

Jerzy Kopiński, Piotr Ochal, Tamara Jadczyzyn

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

PRODUKCYJNE I ŚRODOWISKOWE ASPEKTY
GOSPODAROWANIA FOSFOREM*

Słowa kluczowe: gospodarowanie fosforem, nawozy mineralne, zasobność gleb,
bilans fosforu, zróżnicowanie regionalne

Wstęp

Fosfor występuje w przyrodzie w formie związków nieorganicznych i organicznych przede wszystkim w postaci ortofosforanów. W organizmach żywych jest składnikiem wielu związków organicznych pełniących funkcje strukturalne i funkcjonalne. Należy zatem do najważniejszych składników plonotwórczych. Składnik ten wprowadzony do środowiska w nadmiarze może być usunięty tylko w procesie remediacji. W rolnictwie proces ten w sposób naturalny zachodzi poprzez sprzedaż produktów roślinnych i zwierzęcych (27). W intensywnym rolnictwie pobierany w dużych ilościach fosfor musi być uzupełniany poprzez nawożenie. Gospodarowanie z ujemnym saldem składnika może bowiem prowadzić do wyczerpania dostępnych, a w dalszej kolejności zapasowych form fosforu, jakimi są fosforany glinu, żelaza, wapnia i magnezu oraz połączenia z minerałami ilastymi i materią organiczną (9). Na glebach mało zasobnych stosowanie niskich dawek nawozów fosforowych może stać się czynnikiem minimum, silnie ograniczającym wielkość plonów uprawianych roślin oraz zmniejszającym efektywność techniczną i ekonomiczną nawożenia (5).

Z uwagi na małą mobilność związków fosforu jest on mniej narażony na straty z produkcji rolniczej. W warunkach normalnego (zrównoważonego) gospodarowania straty fosforu są znikome i nie istotne z praktycznego punktu widzenia (21, 28). Przemieszczanie fosforu w dół profilu glebowego może nastąpić w sytuacji przekroczenia pojemności sorpcyjnej gleby, czyli w warunkach bardzo wysokiej

*Opracowanie wykonano w ramach zadania 3.1 w programie wieloletnim IUNG-PIB

zawartości składnika. Rozpraszanie fosforu związanego z cząsteczkami gleby następuje głównie w wyniku zmywu powierzchniowego, rzadziej w wyniku erozji wietrznej. Z badań S a p k a (26) wynika, że łączne straty fosforu na drodze wymywania z gleby i na skutek zmywów powierzchniowych można szacować na poziomie 23,5 tys. t P, tj. ok. 1,5 kg P z 1 ha w ciągu roku.

Nadmierna kumulacja fosforu w środowisku wodnym przyczynia się do nasilenia procesów eutrofizacji (11).

Ogólnie zasobność gleb Polski w przyswajalny fosfor ocenia się, jako niezadowalającą (5), jednak ze względów środowiskowych ważny jest także udział gleb o wysokiej i bardzo wysokiej zawartości w ten składnik, gdzie może występować ryzyko zanieczyszczenia wód.

W ostatnich latach produkcja nawozów fosforowych w Polsce waha się w przedziale 200-650 tys. t P_2O_5 (8, 22). Zużycie fosforu, podobnie jak azotu, w ostatnich latach wykazuje tendencję wzrostową z jednoczesną dużą dynamiką zmian (10, 18). Niewątpliwie w znacznym stopniu przyczynia się do tego wsparcie w ramach realizowanej Wspólnej Polityki Rolnej (WPR) Unii Europejskiej, mające coraz większy wpływ na kształtowanie dochodów w rolnictwie (7). Znaczna część tych środków kierowana jest do dostawców środków produkcji, w tym do producentów nawozów mineralnych (11).

Celem pracy jest ocena gospodarowania fosforem w Polsce na przestrzeni ostatnich lat w aspekcie produkcyjnym i środowiskowych, z uwzględnieniem zróżnicowania regionalnego.

Struktura zużycia mineralnych nawozów fosforowych

Nawozy fosforowe są wytwarzane w około 60 krajach, a poziom światowej produkcji przekracza ponad 40 mln ton w przeliczeniu na czysty składnik (P_2O_5). Ponieważ obecnie handel gotowymi nawozami jest bardziej opłacalny niż handel półproduktami, produkcja nawozów fosforowych bardzo często koncentruje się w rejonach wydobywania fosforytów. Niekwestionowanym liderem w produkcji nawozów fosforowych od 2002 roku są Chiny. Systematycznie zwiększa się też stopień koncentracji produkcji nawozów fosforowych, gdyż udział pięciu największych producentów nawozów fosforowych zwiększył się z 67 do 75% w latach 2001-2010 (31). Wielkość produkcji nawozów fosforowych w Polsce jest zbliżona do produkcji nawozów azotowych i plasuje nasz kraj na pierwszym bądź drugim miejscu w Europie (bez Rosji) (9). Potencjał produkcyjny polskiego przemysłu chemicznego w odniesieniu do nawozów fosforowych sięga blisko 700 tys. ton, co w zupełności zaspokaja popyt krajowy i umożliwia eksport ok. 40% produkcji tj. 140-170 tys. ton (tab. 1). Wyjątkiem był rok 2009 w którym, w następstwie światowego kryzysu ekonomicznego, nastąpiło załamanie zarówno produkcji, jak i eksportu. Głównym i jedynym ekonomicznie opłacalnym źródłem fosforu na ziemi są fosforyty. Polska ma ok. 4% udział w globalnym imporcie fosforytów.

Fosfor dostarczany jest na rynek w postaci prostych nawozów jednoskładnikowych (superfosfaty) oraz wieloskładnikowych. Udział nawozów wieloskładnikowych w produkcji nawozów fosforowych ogółem stanowi ponad 70%. Najpopularniejszym nawozem fosforowym jest fosforan amonu, a jego udział w produkcji ogółem wynosi około 50% (31).

Znaczny wpływ na poziom produkcji i ceny poszczególnych nawozów mineralnych, oprócz relacji podaży-popytu, ma stopień koncentracji produkcji. Prognozuje się, że w bliskiej perspektywie stymulowany przez wzrost zapotrzebowania na surowce rolne popyt na nawozy fosforowe oraz zwiększenie mocy produkcyjnych na świecie, będą wpływały na stabilizację, a nawet obniżenie cen (25). Ostatnie lata dekonjunktury skutkowały ograniczeniem zużycia nawozów mineralnych, przede wszystkim fosforowych i potasowych. Dlatego też zakłada się, że nawet po poprawie relacji ekonomicznych popyt na te nawozy będzie odbudowywał się w znacznie wolniej niż na nawozy azotowe (10).

Tabela 1

Bilans fosforowych nawozów mineralnych w przeliczeniu na czysty składnik (P_2O_5)

Lata	Przychód				Rozchód			
	ogółem	produkcja	import	zmniejszenie zapasów	ogółem	dostawy krajowe	eksport	zwiększenie zapasów
	w tys. ton							
2006	677,2	595,1	66,8	-	677,2	510,0	167,2	-
2007	730,5	649,5	77,8	15,3	730,5	558,7	171,8	-
2008	594,8	535,6	59,2	3,2	594,8	376,8	163,1	54,9
2009	344,3	241,5	51,6	51,2	344,3	297,9	46,4	-
2010	556,5	486,4	69,3	0,8	556,5	415,8	140,7	-

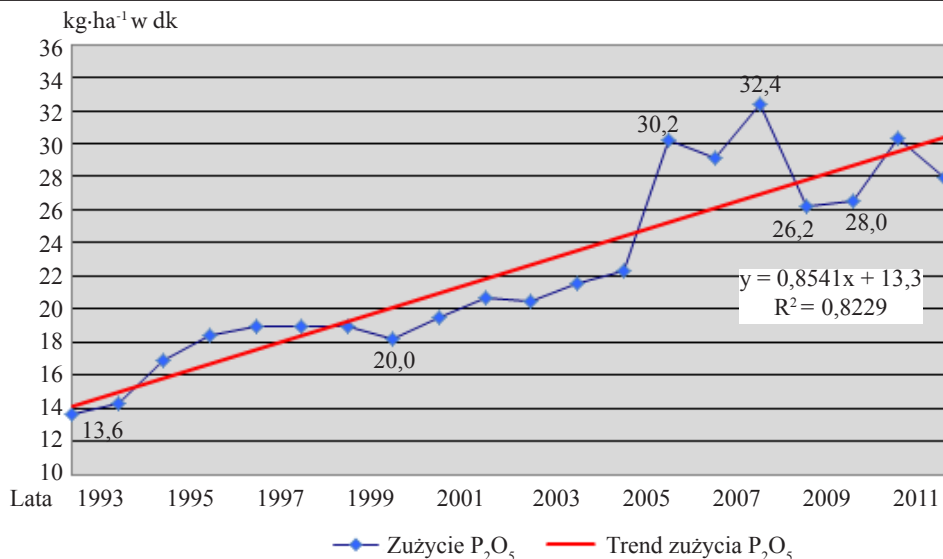
Źródło: opracowanie własne J. Kopiński na podstawie danych GUS (8).

Zmiany zużycia fosforowych nawozów mineralnych w układzie regionalnym

Zużycie nawozów mineralnych od połowy lat 90. ubiegłego wieku wykazuje w Polsce tendencję wzrostową. Zwłaszcza po wejściu Polski do struktur Unii Europejskiej nastąpiło przyspieszenie jego tempa (9). Poziom zużycia mineralnych nawozów fosforowych, po integracji Polski z UE, wynosił 322-462 tys. t (30).

Aktualnie jednostkowe zużycie fosforu (lata 2010-2012) wynosi 25,9 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ UR w dk*. Z analizy długoterminowego trendu (rys. 1) wynika, że roczny przyrost zużycia nawozów fosforowych w Polsce wynosi ok. 0,9 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ UR w dk.

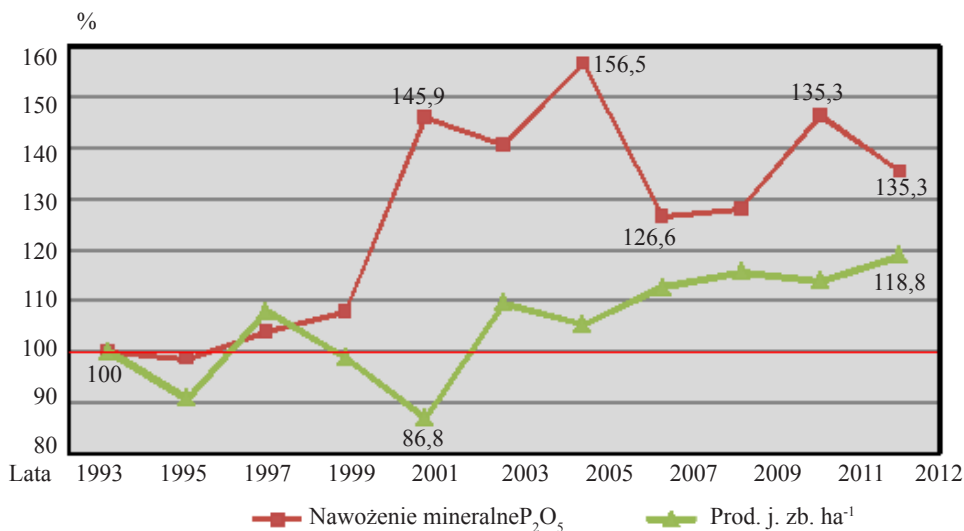
*UR w dk – użytki rolne w dobrej kulturze (użytkowane rolniczo); wg definicji GUS



Rysunek 1. Długookresowa (20-letnia) analiza trendu zmian zużycia fosforu w nawozach mineralnych w Polsce

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (30).

Dynamiczny, wzrostowy trend intensywności produkcji w Polsce, widoczny jest także w zużyciu nawozów fosforowych. Jest on jednak przeciwstawny z sytuacją w większości krajów UE. Według opracowania Ma t y k i (18), na podstawie danych międzynarodowej statystyki publicznej, pochodzących z baz Faostat i Eurostat oraz publikowanych przez Europejskie Stowarzyszenie Przemysłu Nawozowego (Fertilizers Europe) (1, 2), w Unii Europejskiej (UE-27) w latach 2002-2010 odnotowano duży spadek zużycia fosforu (P₂O₅) rzędu 0,8 kg·ha⁻¹·rok⁻¹. Ponieważ był on znacznie większy niż spadek zużycia nawozów azotowych, dlatego stosunek N:P uległ rozszerzeniu na niekorzyść fosforu. Zużycie fosforu w Polsce w latach 2002-2012 wykazuje słabą tendencję wzrostową z dynamiką 0,6 kg·ha⁻¹·rok⁻¹. Największy wzrost nawożenia fosforem, wykraczający poza długoterminowy trend, odnotowano w latach 2007-2009 (tab. 2). Na przestrzeni ostatnich sześciu lat tempo wzrostu zużycia fosforu uległo zahamowaniu. Tempo wzrostu zużycia nawozów jest bardziej dynamiczne niż wzrost plonów roślin uprawnych. Od 2002 do 2012 roku przeciętna wydajność roślin mierzona w jednostkach zbożowych (j. zb.) wzrosła o 19%, podczas gdy zużycie fosforowych nawozów mineralnych zwiększyło się aż o 35% (rys. 2). Powodem tej sytuacji jest występowanie innych czynników ograniczających plonowanie roślin, z których najważniejszym jest zakwaszenie gleb (16). Większe w stosunku do potrzeb roślin zużycie fosforu w nawozach mineralnych może wynikać z niskiej zasobności gleb w przyswajalne formy tego składnika, ale może być także spowodowane korzystnymi dla rolnictwa relacjami cenowymi.



Rysunek 2. Dynamika zmian zużycia mineralnych nawozów fosforowych i produktywności roślinnej w Polsce w latach 2002-2012. Rok 2002 = 100%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (30).

Tabela 2

Zmiany zużycia fosforu (P₂O₅) w nawozach mineralnych w poszczególnych województwach i w Polsce w latach 2004-2012

Województwa	Średnia 2004-2006		Średnia 2007-2009		Średnia 2010-2012		Zmiana zużycia P ₂ O ₅ (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	19,7	19,8	28,4	31,1	29,0	32,3	144	147
Kujawsko-pomorskie	24,3	23,2	34,8	32,4	33,9	32,8	143	140
Lubelskie	32,5	21,8	36,7	23,8	36,3	26,4	113	112
Lubuskie	11,3	23,0	11,8	25,7	9,4	21,1	105	83
Łódzkie	23,6	21,5	29,0	26,7	25,6	26,5	123	108
Małopolskie	14,1	19,6	11,4	16,9	11,1	18,7	81	78
Mazowieckie	41,5	19,4	45,2	21,6	43,3	22,3	109	104
Opolskie	15,2	27,6	18,9	33,8	20,0	39,5	124	131
Podkarpackie	12,3	16,1	10,2	14,4	9,1	15,7	83	74
Podlaskie	20,2	18,2	21,7	19,5	24,3	23,2	108	121
Pomorskie	20,0	25,3	17,2	23,2	19,1	26,2	86	95
Śląskie	10,5	21,6	10,0	23,3	9,8	25,5	95	93
Świętokrzyskie	12,1	20,7	12,0	21,6	9,9	20,0	99	81
Warmińsko-mazurskie	16,7	16,5	20,7	22,1	20,2	20,3	124	121
Wielkopolskie	41,2	23,1	53,9	30,1	56,3	31,9	131	137
Zachodniopomorskie	16,8	16,6	19,4	21,9	20,3	24,5	116	121
Polska	332,0	20,7	381,2	24,5	377,4	25,9	115	114

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS (30).

Bilans fosforu na powierzchni pola

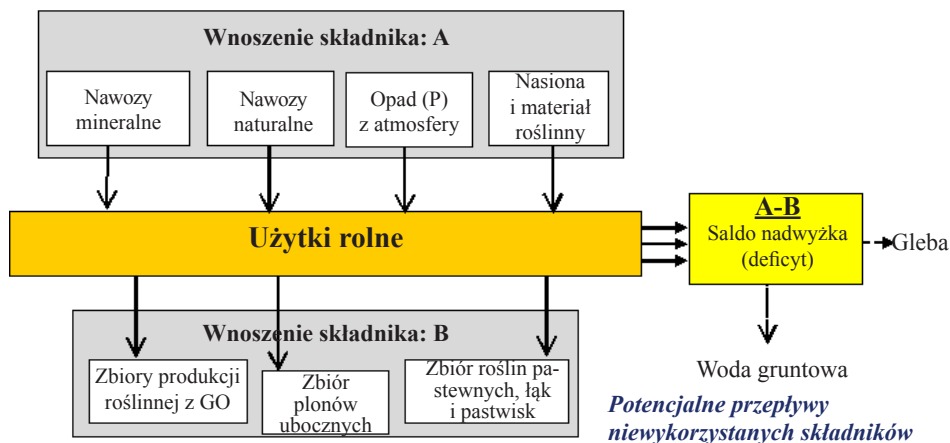
We współczesnym świecie coraz więcej uwagi poświęca się oddziaływaniu rolnictwa na środowisko naturalne. Jednym z ważniejszych mechanizmów tego oddziaływania jest rozpraszanie składników pokarmowych poza granice agrosystemów rolniczych. O ryzyku z tym związanym świadczy wartość salda bilansu składników. Jedną z powszechnie uznanych metod badania przepływów fosforu oraz oceny stopnia obciążenia środowiska tym składnikiem jest bilans sporządzany metodą zaproponowaną przez Organizację Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) (3, 13). Bilansowanie fosforu ma szczególne znaczenie w zestawieniu ze stanem zasobności gleb oraz jakością wód gruntowych i powierzchniowych (11).

Efektorem nadwyżek fosforu może być wzrost zasobności gleby, ale i pogorszenie jakości wód gruntowych i powierzchniowych. Deficyt składnika może natomiast prowadzić do zmniejszenia produktywności gleb (3).

Elementy bilansu fosforu według metody „na powierzchni pola” przyjętej przez OECD i Eurostat (3) przedstawiono na rys. 4. Według tej metody różnicę bilansową określa się pomiędzy ilością składników mineralnych wnoszonych i wynoszonych z gleb użytków rolnych. Metodyka bilansu fosforu dla kraju i województw jest podobna jak dla bilansu azotu. Jej szczegółowy opis został przedstawiony we wcześniejszych pracach K o p i ń s k i e g o (12, 13, 14) i T u j a k i (17).

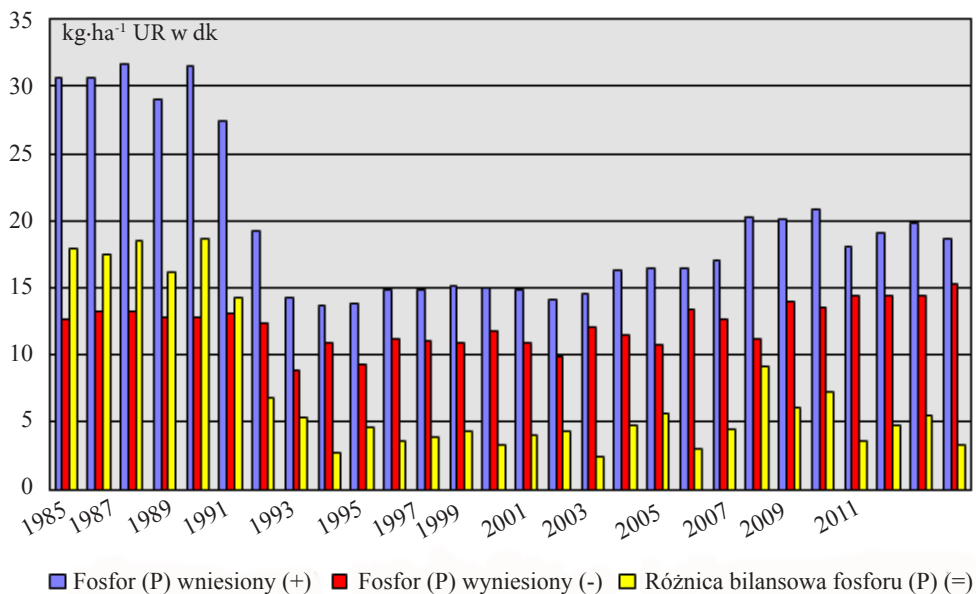
Zmiany elementów bilansu fosforu w Polsce od roku 1985 przedstawiono na rys. 5. Do początku lat 90-tych ubiegłego wieku, przed tzw. „transformacją ustrojową”, z którą wiązało się urynkowanie mechanizmów gospodarczych, nadwyżka bilansowa fosforu była dosyć duża i wynosiła 16-19 kg P·ha⁻¹ UR, co wiązało się z intensywnym nawożeniem fosforem. Zmniejszenie zużycia nawozów, głównie mineralnych, spowodowało zmniejszenie salda fosforu do poziomu 3-4 kg·ha⁻¹ UR w latach 1993-2001. W ostatnich latach saldo fosforu utrzymuje się w granicach 3-6 kg P·ha⁻¹ UR w dk. Ta niewielka nadwyżka jest niezbędna dla podtrzymania zawartości przyswajalnych form fosforu w glebie, bowiem pierwiastek ten charakteryzuje się bardzo powolnymi procesami uwalniania i akumulacji w glebie (4).

Zestawione w tabeli 3 średnie wielkości głównych elementów bilansu fosforu (za lata 2010-2012) wykazują znaczne zróżnicowanie regionalne. Wartości niektóre z nich różnią się ponad dwukrotnie pomiędzy poszczególnymi województwami. Obecnie we wszystkich województwach występuje dodatni bilans fosforu. Największe saldo składnika, wynoszące ok. 11,1 kg P·ha⁻¹ UR w dk, stwierdzono w województwie wielkopolskim. W województwie tym nastąpił także największy wzrost wielkości salda w porównaniu do lat 2002-2004 (tab. 3). W województwach: kujawsko-pomorskim, łódzkim i śląskim saldo fosforu przekracza 5 kg P·ha⁻¹ UR. Natomiast w dwóch województwach Polski południowo-wschodniej tj. podkarpackim i małopolskim saldo to jest najniższe i nieznacznie przekracza wartość 0,5 kg P·ha⁻¹ UR.



Rysunek 4. Główne elementy bilansu fosforu obliczanego metodą OECD

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych OECD (3).



Rysunek 5. Bilans fosforu (P) na powierzchni pola w Polsce w latach 1985-2012

Źródło: opracowanie własne J. Kopiński.

Ujemne saldo może to wskazywać natomiast na zagrożenie dla utrzymania żyzności gleb, co jest szczególnie niepożądane z uwagi na duży udział gleb o niskiej i bardzo niskiej zawartości fosforu (19). Gleby ubogie w fosfor wymagają poprawy zasobności poprzez nawożenie, co łącznie z uregulowaniem ich odczynu przeciwdziałać będzie obniżeniu efektywności produkcyjno-ekonomicznej. Na przestrzeni ostatnich dzie-

sięciu lat, poza województwami: lubuskim, małopolskim, podkarpackim, podlaskim i pomorskim, nastąpił wzrost salda bilansu fosforu, w skali kraju przeciętnie o ok. 1,8 kg P·ha⁻¹ UR w dk (tab. 3).

Struktura (ilościowa) obu stron bilansu fosforu (wnoszenia i wynoszenia) wykazuje dość znaczne zróżnicowanie regionalne (rys. 6).

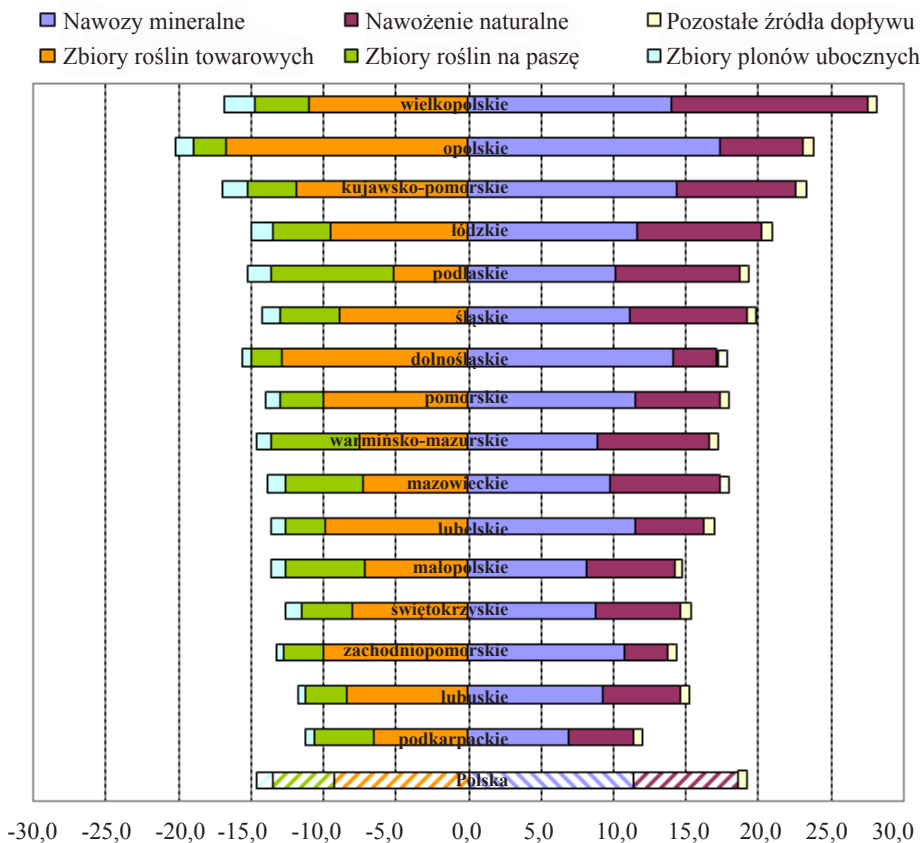
Najwięcej fosforu w polskim rolnictwie wnosi się do gleb w postaci nawozów mineralnych, a nieco mniej w naturalnych. Największe wynoszenie (odpływ) następuje w zbiorach głównych roślin towarowych. Ilości te są na ogół ponad dwukrotnie większe niż wynoszenie w roślinach zbieranych na paszę i w plonach ubocznych roślin towarowych. Największym obrotem (przepływami) w bilansie fosforu (P), czyli sumą ilości wnoszenia i wynoszenia, wyróżniają się województwa: wielkopolskie, opolskie i kujawsko-pomorskie. Natomiast mało intensywna gospodarka tym składnikiem (niski obrót) prowadzona jest w województwach Polski południowo-wschodniej (z ekstensywną produkcją rolniczą), ale także w województwie zachodniopomorskim i lubuskim (z ekstensywną organizacją produkcji).

Tabela 3

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

Województwo	Wartości elementów bilansu w kg P·ha ⁻¹ UR w dk, lata 2010-2012					Zmiana salda P w odniesieniu do lat 2002-2004 kg P·ha ⁻¹ UR w dk
	wnoszenie (dopływ)			wynoszenie (odpływ)	różnica (saldo)	
	ogółem (razem)	w tym nawożenie:				
		mineralne	naturalne			
Dolnośląskie	17,8	14,1	3,0	15,6	2,2	3,3
Kujawsko-pomorskie	23,3	14,3	8,2	16,9	6,4	4,5
Lubelskie	17,0	11,5	4,7	13,6	3,4	1,3
Lubuskie	15,3	9,2	5,4	11,8	3,5	-2,4
Łódzkie	21,0	11,6	8,6	14,9	6,0	3,6
Małopolskie	14,8	8,2	6,0	13,6	1,2	-2,5
Mazowieckie	17,9	9,7	7,6	13,8	4,1	0,1
Opolskie	23,7	17,3	5,7	20,1	3,6	3,7
Podkarpackie	11,9	6,9	4,5	11,3	0,6	-2,0
Podlaskie	19,3	10,2	8,5	15,2	4,1	-0,2
Pomorskie	18,0	11,4	5,8	14,0	4,0	-3,4
Śląskie	19,8	11,1	8,0	14,2	5,6	0,5
Świętokrzyskie	15,3	8,7	5,9	12,6	2,7	0,9
Warmińsko-mazurskie	17,2	8,9	7,8	14,7	2,6	1,4
Wielkopolskie	28,2	13,9	13,5	16,8	11,4	5,4
Zachodniopomorskie	14,4	10,7	3,0	13,2	1,2	0,1
Polska	19,2	11,3	7,2	14,7	4,5	1,8

Źródło: opracowanie własne J. Kopiński.



Rysunek 6. Struktura ilościowa źródeł przychodu i rozchodu bilansu fosforu w poszczególnych województwach Polski w latach 2010-2012 (kg P ha⁻¹ UR w dk).

Źródło: opracowanie własne J. Kopiński.

Zasobność gleb w fosfor

W Polsce do oceny zawartości przyswajalnego fosforu w glebach stosuje się metodę Egnera-Riehma DL (PN-R-04023: 1996) (21), a wyniki analiz ocenia się w skali pięciostopniowej (tab. 4).

Tabela 4

Ocena zawartości potasu w glebach mineralnych

Klasa zasobności fosforu	mg P ₂ O ₅ · 100 g ⁻¹ gleby
Bardzo niska	do 5,0
Niska	5,1 - 10
Średnia	10,1 - 15,0
Wysoka	15,1 - 20,0
Bardzo wysoka	od 20,0

Źródło: opracowanie własne J. Kopiński.

Stan zasobności gleb w fosfor przyswajalny analizowano w oparciu o dane Krajowej Stacji Chemiczno-Rolniczej (KSChR) za lata 2006-2011 (23). W tabeli 5 przedstawiono procentowy udział próbek glebowych w poszczególnych klasach zasobności w województwach, a na rys. 7 przedstawiono procentowy udział próbek gleb o zawartości bardzo niskiej i niskiej.

Tabela 5

Przestrzenne zróżnicowanie udziału próbek gleb w klasach zawartości fosforu w województwach w latach 2006-2011

Województwa	Udział próbek w klasach zasobności (%)				
	b. niska	niska	średnia	wysoka	b. wysoka
Dolnośląskie	11	23	23	16	27
Kujawsko-pomorskie	3	17	24	20	26
Lubelskie	10	26	27	18	19
Lubuskie	4	18	31	23	24
Łódzkie	7	29	27	16	21
Małopolskie	33	14	15	10	18
Mazowieckie	8	25	27	18	22
Opolskie	6	24	25	18	27
Podkarpackie	22	29	20	12	17
Podlaskie	13	31	26	14	16
Pomorskie	6	25	29	18	22
Śląskie	8	18	21	17	36
Świętokrzyskie	21	27	18	11	23
Warmińsko-mazurskie	9	27	27	16	21
Wielkopolskie	5	19	26	20	30
Zachodniopomorskie	5	25	32	20	18
Polska	9	24	26	17	24

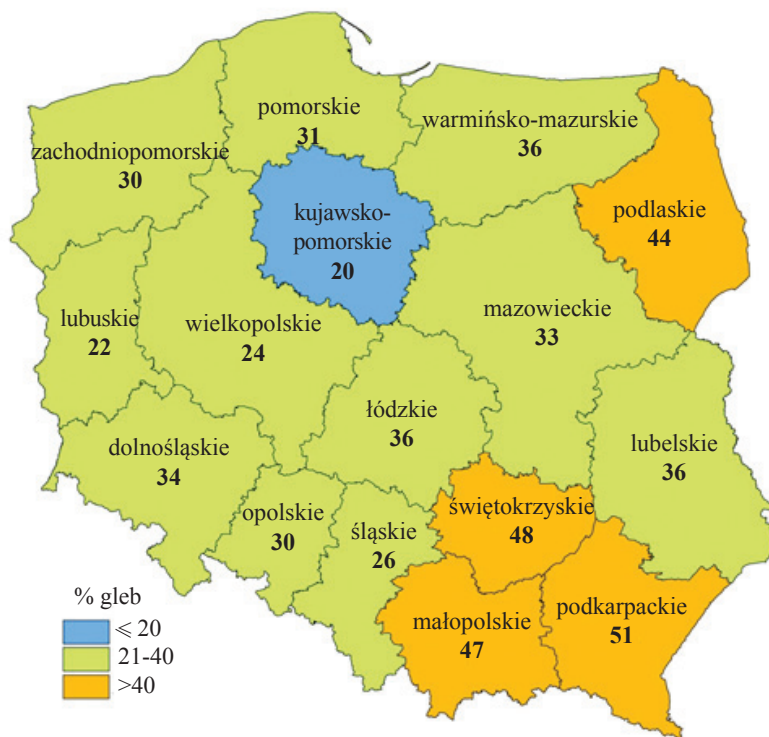
Źródło: dane KSCh-R, wg GUS (23).

W skali Polski blisko 33% analizowanych próbek glebowych charakteryzuje się bardzo niską i niską zawartością przyswajalnego fosforu. Najwięcej próbek o zawartości bardzo niskiej i niskiej występuje w województwach: podlaskim (44%), małopolskim (47%), świętokrzyskim (48%) i podkarpackim (51%) (rys. 7). W pozostałych województwach udział takich gleb nie przekracza 40%, a w województwie kujawsko-pomorskim udział ich jest najmniejszy i wynosi 20%.

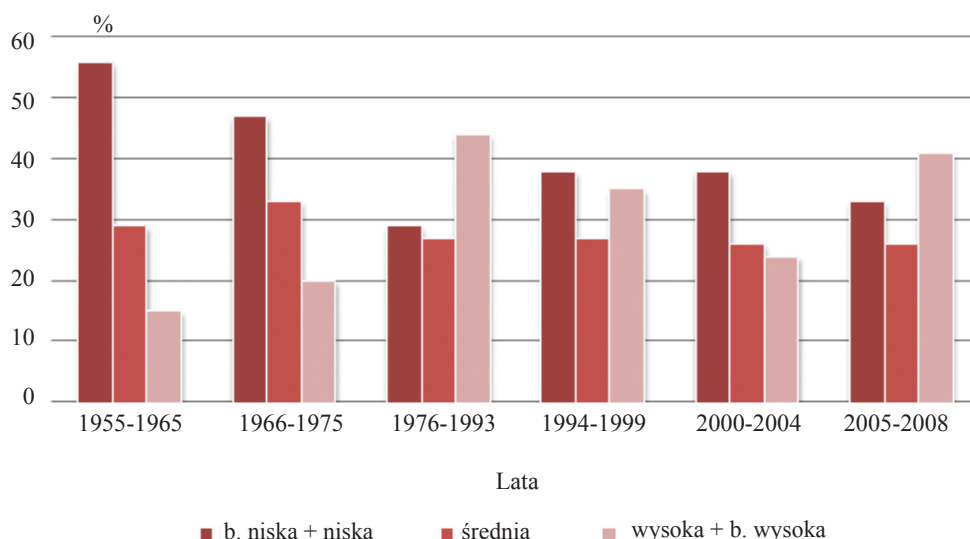
Analizując zmiany zasobności gleb w fosfor przyswajalny od początku prowadzenia badań chemiczno-rolniczych w Polsce (lata 50-te ubiegłego stulecia) stwierdza się, że do połowy lat 90-tych następowała wyraźna poprawa zasobności gleb w fosfor (rys. 8). Udział gleb o bardzo niskiej i niskiej zawartości składnika

uległ obniżeniu z ponad 55% do niespełna 30%, udział gleb o zawartości wysokiej i bardzo wysokiej zwiększył się z ok. 15% w połowie lat 60-tych do ponad 40% w pierwszej połowie dekady lat 90-tych.

W okresie od połowy lat 90-tych do połowy pierwszej dekady XXI wieku zasobność gleb w fosfor uległa pogorszeniu osiągając stan niemal z połowy lat 70-tych ubiegłego wieku. Było to skutkiem znacznego spadku zużycia nawozów fosforowych i pogłębienia ujemnego salda tego składnika w tamtym okresie. W kolejnym cyklu badań obejmujących lata 2005-2008 stwierdzono dosyć znaczną poprawę zasobności gleb w fosfor.



Rysunek 7. Procentowy udział gleb o bardzo niskiej i niskiej zawartości przyswajalnego fosforu
 Źródło: opracowanie E. Wróblewska na podstawie GUS 2012 (23).



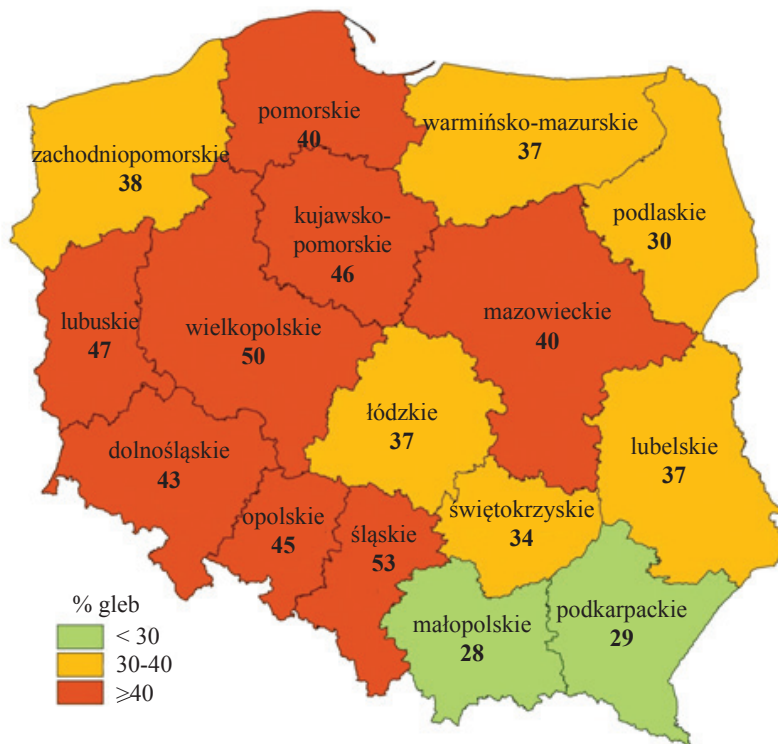
Rysunek 8. Zestawienie zmian zawartości fosforu przyswajalnego w latach 1955-2008

Źródło: opracowanie P. Ochal, 2012 (9).

Wpływ gospodarki fosforem w rolnictwie na jakość wód glebowo-gruntowych

Fosfor, jako składnik biogeniczny, odgrywa szczególną rolę w środowisku wodnym, przyczyniając się do procesu eutrofizacji. Ryzyko strat fosforu drogą zmywu powierzchniowego do wód otwartych jest związane z zasobnością gleb. W Polsce udział gleb o zawartości wysokiej i bardzo wysokiej wynosi aktualnie 41%, a najwięcej takich gleb występuje w województwach wielkopolskim i śląskim, odpowiednio 50 i 53% (rys. 9). Na glebach takich celem gospodarowania fosforem powinno być zahamowanie dalszego wzrostu zawartości składnika w glebie.

Fosfor jest składnikiem mało mobilnym i jego migracja w profilu glebowym do wód podziemnych występuje po przekroczeniu pojemności sorpcyjnej gleby w stosunku do tego składnika. Zawartość fosforanów w wodach glebowo-gruntowych jest monitorowana w ok. 1500 punktach na obszarze całego kraju. Próbkę wody z głębokości ok. 90 cm pobierane są do analiz dwukrotnie w ciągu roku (wiosną i jesienią). Przeciętne w kraju stężenia fosforanów w wodach glebowo-gruntowych są ogólnie niskie (tab. 6). Niższe stężenia obserwuje się w okresie wiosennym w porównaniu do jesieni. Może to być efektem rozcieńczenia w związku z dopływem wody opadowej drenującej przez profil glebowy w okresie jesienno-zimowym. Zauważalna jest słaba tendencja spadkowa w zawartości fosforanów, szczególnie wiosną.



Rysunek 9. Procentowy udział gleb o wysokiej i bardzo wysokiej zawartości przyswajalnego fosforu
 Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS 2012 (23).

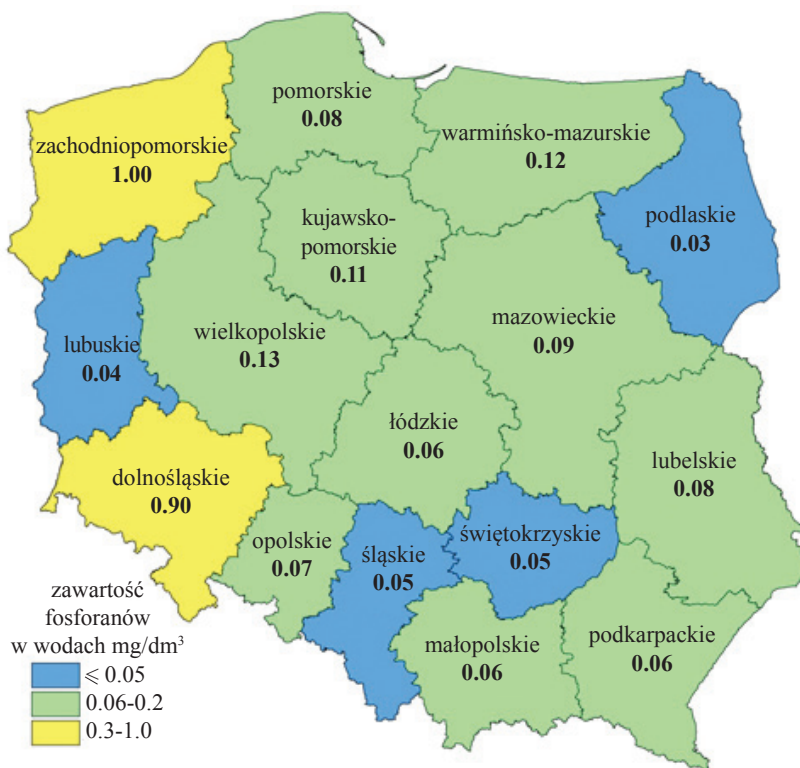
Tabela 6

Przeciętne stężenia fosforanów w wodach glebowo-gruntowych

Rok	Wiosna		Jesień	
	mg PO ₄ ·dm ⁻³	mg P·dm ⁻³	mg PO ₄ ·dm ⁻³	mg P·dm ⁻³
2008	0,08	0,026	0,15	0,049
2009	0,08	0,026	0,12	0,039
2010	0,07	0,023	0,07	0,023
2011	0,06	0,020	0,12	0,039

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych monitoringowych.

Przeciętne zawartości fosforanów w wodach województw: lubuskiego, podlaskiego, śląskiego i świętokrzyskiego nie przekraczają wartości 0,05 mg PO₄·dm⁻³ i mogą być uznane za wody bardzo dobrej jakości. W większości województw stężenia fosforanów mieszczą się w granicach 0,06-0,2 mg PO₄·dm⁻³ – dobra jakość. Najwyższe stężenia, ale nie większe niż 1 mg PO₄·dm⁻³ (zadowalająca jakość) notuje się w województwach: dolnośląskim i zachodniopomorskim. Można stwierdzić, że obecnie nie ma zagrożenia dla jakości wód podziemnych pod względem fosforu pochodzenia rolniczego.



Rysunek 10. Przeciętne stężenia fosforanów w wodach glebowo-gruntowych w latach 2008-2011
 Źródło: opracowanie własne na podstawie badań monitoringowych.

Podsumowanie

Wielkość produkcji nawozów fosforowych w Polsce jest zbliżona do produkcji nawozów azotowych i plasuje nasz kraj na pierwszym bądź drugim miejscu w Europie. Potencjał produkcyjny polskiego przemysłu chemicznego w odniesieniu do nawozów fosforowych sięga blisko 700 tys. ton, w zupełności zaspokaja popyt krajowy i umożliwia eksport ok. 40% produkcji (140-170 tys. ton).

Aktualnie jednostkowe zużycie fosforu w nawozach mineralnych (lata 2010-2012) wynosi 25,9 kg P₂O₅·ha⁻¹ UR w dk. Z analizy długoterminowego trendu wynika, że roczny przyrost zużycia nawozów fosforowych w Polsce wynosi ok. 0,9 kg P₂O₅·ha⁻¹ UR w dk. Największy wzrost nawożenia fosforem, wykraczający poza długoterminowy trend, stwierdzono w latach 2007-2009.

Duże zróżnicowanie regionalne rolnictwa przejawia się także w poziomie zużycia fosforu w nawozach mineralnych. Pomiedzy województwami różnice te są często ponad dwukrotne. Najbardziej intensywne nawożenie mineralne fosforem stosowane

jest w regionie „Wielkopolska i Śląsk” grupującym województwa: dolnośląskie, kujawsko-pomorskie, opolskie i wielkopolskie. W tych też województwach wystąpił największy średni przyrost zużycia fosforu w nawozach mineralnych w pomiędzy okresami 2004-2006 i 2010-2012. W większości województw po silnym wzroście w latach 2007-2009 nastąpiło wyhamowanie tej tendencji lub nawet regres w odniesieniu do okresu lat 2002-2004.

W ostatnich latach saldo bilansu fosforu mieści się w przedziale 3-6 kg P·ha⁻¹ UR w dk. Ta niewielka nadwyżka jest niezbędna dla podtrzymania zawartości przyswajalnych form fosforu w glebie. Obecnie wszystkie województwa posiadają dodatni bilans fosforu. Największe saldo fosforu, wynoszące ok. 11,1 kg P·ha⁻¹ UR w dk, stwierdzono w województwie wielkopolskim. W tym województwie obserwowano największy wzrost wielkości salda w porównaniu do lat 2002-2004. Natomiast w dwóch województwach Polski południowo-wschodniej tj. podkarpackim i małopolskim saldo to jest najniższe wynosi ok. 0,5 kg P·ha⁻¹ UR. Może to stanowić pewne niebezpieczeństwo dla utrzymania żyzności gleb, uwzględniając fakt znacznego udziału gleb o niskiej i bardzo niskiej zawartości tego składnika. Na przestrzeni ostatniego dziesięciolecia nastąpił wzrost salda bilansu fosforu, przeciętnie w skali kraju o ok. 1,8 kg P·ha⁻¹ UR w dk (poza województwami: lubuskim, małopolskim, podkarpackim, podlaskim i pomorskim).

Najwięcej fosforu w polskim rolnictwie wnosi się do gleb w postaci nawozów mineralnych, a nieco mniej w naturalnych. Największe wynoszenie (odpływ) następuje w głównych zbiorach roślin towarowych. Największym obrotem (przepływami) w bilansie fosforu (P), czyli sumą ilości wnoszenia i wynoszenia, wyróżniają się województwa: wielkopolskie, opolskie i kujawsko-pomorskie.

Analiza zmian zasobności gleb w fosfor przyswajalny w Polsce, prowadzona na podstawie badań chemiczno-rolniczych od początku lat 50. ubiegłego wieku wskazuje, że do połowy lat 90-tych następowała poprawa zasobności gleb w fosfor przyswajalny dla roślin. Po tym okresie zasobność gleb w fosfor uległa pogorszeniu, osiągając stan niemal z połowy dekady lat 70-tych ubiegłego wieku. Wyniki badań z lat 2005-2008 wskazują na ponowną, znaczną poprawę zasobności gleb w fosfor w Polsce.

W skali Polski blisko 33% próbek badanych gleb charakteryzuje się bardzo niską i niską zawartością przyswajalnego fosforu. Najwięcej gleb o zawartości bardzo niskiej i niskiej występuje w województwach: podlaskim (44%), małopolskim (47%), świętokrzyskim (48%) i podkarpackim (51%). Udział gleb o wysokiej i bardzo wysokiej zawartości fosforu w skali Polski jest znaczący i wynosi 41%. Najlepszą zasobnością w fosfor przyswajalny charakteryzują się województwa: wielkopolskie i śląskie odpowiednio 50 i 53%.

Przeciętne zawartości fosforanów w wodach województw: lubuskiego, podlaskiego, śląskiego i świętokrzyskiego nie przekraczają wartości 0,05 mg PO₄·dm⁻³, a ich jakość może być uznana za bardzo dobrą. W większości województw stężenia fosforanów mieszczą się w granicach 0,06-0,2 mg PO₄·dm⁻³ – dobra jakość. Obecnie działalność rolnicza nie stanowi zagrożenia dla jakości wód podziemnych pod kątem zanieczyszczenia fosforanami.

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. Environmental Indicators for Agriculture. Publications Service. OECD, Paris, 2006, vol. 4, chapter 3.
4. F o t y m a M.: Zapotrzebowanie rolnictwa polskiego na nawozy. Mat. Sem. Stan i perspektywy rynku nawozów mineralnych i produkcji rolnej w Polsce. Puławy, 29-30 czerwca 1999: 87-104.
5. F o t y m a M., I g r a s J., K o p i ń s k i J.: Produkcyjne i środowiskowe uwarunkowania gospodarki nawozowej w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2009, **14**: 187-206.
6. F o t y m a M., M a ć k o w i a k Cz.: Program dostosowania koncepcji oraz technik i technologii nawożenia mineralnego oraz organicznego do wymogów ochrony środowiska. Synteza. Program proekologicznego rozwoju wsi, rolnictwa i gospodarki żywnościowej do 2015 roku. MRiGŻ, NFOŚiGW, Warszawa, 1998: 154-162.
7. G o r a j L.: Dochody i akumulacja gospodarstw w wybranych krajach UE według FADN. <http://www.ierigz.waw.pl/download/5506-Goraj.pdf>, 2012. (Data dostępu 9.01.2013).
8. Gospodarka materiałowa w 2008-2010 roku. Informacje i opracowania statystyczne GUS, Warszawa 2009-2011.
9. I g r a s J., F o t y m a M.: Chapter: Phosphorus utilization and diffuse losses in agricultural crop production. Praca zbiorowa pod redakcją J. Igrasa i M. Pastuszek „Temporal and spatial differences in emission of nitrogen and phosphorus from Polish territory to the Baltic Sea”. Wyd. IUNG-PIB Puławy, MIR Gdynia, 2012: 161-192.
10. I g r a s J., K o p i ń s k i J., M a t y k a M., O c h a l P.: Zużycie nawozów mineralnych w Polsce w układzie regionalnym. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2010, **25**: 9-19.
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. IUNG, Puławy, 2005: 141-150.
12. K o p i ń s k i J.: Bilans azotu brutto dla Polski i województw w latach 2002-2005. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, **5**: 117-131.
13. K o p i ń s k i J.: Bilans azotu brutto na powierzchni pola jako agrośrodowiskowy wskaźnik zmian intensywności produkcji rolniczej w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, **4**: 21-33.
14. K o p i ń s k i J.: Regionalne zróżnicowanie bilansu azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim w latach 1999-2003. Nawozy i Nawożenie, 2005, **2(23)**: 84-93.
15. K o p i ń s k i 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. K o p i ń s k i J., N i e r ó b c a A., O c h a l 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.
17. K o p i ń s k i J., T u j a k a A.: Bilans azotu i fosforu w rolnictwie polskim. „Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie”, IMUZ Falenty, 2009, t. **9**, z. **4(28)**: 103-116.
18. M a t y k a M.: Tendencje w zużyciu nawozów mineralnych w Polsce na tle Unii Europejskiej. Roczn. Nauk. SERiA, Rzeszów 2013, t. **15**, z. **3**: 237-241.
19. O c h a l P.: Wykorzystanie syntetycznego wskaźnika do oceny stanu agrochemicznego gleb w Polsce. Praca doktorska, IUNG-PIB Puławy, 2011, maszynopis.
20. PN-R-04023: 1996: Analiza chemiczno-rolnicza gleby - Oznaczanie zawartości przyswajalnego fosforu w glebach mineralnych.
21. P o n d e l H., R u s z k o w s k a M., S y k u t S., T e r e l a k H.: Wymywanie składników nawozowych z gleb w świetle badań prowadzonych przez IUNG. Roczn. Gleb., 1991, t. **XLII**, **3/4**: 97-106.
22. Rocznik Statystyki Międzynarodowej 2009: GUS, Warszawa 2010.

23. Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2012: GUS, Warszawa 2012.
24. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (Dz.U.04.32.284)
25. Rynek środków produkcji dla rolnictwa. IERiGŻ-PIB, Warszawa 2013, nr 40.
26. S a p e k A.: Phosphorus cycle in Polish agriculture. In. Phosphorus in agriculture and water quality protection. IMUZ, Falenty 1998: 8-18.
27. S a p e k A., S a p e k B.: Obieg i bilans fosforu w łańcuch pokarmowym człowieka w Polsce. Nawozy i nawożenie, PTN, IUNG, Puławy 2002, **4(13)**: 105-123.
28. S y k u t S.: Wymywanie makroelementów z gleb w lizymetrach. Nawozy i nawożenie, PTN, IUNG, Puławy 2000, **4(5)**: 18-26.
29. S k a r ż y ń s k a A., G o r a j L., Z i ę t e k I.: Metodologia SGM „2002” dla typologii gospodarstw rolnych w Polsce. IERiGŻ-PIB, Warszawa 2005, nr 4.
30. Środki produkcji w rolnictwie w latach 2001-2012. GUS, Warszawa 2002-2013.
31. Z a l e w s k i A., I g r a s J.: Światowy rynek nawozów mineralnych z uwzględnieniem zmian cen bezpośrednich nośników energii oraz surowców. IERiGŻ-PIB (PW 2011-2014). Warszawa 2012, 37, ss. 102.

Adres do korespondencji:

dr Jerzy Kopiński
Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: 81 886 34 21 w. 359
e-mail: jkop@iung.pulawy.pl