

Tamara Jadczyzyn, Jerzy Kopiński

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

PRODUKCYJNE I ŚRODOWISKOWE ASPEKTY NAWOŻENIA AZOTEM*

Słowa kluczowe: nawożenie azotem, azot mineralny, bilans azotu, stężenia azotanów, zróżnicowanie regionalne

Wstęp

Nawozy mineralne to obrotowe środki produkcji kształtujące efektywność ekonomiczną gospodarstw. Poziom nawożenia mineralnego jest jednym z głównych wskaźników intensywności i efektywności gospodarowania (18). Nawożenie jest jednym z najważniejszych czynników decydujących o plonowaniu roślin i żyzności gleb. Niewłaściwe stosowanie nawozów może jednak powodować niekorzystne zmiany w środowisku ujawniające się w mierzalny sposób w zmianie wskaźników żyzności gleby oraz w składzie i jakości wód gruntowych (10, 17).

W Europie Polska zajmuje trzecie (po Rosji i Ukrainie) miejsce pod względem wielkości produkcji nawozów azotowych (12). Roczna produkcja 1833 tys. t N stanowi 1,8 % całkowitej ilości nawozów wytwarzanych na świecie (23). W ostatnich latach odnotowano w Polsce znaczny przyrost zużycia nawozów mineralnych, szczególnie azotowych. Wynika to z materialnego wsparcia rolnictwa po wejściu Polski do Unii Europejskiej i wzrostu dochodów z działalności rolniczej (16). Znaczna część tych środków jest kierowana do dostawców środków produkcji, w tym nawozów mineralnych (13). Jednak środki napływające z funduszy unijnych, pośrednio prowadzą do nadmiernego uzależnienia dochodów od dotacji, a w konsekwencji mogą osłabiać wysiłki (działania) na rzecz poprawy efektywności technicznej produkcji rolniczej (21).

Wielkość zużycia nawozów mineralnych jest w dużej mierze uwarunkowana zróżnicowaniem struktury obszarowej gospodarstw rolnych w Polsce, a także zachodzącymi procesami koncentracji i specjalizacji produkcji rolniczej (4, 15, 20).

*Opracowanie wykonano w ramach zadań 1.3 i 2.5 w programie wieloletnim IUNG-PIB

Celem pracy jest ocena zmian zużycia azotowych nawozów mineralnych, ich skutków produkcyjnych (plonowanie roślin) i środowiskowych (saldo bilansu, zawartość azotu mineralnego w glebie i stężenie azotanów w wodach podziemnych) na przestrzeni ostatnich lat.

Struktura zużycia nawozów mineralnych

Polska jest liczącym się w świecie producentem nawozów mineralnych. Potencjał produkcyjny polskiego przemysłu chemicznego w odniesieniu do nawozów azotowych przekracza 1,8 mln ton, z czego znaczna ilość (ok. 30%) jest eksportowana (tab. 1).

Tabela 1

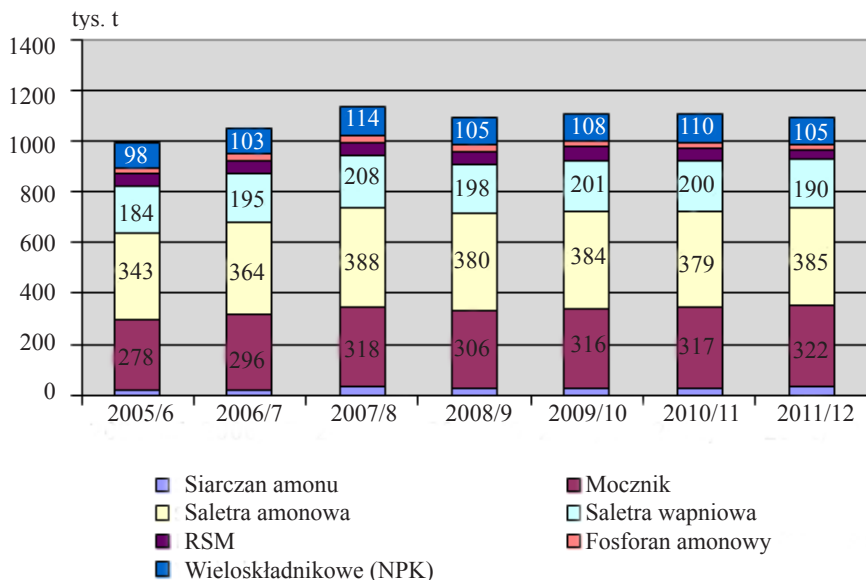
Bilans azotowych nawozów mineralnych w przeliczeniu na czysty składnik (N)

ROK	Przychód				Rozchód			
	ogółem	produkcja	import	zmniejszenie zapasów	ogółem	dostawy krajowe	eksport	zwiększenie zapasów
	w tys. ton							
2006	1948,1	1714,3	217,7	16,1	1948,1	1412,0	536,1	-
2007	2078,4	1833,8	244,6	-	2078,4	1446,0	632,4	-
2008	1922,3	1715,7	236,6	-	1922,3	1166,0	789,4	45,7
2009	1893,4	1545,8	307,2	40,4	1893,4	1502,7	390,7	-
2010	1902,6	1637,5	236,7	28,4	1902,6	1327,7	574,9	-

Źródło: GUS (11).

Dominującymi nawozami w strukturze zużycia nawozów azotowych są nawozy saletrzano-amonowe (saletry, saletrzak) i mocznik (rys. 1). W większych obszarowo gospodarstwach coraz większym zainteresowaniem cieszy się roztwór saletrzano-mocznikowy (RSM). W kolejnych latach prognozuje się wzrost jego zużycia, zwłaszcza w tej grupie gospodarstw.

Ze względu na wystarczające zdolności produkcyjne istniejących fabryk nawozów (12), w niedalekiej perspektywie nie przewiduje się znaczącej rozbudowy sektora nawozów mineralnych w kraju. Na poziom produkcji i zużycia nawozów mineralnych zasadniczy wpływ ma sytuacja ekonomiczna na rynkach płodów rolnych w skali światowej, a szczególnie na rynku zbóż. Ponadto istotnym czynnikiem wpływającym na ceny nawozów są ceny gazu ziemnego, od której są silnie uzależnione (24).



Rysunek 1. Zużycie azotu w Polsce według rodzajów nawozów

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EFMA, 2012 (1, 2).

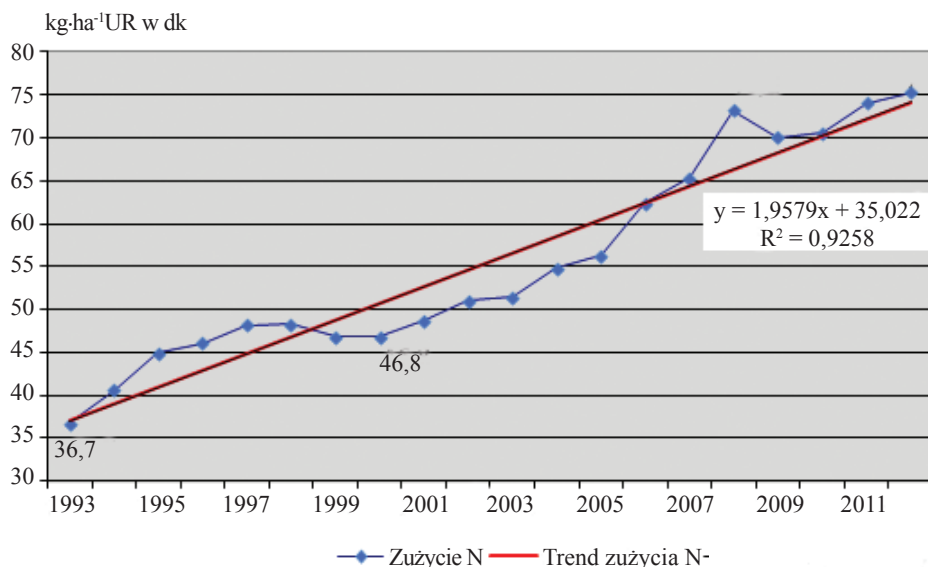
Zmiany zużycia azotowych nawozów mineralnych w układzie regionalnym

W Polsce zużycie nawozów mineralnych od połowy lat 90. ubiegłego wieku wykazuje tendencję wzrostową. Tempo wzrostu zużycia nawozów uległo przyspieszeniu po wejściu Polski do struktur Unii Europejskiej (UE) (9). Jednostkowe zużycie azotu, w latach 2009-2012 wynosiło $72,5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR w dk}^1$. Z analizy długoterminowego trendu (rys. 2) wynika, że roczny przyrost zużycia nawozów w Polsce wynosi ok. $2,0 \text{ kg} \cdot \text{N ha}^{-1} \text{ UR w dk}$. Stosunek składników pokarmowych N:P:K w stosowanym nawożeniu mineralnym ulega stale poszerzeniu na rzecz azotu. Ze względów produkcyjnych, ale też środowiskowych jest to zjawisko niekorzystne, gdyż prowadzi do zubożenia gleby w przyswajalne formy fosforu i potasu, a także do spadku efektywności działania nawozów azotowych, szczególnie w kontekście postępującego zakwaszenia gleb (10).

Dynamiczny wzrostowy trend intensywności produkcji w Polsce jest sprzeczny z tendencjami mającymi miejsce w krajach UE-15. Dane międzynarodowej statystyki publicznej pochodzące z baz Faostat i Eurostat oraz publikowane przez Europejskie Stowarzyszenie Przemysłu Nawozowego Fertilizers Europe wskazują, że spośród 27 krajów UE wyraźną tendencję do zwiększania zużycia nawozów azotowych odnotowano, oprócz Polski, także w Czechach, Łotwie i Rumunii (22). Zużycie azotu w UE-27 w latach 2002-2010, wykazywało natomiast słabą tendencję spadkową z dynamiką $0,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Sytuacja w Polsce jest o tyle niepokojąca, że w ostatnich latach tendencji tej na ogół nie towarzyszyła równie dynamiczna tendencja wzrostu

¹UR w dk – użytki rolne w dobrej kulturze (użytkowane rolniczo); wg definicji GUS

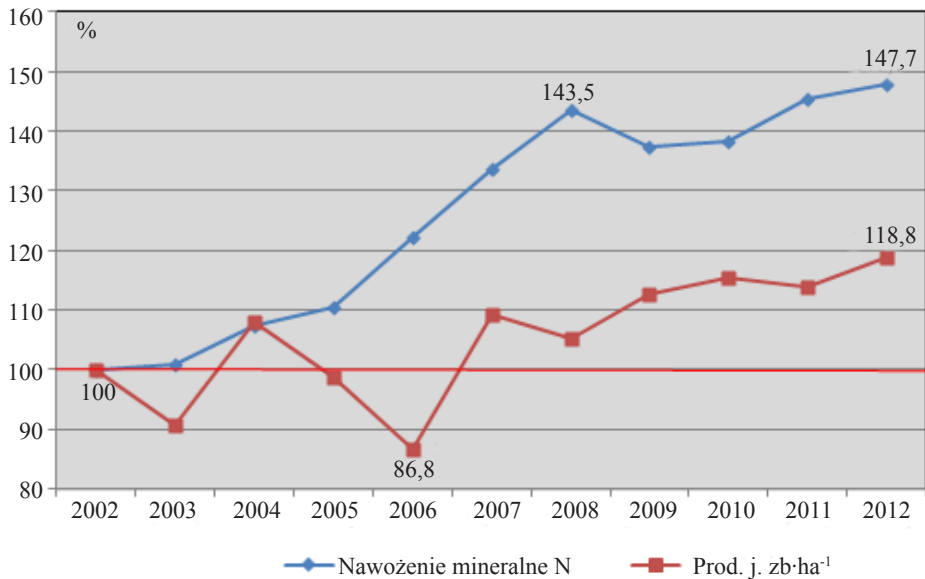
plonowania roślin pomimo istnienia dość ścisłej korelacji pomiędzy zużyciem nawozów azotowych i plonami roślin (rys. 3). W roku 2012 przeciętna wydajność roślin mierzona w jednostkach zbożowych wzrosła w porównaniu do roku 2002 tylko o 19%, podczas gdy w tym samym czasie zużycie nawozów azotowych mineralnych wzrosło o 48%. W znacznej mierze sytuacja ta wynika z zaniedbań w sferze organizacyjnej rolnictwa.



Rysunek 2. Długookresowa (20-letnia) analiza trendu zmian zużycia azotu w nawozach mineralnych w Polsce

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS (25).

Charakterystyczną cechą polskiego rolnictwa jest duże regionalne zróżnicowanie intensywności produkcji (13), produktywności i efektywności rolniczej. Różnice poziomu poszczególnych wskaźników, w tym także dotyczące poziomu zużycia azotu w nawozach mineralnych pomiędzy województwami są często ponad dwukrotne (tab. 2). Wynika to z tego, że z jednej strony funkcjonuje niskonakładowe (na ogół ekstensywne) rolnictwo tradycyjne, a z drugiej – rolnictwo intensywne odpowiadające współczesnym wymaganiom ekonomiczno-rynkowym, w tym konkurencji. Najbardziej intensywna produkcja roślinna prowadzona jest w Polsce zachodniej i północno-zachodniej, a najmniej intensywna na wschodzie i w Polsce centralnej. Największy średni przyrost zużycia azotowych nawozów mineralnych (powyżej 30 kg N·ha⁻¹ UR w dobrej kulturze), pomiędzy latami 2004-2006 a 2010-2012, wystąpił w województwie dolnośląskim, gdzie w latach 2002-2004 poziom nawożenia nie przekraczał średniej krajowej (13).



Rysunek 3. Dynamika zmian zużycia mineralnych nawozów azotowych i produktywności roślin w Polsce w latach 2002-2012. Rok 2002 = 100%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS (25).

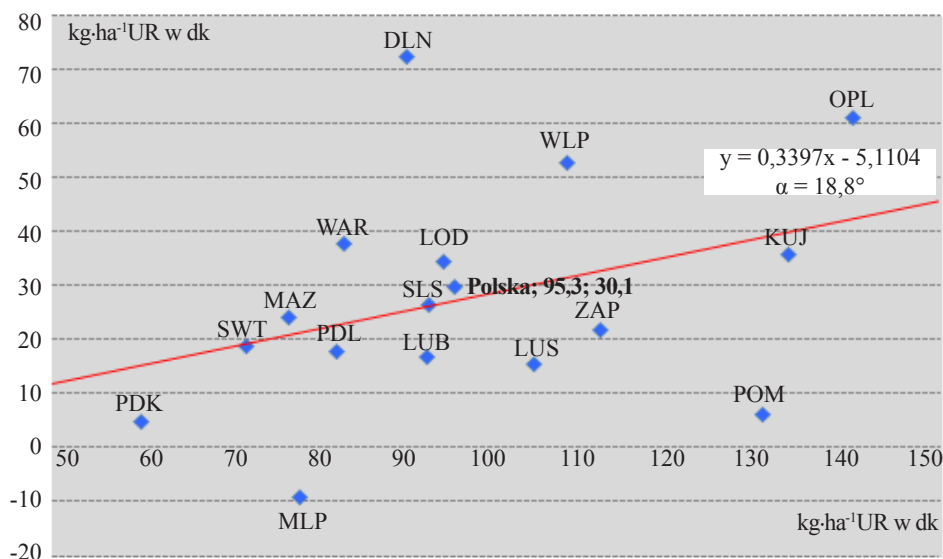
W województwach kujawsko-pomorskim, opolskim i wielkopolskim zużycie azotu w nawozach mineralnych osiągnęło lub nawet przekroczyło średni poziom nawożenia w państwach Unii Europejskiej (UE-27) wynoszący ok. 64 kg N·ha⁻¹ UR w dk (1, 2). W tych województwach poziom nawożenia azotem wynosi ponad 90 kg N·ha⁻¹ UR w dk (tab. 2). W Polsce wschodniej i centralnej zużycie nawozów mineralnych jest mniejsze i mieści się w granicach od 50 do 80 kg N·ha⁻¹ UR w dk. W województwach podkarpackim i małopolskim, o rozdrobnionej strukturze agrarnej, z dominującym typem rolnictwa ekstensywnego zużycie azotu w nawozach mineralnych jest najmniejsze i nie przekracza poziomu 40 kg N·ha⁻¹ UR w dk.

Zmiany w zużyciu nawozów zaznaczają się najsilniej w przypadku nawozów azotowych, ale podobna tendencja dotyczy wszystkich nawozów mineralnych. Największy średni przyrost zużycia (powyżej 50 kg NPK·ha⁻¹ UR w dobrej kulturze) występował w województwach o intensywnej produkcji roślinnej, tj.: opolskim i wielkopolskim, ale także w dolnośląskim, przy średniej polaryzacji dla Polski $\alpha=19^\circ$ (19) (rys. 4).

Tabela 1
Zmiany zużycia azotu (N) w nawozach mineralnych w układzie regionalnym i ogółem w Polsce i w latach 2004-2012

Województwa	Średnia 2004-2006		Średnia 2007-2009		Średnia 2010-2012		Zmiana zużycia N (lata 2004-2006 = 100)	
	tys. t	kg·ha ⁻¹ UR w dk	tys. t	kg·ha ⁻¹ UR w dk	tys. t	kg·ha ⁻¹ UR w dk	lata 2007-2009	lata 2010-2012
Dolnośląskie	51,0	51,3	81,1	89,0	82,9	92,4	159	163
Kujawsko-pomorskie	93,7	89,5	109,5	102,1	100,3	97,0	117	107
Lubelskie	81,3	54,7	90,9	58,8	86,8	63,0	112	107
Lubuskie	30,6	62,2	34,5	75,0	29,6	66,1	113	97
Łódzkie	82,6	75,1	82,9	76,2	73,3	75,9	100	89
Małopolskie	29,1	40,5	22,7	33,6	20,6	34,9	78	71
Mazowieckie	90,7	42,5	126,5	60,5	115,6	59,5	139	127
Opolskie	45,0	81,5	52,7	94,5	59,5	117,6	117	132
Podkarpackie	22,2	29,1	24,8	34,8	21,0	36,3	112	95
Podlaskie	52,4	47,5	54,2	48,5	58,7	56,1	103	112
Pomorskie	49,9	63,1	56,6	76,4	61,1	83,7	113	122
Śląskie	22,5	46,3	26,9	62,7	27,1	70,9	120	120
Świętokrzyskie	26,1	44,6	29,7	53,6	26,2	53,0	114	100
Warmińsko-mazurskie	60,4	59,5	74,1	79,3	73,4	73,6	123	122
Wielkopolskie	125,5	70,6	159,4	89,1	163,8	92,7	127	131
Zachodniopomorskie	65,8	65,0	71,4	80,3	71,2	85,6	109	108
Polska	928,9	57,5	1098,0	70,5	1071,1	73,4	118	115

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS (25).



Rysunek 4. Wielkość zmian nawożenia mineralnego NPK pomiędzy średnimi z lat 2002-2004 a 2009-2011 (oś OY) w odniesieniu do poziomu nawożenia mineralnego NPK z lat 2002-2004 (oś OX) w województwach Polski oraz stopień nachylenia linii trendu tych zmian (polaryzacji)

Źródło: Kopiński, 2013 (15).

Bilans azotu brutto „na powierzchni pola” jako wskaźnik zagrożeń środowiskowych

Wprowadzenie na początku XX wieku nawozów mineralnych zwiększyło znacznie produktywność sektora rolniczego oraz spowodowało zmiany w sposobie użytkowania i zagospodarowania gleby. Procesy te wraz z uprzemysłowieniem i emisją gazów zarówno z sektora rolniczego jak i przemysłowego, przyczyniły się do degradacji środowiska naturalnego i to na skalę globalną (8). We współczesnym rolnictwie postindustrialnym coraz większego znaczenia nabierają jego funkcje użyteczności społecznej (będące odzwierciedleniem relacji zachodzących pomiędzy wartością środowiska – jako dobra publicznego, a wartością prowadzonej w tym środowisku produkcji rolniczej). Działalność rolnicza powoduje znaczącą ingerencję w naturalny obieg składników pokarmowych, głównie poprzez intensyfikację produkcji. Azot dopływa do rolnictwa głównie w nawozach mineralnych i naturalnych. Nie bez znaczenia są także ilości dostarczane w formie opadu atmosferycznego, azotu związanego przez bakterie wolnożyjące i bakterie symbiotyczne oraz azotu w białku pasz importowanych. Z punktu widzenia oddziaływania azotu na środowisko bardziej interesujące niż suma dopływu składnika jest saldo bilansu rozumiane jako różnica pomiędzy dopływem ze wszystkich źródeł i odpływem w produktach roślinnych zabieranych z pola („bilans na powierzchni pola”) lub produktach rolnych sprzedawanych z gospodarstwa („bilans u wrót gospodarstwa”).

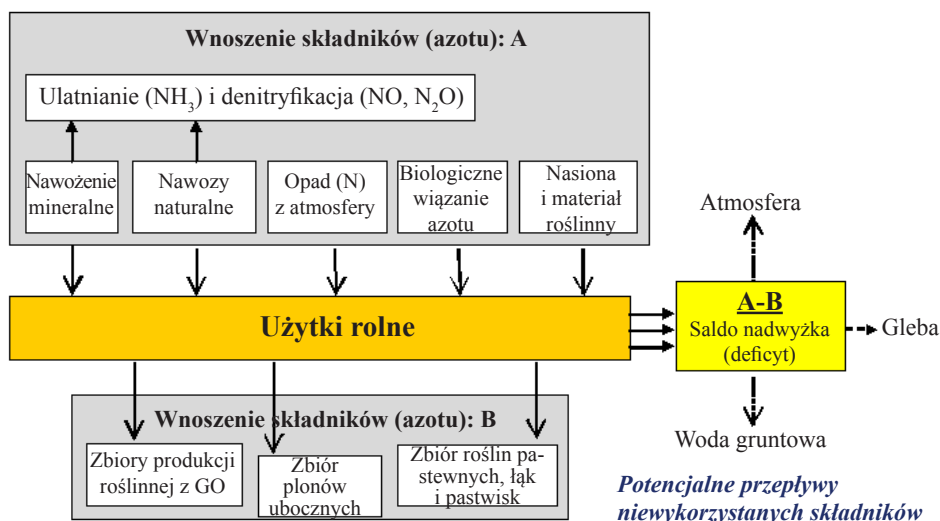
Środowiskowe skutki wysokiej intensywności produkcji rolniczej ujawniają się w mierzalny sposób w zmianie wskaźników żyzności gleby oraz w składzie wód gruntowych. Saldo bilansu składników mineralnych świadczy o poprawności gospodarowania nimi i jest jednym z najważniejszych wskaźników agrośrodowiskowych (14). W bilansie sporządzanym metodą „na powierzchni pola” po stronie przychodów uwzględnia się ilość składników w nawozach mineralnych i naturalnych, ilość składników wprowadzanych z materiałem siewnym (sadze-niakowym), a w przypadku azotu również opad z atmosfery i wiązanie biologiczne. Po stronie rozchodów uwzględnia się ilość składnika zabieraną z pola z plonami roślin (rys. 5). Dzięki jednolitej metodyce możliwe jest dokonywanie porównań regionalnych, pomiędzy poszczególnymi państwami (tab. 3). Po wejściu Polski do struktur UE, obserwujemy wzrostowy trend salda azotu brutto, wynikający w znacznym stopniu ze wzrostu intensywności produkcji roślinnej, mierzonej zużyciem azotowych nawozów mineralnych. Aktualnie wielkość salda azotu w Polsce jest zbliżona, lub nawet przewyższa wartości dla niektórych państw UE (tab. 3).

Tabela 3

Saldo bilansu azotu brutto ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR) Polsce w odniesieniu do średnich wskaźników w UE

ROK	Polska	UE-15	UE-25	UE-27
2005	63,9	58	56	51
2006	54,7	57	55	53
2007	62,7	56	53	49
2008	49,0	60	55	50

Źródło: opracowanie na podstawie danych Eurostatu (7).



Rysunek 5. Główne elementy bilansu azotu brutto (N) obliczanego metodą OECD

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych OECD (6).

Przeciętne saldo bilansu azotu w Polsce w latach 2005-2008, było zbliżone do poziomu krajów UE15 i wynosiło $58 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR. W krajach UE-15 saldo bilansu azotu ulega jednak systematycznemu zmniejszaniu, natomiast w Polsce w ostatnich latach wzrosło i przekroczyło poziom $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 3). Znaczący spadek wielkości salda miał miejsce w Polsce w okresie intensywnej przemian gospodarczych i tzw. transformacji ustrojowej na początku lat 90. (tab. 4). Obok salda bilansu azotu ważnym wskaźnikiem intensywności produkcji jest stopień efektywności wykorzystania składnika, rozumiany jako iloraz całkowitego (ze wszystkich źródeł) dopływu i całkowitego odpływu. Jest to wskaźnik podobny do wskaźnika zwanego nawozochłonnością produkcji roślinnej.

Z tabeli 4 wyraźnie wynika, że od początku lat 90-tych nastąpiło przejście od intensywnego modelu produkcji rolnej charakteryzującego się dużym zużyciem nawozów azotowych, dużą obsadą zwierząt i małym zużyciem pasz przemysłowych na model bardziej ekstensywny, w większym stopniu nastawiony na wydajność jednostkową i jakość produkcji. Obecnie, począwszy od 2006 roku, saldo bilansu azotu w Polsce uległo zwiększeniu, a główną tego przyczyną jest zwiększające się zużycie nawozów azotowych obok zbyt małego postępu w wydajności jednostkowej produkcji roślinnej. Z badań IUNG-PIB (19) wynika, że w latach 2006-2011 w Polsce wielkość potencjalnie utraconej produkcji roślinnej tylko z powodu nieuregulowanego odczynu gleb wyniosła rocznie średnio $4,3 \text{ j. zb}\cdot\text{ha}^{-1}$ UR w dk i była na ogół dwukrotnie większa niż potencjalna produkcja tracona z powodu niekorzystnych warunków pogodowych. W aspekcie środowiskowym konsekwencją tego stanu jest migracja niewykorzystanych w procesie produkcji składników nawozowych do wód powierzchniowych i gruntowych. Szczególnie niebezpieczne są biogenne związki azotu i fosforu. Obecnie wielkość możliwych strat składników nawozowych spowodowanych nieuregulowanym odczynem gleb w Polsce szacuje się na ok. 25 kg NPK z 1 ha (w tym blisko połowę stanowią związki azotu) (19). Oczywiście istnieją możliwości ograniczenia tych strat przez zabieg wapnowania, gdyż uregulowanie odczynu gleb prowadziłoby do poprawy plonowania roślin (wzrostu produktywności) i lepszego wykorzystania składników nawozowych, czyli spadku nawozochłonności.

Zarówno poszczególne elementy bilansu azotu jak i jego saldo są znacznie zróżnicowane regionalnie (tab. 5). Bardzo duże nadwyżki bilansowe azotu występują w województwach kujawsko-pomorskim, łódzkim i wielkopolskim, w których należy oczekiwać dużej presji na środowisko ze strony nadmiaru azotu.

Wybrane elementy bilansu azotu brutto w Polsce w latach 1985-2012

Wyszczególnienie	Średnia z lat:									
	1985-1987	1988-1990	1991-1993	1994-1996	1997-1999	2000-2002	2003-2005	2006-2008	2009-2012	
Nawożenie mineralne azotem w kg N·ha ⁻¹ UR	70,2	73,5	36,4	45,0	49,4	49,9	54,2	68,0	72,6	
Obsada zwierząt inwentarskich w DJP·ha ⁻¹ UR	67,0	65,5	58,7	51,9	51,2	43,9	43,4	44,0	47,3	
Wynoszenie azotu w zbiorach roślin towarowych w kg N·ha ⁻¹ UR	34,6	36,7	32,1	32,5	34,7	33,8	37,3	38,0	43,6	
Wynoszenie azotu w zbiorach roślin pastewnych oraz TUZ w kg N·ha ⁻¹ UR	39,5	36,4	27,3	24,6	26,2	22,4	22,1	24,9	29,1	
Saldo bilansu azotu brutto w kg N·ha ⁻¹ UR	65,9	68,0	38,4	42,5	41,9	44,3	47,5	59,2	56,9	
Efektywność wykorzystania azotu (odpływ/dopływ x 100) w %	56,2	55,3	64,2	60,7	62,2	58,8	58,0	54,0	58,3	

Źródło: Opracowanie własne oraz dane GUS (25).

W województwach z wysokimi nadwyżkami azotu wykorzystanie składnika jest gorsze od średniej wartości dla Polski. Natomiast niskie saldo azotu w województwach małopolskim i podkarpackim związane jest ze słabym plonowaniem roślin. Nadwyżki bilansowe na poziomie szacowanego opadu azotu z atmosfery (17 kg·ha⁻¹ UR) mogą skutkować zubożeniem gleb prowadząc do spadku ich żyzności, a następnie degradacji. Cele produkcyjne (plony roślin) w relacji do celów środowiskowych oceniane przez pryzmat wyników bilansu azotu i jego wykorzystania są obecnie najlepiej łączone w województwach: dolnośląskim, lubelskim, podlaskim i świętokrzyskim. Choć na przestrzeni 10 lat wyniki bilansu i ich wymowa ulegają bardzo dużej fluktuacji.

W województwach wyróżniających się wysokim dodatnim saldem bilansu azotu na pola uprawne wnoszone są znaczne ilości składnika, zarówno w nawozach mineralnych jak i naturalnych (pochodna wysokiej dostawy pasz przemysłowych), które pomimo wysokiej intensywności produkcji roślinnej, z różnych powodów – słabe gleby, zakwaszenie, warunki pogodowe – nie są w wystarczającym stopniu wykorzystywane. Istotne znaczenie ma tu poziom zużycia nawozów mineralnych i na-turalnych. Te dwa źródła stanowią obecnie w Polsce ponad 80% przychodu składnika. Najwyższą dynamikę zmian, widocznych zarówno w układzie przestrzennym i cza-sowym, stwierdza się w poziomie zużycia mineralnych nawozów azotowych (rys. 6). Największy przyrost zużycia azotowych nawozów mineralnych (szacowany na 30-60%) miał miejsce, w ostatnich 11 latach w województwach: dolnośląskim, mazowieckim, opolskim i wielkopolskim.

Tabela 5

Bilans azotu brutto dla Polski i województw, średnia z lat 2010-2012 na tle lat 2002-2004

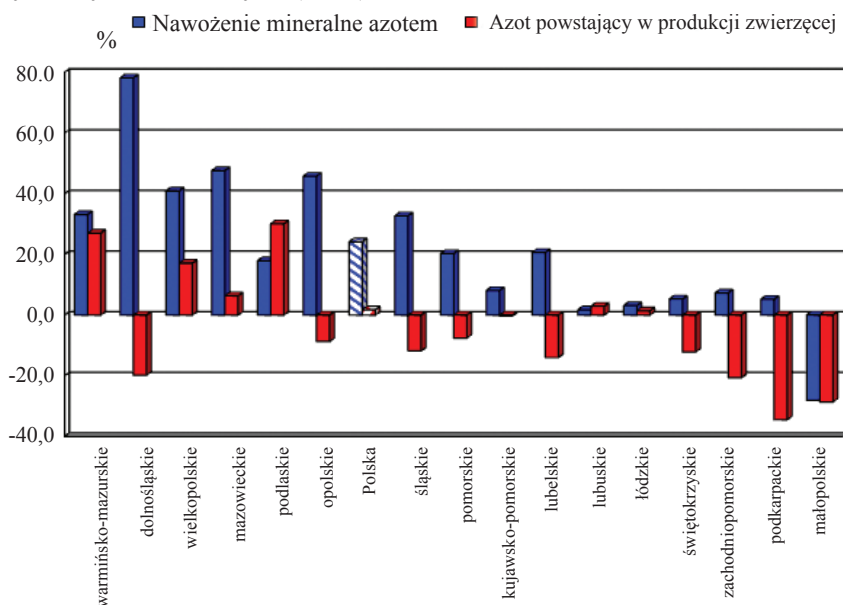
Województwo	Wartości elementów bilansu w kg N·ha ⁻¹ UR, lata 2010-2012						Zmiana salda w odniesieniu do lat 2002-2004 (%)	Efektywność wykorzystania N (odpływ/dopływ) w latach 2010-2012	Zmiana efektywności w odniesieniu do lat 2002-2004 (%)
	wnoszenie (dopływ)		w tym nawożenie:		wyniesienie (odpływ)	różnica (saldo)			
	ogółem (razem)	mineralne	mineralne	naturalne					
Dolnośląskie	131,6	92,4	14,3	82,7	48,8	196,9	62,9	-21,9	
Kujawsko-pomorskie	167,3	97,0	43,1	89,2	78,1	-0,6	53,3	8,7	
Lubelskie	115,5	63,0	26,2	69,6	45,9	12,3	60,2	0,4	
Lubuskie	114,5	66,1	23,1	63,6	50,9	-17,3	55,6	34,8	
Łódzkie	148,0	75,9	46,4	77,8	70,2	0,0	52,6	16,1	
Małopolskie	94,0	34,9	33,6	76,1	17,9	-49,8	81,0	26,2	
Mazowieckie	130,7	59,5	45,5	75,4	55,2	32,8	57,7	-0,6	
Opolskie	170,4	117,6	28,0	106,0	64,5	59,7	62,2	-9,2	
Podkarpackie	84,4	36,3	23,2	65,2	19,2	-14,0	77,2	8,9	
Podlaskie	141,6	56,1	60,4	91,9	49,7	6,8	64,9	10,1	
Pomorskie	140,0	83,7	29,5	76,8	63,2	17,0	54,9	4,0	
Śląskie	134,8	70,9	38,9	78,5	56,3	54,7	58,3	-6,6	
Świętokrzyskie	113,0	53,0	32,5	64,9	48,1	18,3	57,4	1,0	
Warmińsko-mazurskie	142,9	73,6	42,2	87,2	55,7	26,8	61,0	4,1	
Wielkopolskie	181,2	92,7	61,6	89,9	91,3	32,8	49,6	-3,4	
Zachodniopomorskie	128,5	85,6	15,0	72,7	55,8	8,0	56,6	13,0	
Polska	138,2	73,4	38,6	80,2	58,0	19,9	58,0	2,8	

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS (25).

Znaczące ograniczenie zużycia azotu w nawozach mineralnych nastąpiło tylko w województwie małopolskim. Wahaniom ulega także pula azotu dostarczana w nawozach naturalnych, przy zaznaczającym się trendzie polaryzacji. W województwach mających niską obsadę zwierząt pogłębia się spadek pogłowia i przybywa gospodarstw bezinwentarzowych. Procesy te przebiegają zgodnie z zasadą określoną przez A n d r e a e (3) „ekstensywnie organizować, intensywnie produkować”. Nasilają się także procesy specjalizacji i koncentracji produkcji, które dość wyraźnie zaznaczają się w ocenie mniejszych jednostek administracyjnych czy gospodarstw. Z „symbolicznej” produkcji zwierzęcej rezygnują także gospodarstwa nastawione tylko na „samozaopatrzenie”.

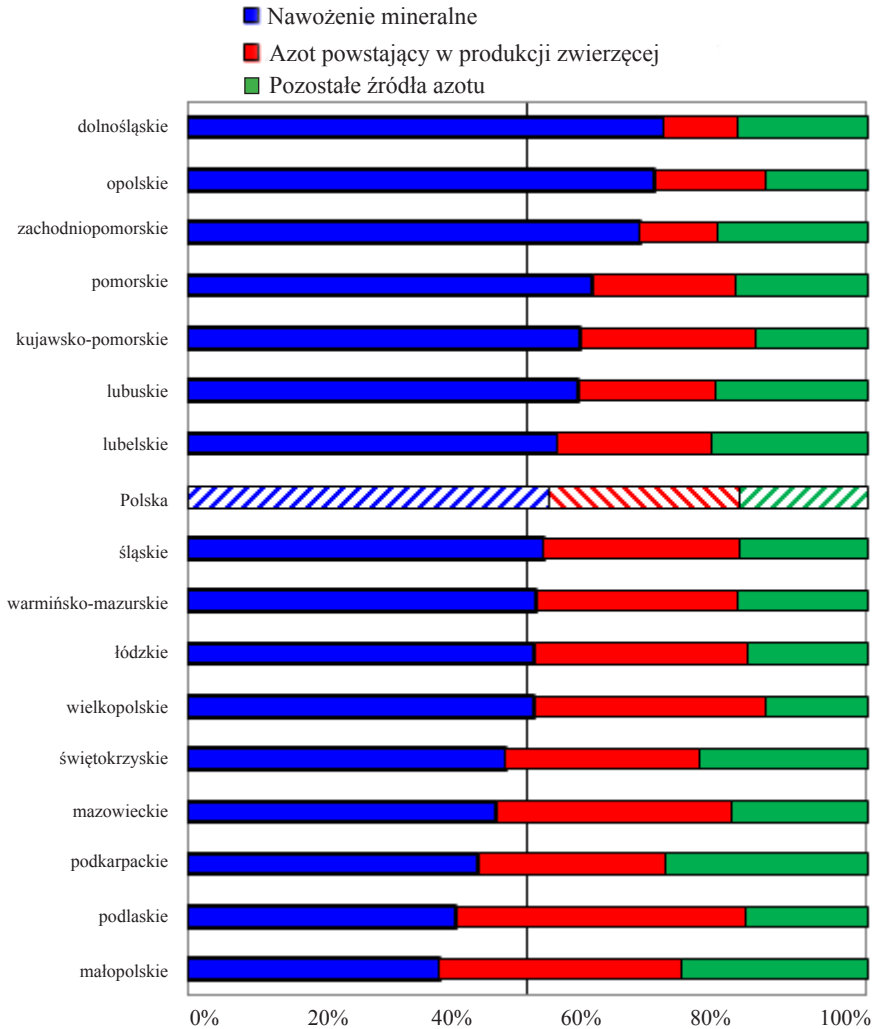
Analizując strukturę wnoszenia azotu również obserwuje się dość wyraźne zróżnicowanie regionalne (rys. 7). Tylko w województwie podlaskim udział azotu pochodzenia zwierzęcego jest większy od ilości azotu wnoszonego w postaci nawozów mineralnych na powierzchnię użytkowaną rolniczą (w dobrej kulturze). Znaczący udział (25% lub więcej) w strukturze przychodowej bilansu azotu województw: małopolskiego, podkarpackiego i świętokrzyskiego, stanowi azot z pozostałych źródeł.

Zróżnicowanie regionalne widoczne jest także w przypadku strony rozchodowej (wynoszenia) bilansu azotu (rys. 8). Oczywiście jej kształt zależy przede wszystkim od struktury użytkowania ziemi, a także jej produktywności. W województwach: małopolskim, mazowieckim oraz warmińsko-mazurskim, wiodących w chowie bydła oraz w województwie małopolskim znaczna ilość azotu pobierana i wynoszona jest w zbiorach roślin pastewnych uprawianych na gruntach ornych (GO) i w zbiorach z trwałych użytków zielonych (TUZ).



Rysunek 6. Zmiany w puli azotu w nawozach mineralnych i powstającego w trakcie produkcji zwierzęcej pomiędzy latami 2002-2004 a 2010-2012

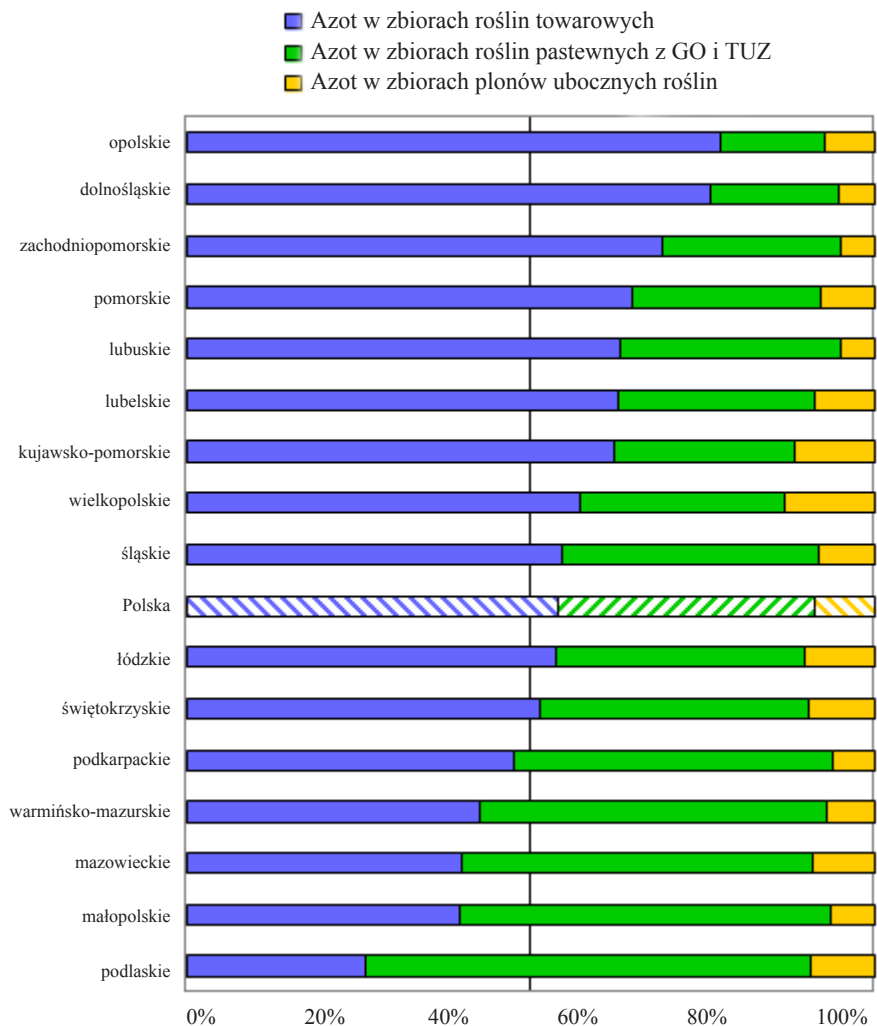
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 7. Udział głównych źródeł wnoszenia (wpływu) azotu w przychodowej stronie bilansu azotu brutto dla Polski i województw w latach 2010-2012

Źródło: opracowanie własne.

W Polsce, w latach 2009-2011, globalna produkcja roślinna z powierzchni wykorzystywanej rolniczo osiągnęła średnio 39 j. zb.·ha⁻¹ UR w dk, po wzroście tylko o 5 j. zb. w porównaniu do lat 2002-2004. Mimo ponad dwukrotnie wyższego poziomu plonowania roślin w grupie województw z najbardziej intensywną produkcją roślinną niż w województwach o ekstensywnym charakterze tej produkcji, istniejące dotychczas i tak duże różnice regionalne uległy dalszemu pogłębieniu (polaryzacji) (15).



Rysunek 8. Udział głównych źródeł wynoszenia (odpływu) azotu w rozchodowej stronie bilansu azotu brutto dla Polski i województw w latach 2010-2012

Źródło: opracowanie własne.

Ocena zawartości azotu mineralnego w glebach i stężeń azotanów w wodach glebowo-gruntowych

Niewykorzystany przez rośliny azot, pozostający w glebie po zbiorach jest podatny na wymywanie przez wody opadowe. W okresie jesienno-zimowym gleba jest nasycona wodą, a jej nadmiar odpływa z profilu glebowego zasilając wody podziemne. Wraz z wodą drenującą w dół profilu glebowego przemieszczają się rozpuszczone w niej związki azotu. Im większa jest zatem zawartość azotu mineralnego w glebie

jesienią, tym większe ryzyko zanieczyszczenia wód azotanami. Niestety wyniki badań monitoringowych wskazują, że zasoby azotu mineralnego w glebach jesienią na przestrzeni ostatnich lat uległy zwiększeniu (tab. 6). W zależności od kategorii agronomicznej gleby przyrost zawartości azotu mineralnego w glebie wynosi od 18 do 31 kg N·ha⁻¹. W tym czasie tj. od 1997 do 2012 r. zużycie nawozów mineralnych wzrosło o 23 kg N·ha⁻¹, a saldo składnika zwiększyło się o 15 kg N·ha⁻¹ (tab. 4).

Tabela 6

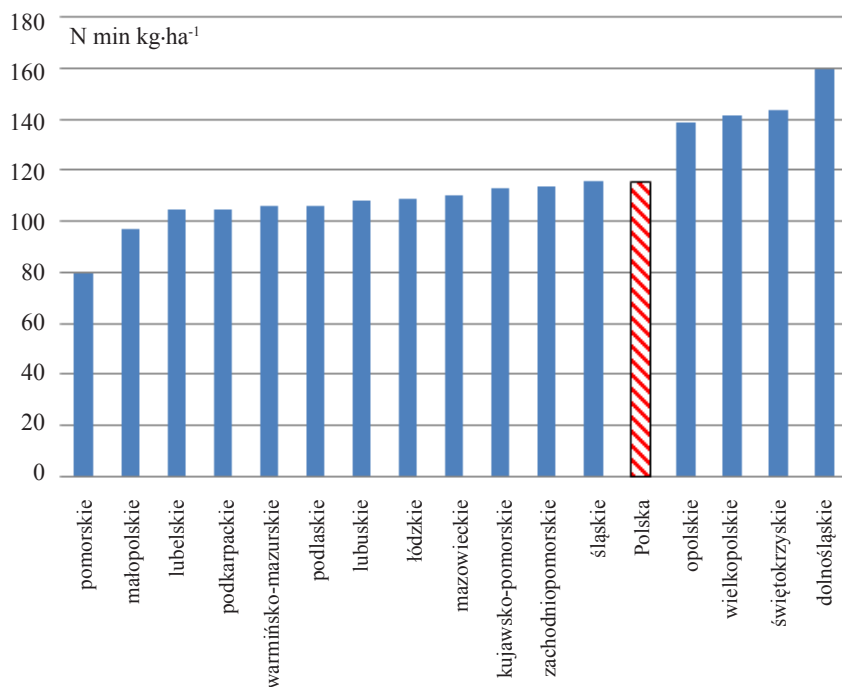
Przeciętne zawartości azotu mineralnego N_{min} w kg·ha⁻¹ w profilu gleby do 90 cm

Kategoria agronomiczna gleby	Lata:	
	1997-2006	2008-2011
Bardzo lekka	79	105
Lekka	90	121
Średnia	95	115
Ciężka	96	114

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań monitoringowych.

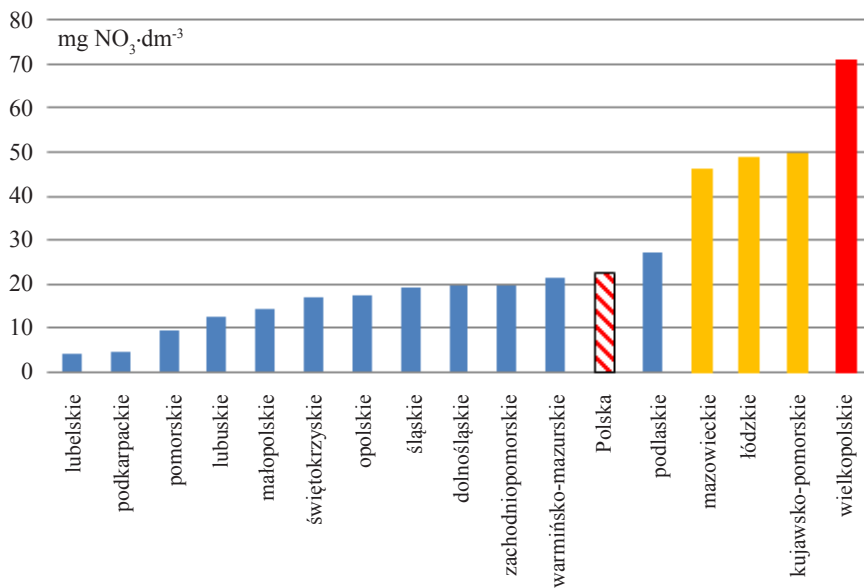
Na rys. 9 przedstawiono przeciętne zawartości azotu mineralnego w profilu gleby do głębokości 90 cm w okresie jesieni w latach 2008-2011 w poszczególnych województwach. Wyniki pochodzą z badań monitoringowych prowadzonych przez IUNG-PIB we współpracy z Krajową Stacją Chemiczno-Rolniczą. Największe zasoby azotu stwierdza się w województwach: dolnośląskim, świętokrzyskim, wielkopolskim i opolskim. Jest to azot potencjalnie podatny na straty w wyniku wymywania w okresie jesienno-zimowym. Jednak o rzeczywistych stratach azotu decyduje szereg czynników, z których najważniejsze to: ilość opadów atmosferycznych w okresie od jesieni do wiosny, właściwości retencyjne gleb, zamarzanie i rozmarzanie gleb, pokrycie roślinnością etc.

Przeciętne stężenie azotanów w wodach glebowo-gruntowych na głębokości ok. 90 cm przedstawiono na rysunku 10. Stężenie to, w monitorowanych punktach, na obszarze województwa wielkopolskiego w latach 2008-2011 przewyższało poziom 50 mg NO₃·dm⁻³, a w województwach: mazowieckim, łódzkim i kujawsko-pomorskim było wyższe niż 40 mg NO₃·dm⁻³. Zgodnie z Dyrektywą Azotanową (5) wody zawierające powyżej 50 mg NO₃·dm⁻³ uznaje się za zanieczyszczone azotanami, zaś wody zawierające powyżej 40 mg NO₃·dm⁻³, jako zagrożone zanieczyszczeniem. Wyniki badań monitoringowych wskazują, że na obszarze wskazanych województw centralnej Polski produkcja rolna w znaczący sposób oddziałuje na środowisko wodne.



Rysunek 9. Przeciętne zawartości azotu mineralnego (N_{\min}) w glebie do 90 cm w okresie jesieni w latach 2008-2011

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań z monitoringu.



Rysunek 10. Przeciętne zawartości azotanów ($\text{mg N-NO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$) w wodach glebowo-gruntowych w latach 2008-2011

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań z monitoringu.

Podsumowanie

Potencjał produkcyjny polskiego przemysłu chemicznego w odniesieniu do nawozów azotowych przekracza 1,8 mln ton, z czego znaczna ilość (ok. 30%) jest eksportowana. Dominującymi nawozami w strukturze zużycia nawozów azotowych są nawozy saletrzano-amonowe (saletry, saletrzak) i mocznik.

Z analizy długoterminowego trendu wynika, że roczny przyrost zużycia nawozów w Polsce wynosi ok. $2,0 \text{ kg}\cdot\text{N ha}^{-1} \text{ UR}$ w dk. Stosunek składników pokarmowych N:P:K w stosowanym nawożeniu mineralnym ulega stale poszerzeniu na rzecz azotu. Ze względów produkcyjnych, ale też środowiskowych jest to zjawisko niekorzystne, gdyż prowadzi do zubożenia gleby w przyswajalne formy fosforu i potasu, a także do spadku efektywności działania nawozów azotowych, szczególnie w kontekście postępującego zakwaszenia gleb. Wzrostowy trend w intensywności produkcji rolniczej w Polsce jest sprzeczny z tendencjami obserwowanymi w większości krajów UE, w tym w UE-15. Sytuacja w Polsce jest o tyle niepokojąca, że w ostatnich latach tendencji tej na ogół nie towarzyszył równie dynamiczny wzrost plonowania roślin. W roku 2012 przeciętna wydajność roślin mierzona w jednostkach zbożowych wzrosła w porównaniu do roku 2002 tylko o 19%, podczas gdy w tym samym czasie zużycie nawozów azotowych mineralnych wzrosło o 48%.

Charakterystyczną cechą polskiego rolnictwa jest duże zróżnicowanie regionalne, w tym intensywności produkcji, produktywności i efektywności rolniczej. Różnice poziomu poszczególnych wskaźników, w tym także dotyczące poziomu zużycia azotu w nawozach mineralnych, pomiędzy województwami są często ponad dwukrotne.

W Polsce w ostatnich latach, w przeciwieństwie do krajów UE, saldo bilansu azotu rosło i przekraczało poziom $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$ w dk. Główną przyczyną rosnącego salda azotu jest zwiększające się jego zużycie w nawozów azotowych, obok zbyt małego postępu wydajności jednostkowej produkcji roślinnej.

Aktualnie bardzo duże nadwyżki bilansowe azotu występują w województwach: kujawsko-pomorskim, łódzkim i wielkopolskim. Świadczy to o dużej presji na środowisko ze strony nadmiaru azotu, co potwierdzają wyniki badań wód glebowo-gruntowych. Z kolei względnie korzystnie pod tym względem może wyglądać sytuacja w województwach małopolskim i podkarpackim, w których mała presja ze strony nadmiaru azotu wiąże się także z małymi plonami roślin. Stosunkowo niewielkie nadwyżki azotu na poziomie opadu atmosferycznego ($17 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$) wskazują na procesy ubożenia gleb i spadku ich żyzności. Cele produkcyjne (plony roślin) w relacji do celów środowiskowych (umiarkowane saldo bilansu i dobre wykorzystanie dopływającego azotu), oceniane przez pryzmat wyników bilansu azotu, są obecnie najlepiej łączone w województwach: dolnośląskim, lubelskim, podlaskim i świętokrzyskim. Natomiast w czterech województwach centralnej Polski zawartość azotanów w wodach glebowo-gruntowych przewyższa wartości dopuszczalne wg Dyrektywy Azotanowej.

Literatura

1. Annual Statistics and Forecast 2011: Forecast of food, farming and fertilizer use 2011-2021. Fertilizers Europe, 2012. Vol. 1: ss. 113.
2. Annual Statistics and Forecast 2011: Forecast of food, farming and fertilizer use 2011-2021. Fertilizers Europe, 2012. Vol. 2: ss. 161.
3. Andrzej B.: Ekstensywnie organizować – intensywnie gospodarować. PWRiL, Warszawa, 1974, ss. 121.
4. Bulowska M.: Efekty WPR w odniesieniu do rolnictwa. [w:] Wigier M. (red.) Analiza efektów realizacji polityki rolnej wobec rolnictwa i obszarów wiejskich. IERiGŻ-PIB (PW 2011-2014). Warszawa 2011, 26: 56-80.
5. Dyrektywa Rady 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991
6. Environmental Indicators for Agriculture. Publications Service. OECD, Paris, 2006, vol. 4, chapter 3.
7. Eurostat. <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do> (data dostępu 28.06.2013)
8. Fotyma M., Igras J., Kopiński J.: Chapter: Nitrogen utilization and diffuse losses in agricultural crop production. Praca zbiorowa pod redakcją J. Igrasa i M. Pastuszak „Temporal and spatial differences in emission of nitrogen and phosphorus from Polish territory to the Baltic Sea”. Wyd. IUNG-PIB Puławy, MIR Gdynia, 2012: 111-159.
9. Fotyma M., Igras J., Kopiński J.: Produkcyjne i środowiskowe uwarunkowania gospodarki nawozowej w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy, 2009, 14: 187-206.
10. Fotyma M., Igras J., Kopiński J., Podyma W.: Ocena zagrożeń nadmiarem azotu pochodzenia rolniczego w Polsce na tle innych krajów europejskich. Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy, 2010, 20: 53-75.
11. Gospodarka materiałowa w 2008-2010 roku. Informacje i opracowania statystyczne. GUS, Warszawa 2009-2011.
12. Igras J. Potencjał polskiego przemysłu nawozowego na tle Unii Europejskiej. Raporty PIB, IUNG-PIB Puławy, 2006, 2: 9-24.
13. Igras J., Kopiński J., Matyka M., Ochala P.: Zużycie nawozów mineralnych w Polsce w układzie regionalnym. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2010, 25: 9-19.
14. Kopiński J.: Bilans azotu brutto, jako agrośrodowiskowy wskaźnik zmian intensywności produkcji rolniczej w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. Olsztyn, 2010, 547: 185-191.
15. Kopiński J.: Stopień polaryzacji intensywności i efektywności produkcji rolniczej w Polsce w ostatnich 10 latach. Roczn. Nauk. SERiA, Rzeszów 2013, t. 15, z. 1: 97-103.
16. Kopiński J.: Tendencje zmian intensywności produkcji rolniczej w Polsce w aspekcie oddziaływań środowiskowych. Zesz. Nauk. SGGW, Warszawa, seria Problemy Rolnictwa Światowego, 2011, 11(4): 95-104.
17. Kopiński J.: Wyniki bilansu azotu brutto w Polsce na tle zmian intensywności produkcji rolniczej. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2010, 20: 39-51.
18. Kopiński J.: Zróżnicowanie nawożenia jako miara intensywności produkcji roślinnej w regionach. Wieś Jutra, Warszawa, czerwiec 2006, 6(95): 15-17.
19. Kopiński J., Nieróbcza A., Ochala P.: Ocena wpływu warunków pogodowych i zakwaszenia gleb w Polsce na kształtowanie produktywności roślinnej. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. 2013, t. 13, z. 2(42): 53-63.
20. Kopiński J., Krasowicz S.: Regionalne zróżnicowanie warunków produkcji rolniczej w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2010, 22: 9-29.
21. Kulawik J., Kagan A., Wieliczko B.: Czy równe dopłaty bezpośrednie w UE byłyby sprawiedliwe? 2012. http://www.ierigz.waw.pl/download/5511-Kulawik_Kagan_Wieliczko.pdf (Data dostępu 11.01.2013).
22. Matyka M.: Tendencje w zużyciu nawozów mineralnych w Polsce na tle Unii Europejskiej. Roczn. Nauk. SERiA, Rzeszów 2013, t. 15, z. 3: 237-241.

-
23. Rocznik Statystyki Międzynarodowej 2009: GUS, Warszawa 2010.
 24. Rynek środków produkcji dla rolnictwa. IERiGŻ-PIB, Warszawa 2012, nr 40.
 25. Środki produkcji w rolnictwie w latach 2001-2012. GUS, Warszawa 2002-2013.
-

Adres do korespondencji:

*dr Tamara Jadczyszyn
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: 81 886 34 21 w. 298
e-mail: tj@iung.pulawy.pl*

