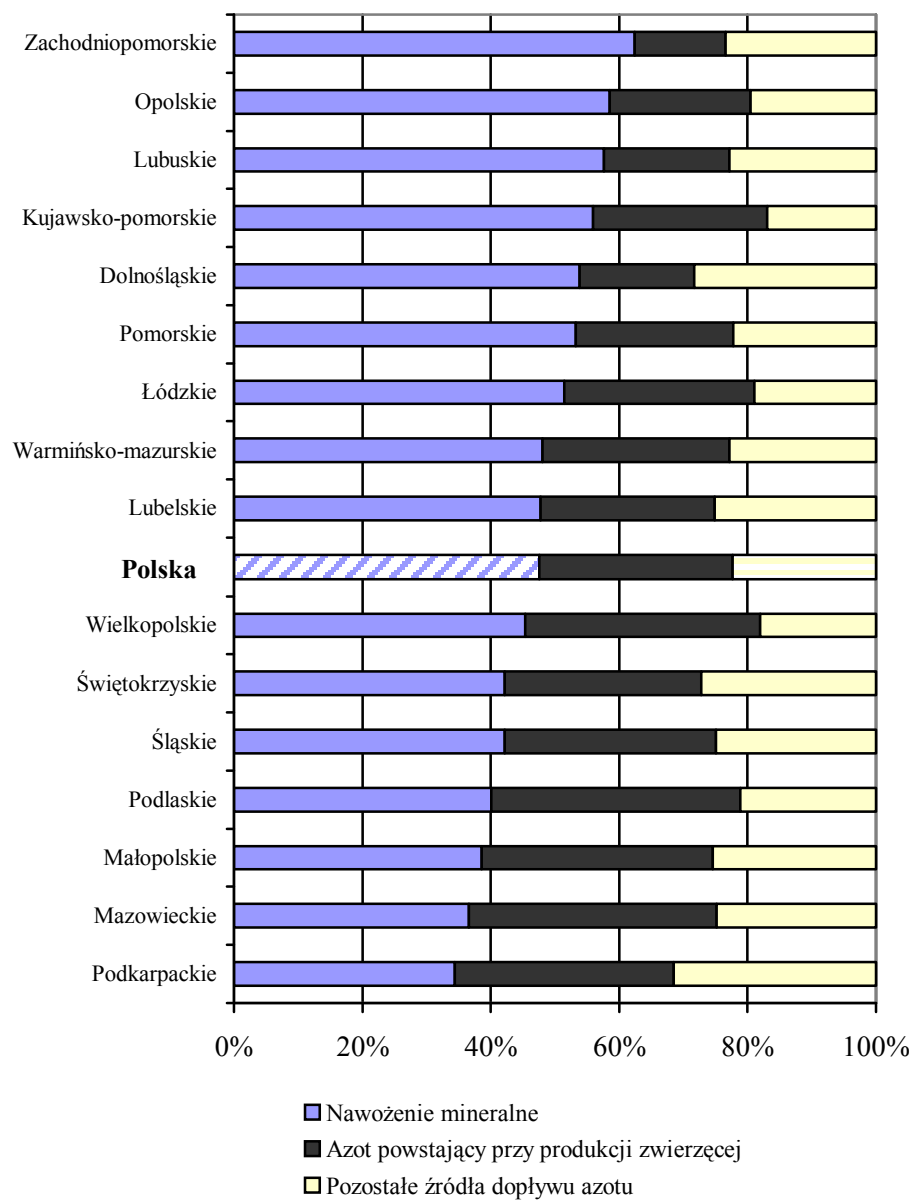
Źródło: Opracowanie własne.

mają decydujący wpływ na wyniki bilansu tego składnika. W województwach z intensywną produkcją roślinną najważniejszą pozycję w strukturze dostarczania azotu do gleb użytkowanych rolniczo stanowi nawożenie mineralne (ponad 50%); (rys. 5). Należą tu głównie województwa należące do regionów Pomorza i Mazur oraz Wielkopolski i Śląska, według podziału przyjętego przez Instytut Ekonomiki i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy (IERiGŻ-PIB) na potrzeby Sieci Danych Rachunkowych (FADN) i wyliczenia standardowych nadwyżek bezpośrednich (SGM); (24). Najbardziej zrównoważona wewnętrznie struktura wnoszenia azotu występuje w województwach: małopolskim, mazowieckim i podkarpackim. W tym ostatnim udział azotu wnoszonego w opadzie atmosferycznym, wiązanego biologicznie przez bakterie i mikroorganizmy wolnożyjące, a także azotu zawartego w materiale siewnym i sadzeniowym przekraczał ponad 30% łącznego dopływu tego składnika.



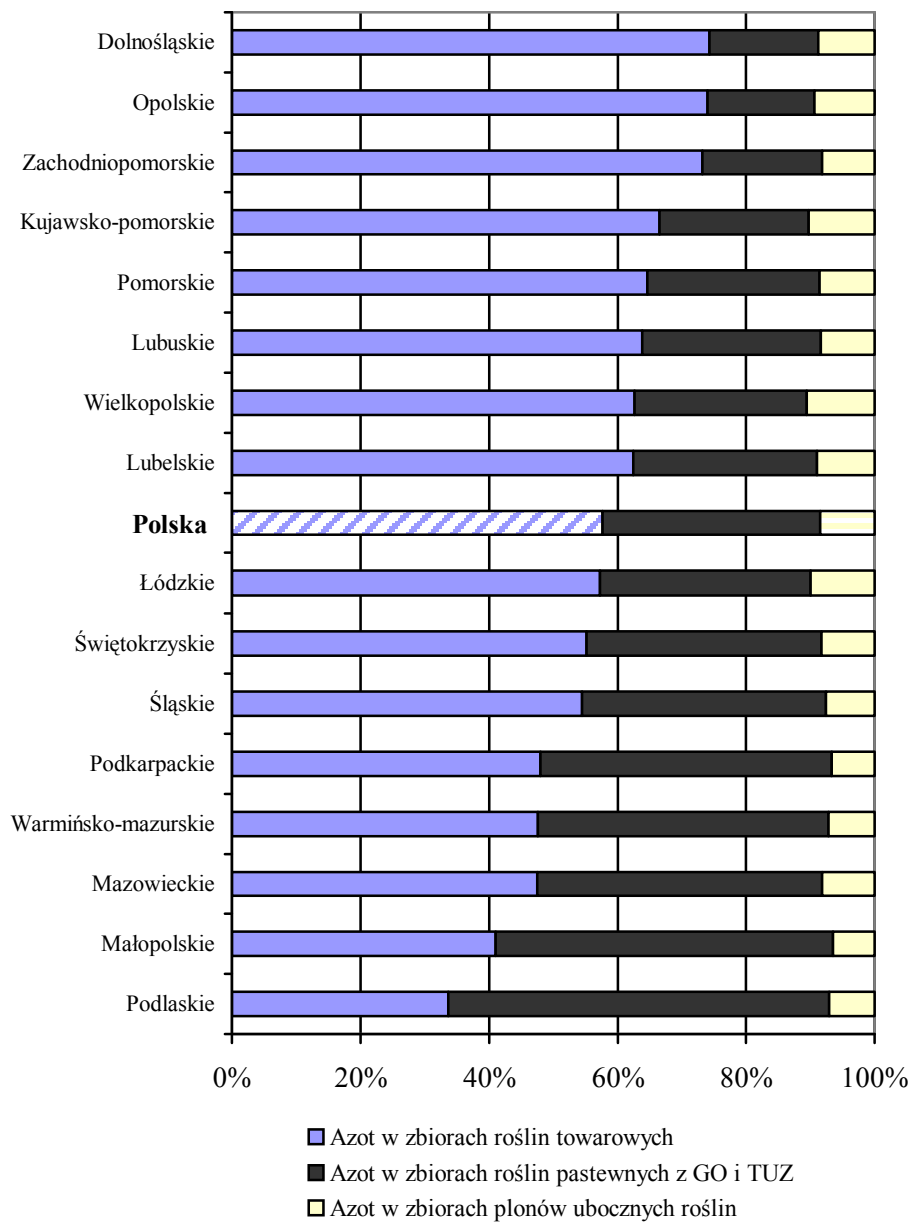
Rys 4. Zmiany w puli azotu w nawozach mineralnych i powstającego w trakcie produkcji zwierzęcej pomiędzy latami 2002 i 2005, według bilansu azotu brutto

Źródło: Opracowanie własne.



Rys 5. Udział głównych źródeł wnoszenia (dopływu) azotu w przychodowej stronie bilansu azotu brutto dla Polski i województw (średnio w latach 2002–2005)

Źródło: Opracowanie własne.



Rys 6. Udział głównych źródeł wnoszenia (odpływu) azotu w rozchodowej stronie bilansu azotu brutto dla Polski i województw (średnio w latach 2002–2005)

Źródło: Opracowanie własne.

W Polsce większość (ok. 60%) azotu wynosi się w zbiorach roślin towarowych, podczas gdy na ogół w krajach należących do OECD dominującą pozycję w strukturnie wynoszenia azotu zajmuje zbiór z plonami roślin pastewnych na gruntach ornych oraz z łąk i pastwisk (13). Czołowymi województwami, w których dominuje odpływ azotu w plonach głównych roślin towarowych są: dolnośląskie, opolskie, zachodniopomorskie i kujawsko-pomorskie (rys. 6). W województwach tych stosunkowo najwięcej azotu dostarczane jest na pola uprawne w postaci nawozów mineralnych. Z kolei w województwach, w których duże znaczenie ma produkcja zwierzęca (zwłaszcza przeżuwacze) głównym źródłem odpływu azotu są zbiory roślin pastewnych z gruntów ornych (GO) i trwałych użytków zielonych (TUZ). Należą tu województwa: podlaskie, małopolskie i mazowieckie. W ciągu ostatnich lat nastąpiło pogłębienie różnic regionalnych pod względem kształtu struktury wynoszenia azotu. Początek zmian miał miejsce w 1990 roku, po którym nastąpiły przemiany gospodarczo-ustrojowe. Obecnie, w warunkach nasilającej się konkurencji, w wielu gałęziach produkcji rolniczej (głównie zwierzęcej) coraz bardziej widoczne są silnie zachodzące procesy specjalizacji i koncentracji produkcji (26).

Podsumowanie

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, również w kontekście programów rolnośrodowiskowych. Bilans azotu dotyczy wszystkich poziomów rolnictwa, począwszy od pojedynczego pola uprawnego poprzez gospodarstwo, aż do zlewni, regionów, a także całych krajów. Jednolita metodyka bilansu umożliwia dokonywanie porównań i oceny skutków produkcyjno-środowiskowych działalności rolniczej na różnych poziomach gospodarowania.

Polska należy do grona krajów OECD wykazujących dość niskie saldo azotu (13), przy niezbyt wysokiej efektywności wykorzystania tego składnika. Powyższa analiza wskazuje na znaczne zróżnicowanie regionalne bilansu azotu w Polsce. Wpływają na to, obok uwarunkowań przyrodniczych, głównie zaniedbania organizacyjne. Dotyczy to stanu agrochemicznego gleb (zakwaszenie) oraz racjonalnego stosowania nawozów mineralnych, z wykorzystaniem posiadanych zasobów nawozów naturalnych.

Wnioski

1. Saldo bilansu azotu brutto (N) dla Polski z lat 2002–2005 wynosiło średnio ok. 48 kg N · ha⁻¹ UR, ze wskaźnikiem efektywności jego wykorzystania rzędu 57%.
2. Największe nadwyżki bilansowe tego składnika w Polsce (ponad 50 kg N · ha⁻¹) stwierdzono w regionach północno-zachodnich, a szczególnie w województwach kujawsko-pomorskim, łódzkim i wielkopolskim.

3. Najmniejsze saldo azotu, nie przekraczające $34 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$, występuje w ostatnich latach w województwach dolnośląskim i podkarpackim, wyróżniających się jednocześnie bardzo wysoką efektywnością wykorzystania tego składnika.

4. W większości województw z intensywną produkcją roślinną najważniejszą pozycję w przychodowej stronie bilansu stanowi azot wnoszony w nawozach mineralnych, a po stronie rozchodów azot wynoszony w zbiorach głównych roślin uprawnych.

5. W województwach z produkcją roślinną podporządkowaną potrzebom towarowej produkcji zwierzęcej (chów bydła) dominującym źródłem odpływu azotu jest zbiór roślin pastewnych z gruntów ornych i trwałych użytków zielonych.

6. Bilans azotu, jako jeden z wielu wskaźników agrośrodowiskowych, stanowi bardzo ważne źródło informacji o oddziaływaniu rolnictwa na kształtowanie się warunków (jakości) środowiska.

Literatura

1. F a b e r A.: Wskaźniki proponowane do badań równowagi rozwoju rolnictwa. *Fragm. Agronom.*, 2001, **1(69)**: 31-44.
2. 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.
3. 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. MRiGŻ, NFO-ŚiGW, Warszawa, 1998, 154-162.
4. F o t y m a M., M e r c i k S.: *Chemia rolna*. PWN Warszawa, 1995.
5. G o s e k S.: Wapnowanie i nawożenie mineralne a żyzność gleby i plony roślin. *Biul. Inf. IUNG*, 1997, **5**: 6-7.
6. GUS: *Produkcja upraw rolnych i ogrodnich*. GUS, Warszawa, 2002–2006.
7. GUS: *Środki produkcji w rolnictwie*. GUS, Warszawa, 2002–2006.
8. GUS: *Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowie zwierząt gospodarskich*. GUS, Warszawa, 2002–2006.
9. 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.
10. K a r k l i n s A.: Model for the calculation of nutrient offtake by crop: „offtake” model. *Fertilizers and Fertilization*, 2001, **1(6)**: 63-74.
11. 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.
12. 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.
13. K o p i ń s k i J.: Bilans azotu na powierzchni pola jako wskaźnik zmian intensywności produkcji rolnej w Polsce. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2007, **4**: 11-21.
14. 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, Rol.*, 2006, **540(87)**: 235-240.
15. K o p i ń s k i J.: Zróżnicowanie nawożenia jako miara intensywności produkcji roślinnej w regionach. *Wiś Jutra*, 2006, **6(95)**: 15-17.
16. 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.
17. 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. *Systemy informacji i wspierania decyzji w rolnictwie*. *Pam. Puł.*, 2001, **124**: 263-272.

18. Maćkowiak Cz.: Bilans substancji organicznej w glebach Polski. Biul. Inf. IUNG, 1997, **5**: 4-5.
19. Maćkowiak Cz., Żurek J., Kopiński J.: Polskie standardy nawozów organicznych - opracowanie modelowe. 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.
20. OECD: Environmental indicators for agriculture. OECD Publication Service, Paris, 2006, **vol. 4**, Chapter 3.
21. OECD: Environmental indicators for agriculture: Table of contents. Agriculture Directorate, Paris, **vol. 4** (forthcoming 2007).
22. OECD: Gross nitrogen balances. Handbook. OECD Secretariat, Paris, 2004, **the 2nd draft**. <http://webdomino1.oecd.org/comnet/agr/aeiquest.nsf>
23. OECD: National soil surface nutrient balances: explanatory notes to interpret the data sheets. OECD Secretariat, Paris, 1999.
24. Skarżyńska A., Goraj L., Ziętek I.: Metodologia SGM „2002” dla typologii gospodarstw rolnych w Polsce. IERiGŻ-PIB, Warszawa, 2005, **4**.
25. Szponar L., Pawlik-Dobrowolski J., Domagała R., Twardy S., Traczek I.: Bilans azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim. Aneks - Nadmiar azotu w rolnictwie zagrożeniem zdrowia człowieka. Prace IŻŻ, Warszawa, 1996, **80**: 10-27.
26. Ziętara W.: Kierunki i możliwości rozwoju gospodarstw mlecznych i trzodowych w Polsce. Roczn. Nauk. SERiA, 2005, **7(1)**: 300-305.

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

