

# **BILANS AZOTU I FOSFORU W ROLNICZYCH OBSZARACH KARPACKICH O NIEKORZYSTNYCH WARUNKACH GOSPODAROWANIA**

**Sylwester SMOROŃ, Stanisław TWARDY, Antoni KUŹNIAR**

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Małopolski Ośrodek Badawczy w Krakowie

*Słowa kluczowe: azot, bilans składników, fosfor, obszary karpackie ONW*

## **Streszczenie**

Celem badań było określenie salda bilansu azotu i fosforu, obliczonego metodą „na powierzchni pola”, z wykorzystaniem komputerowego programu „Macrobil”, uwzględniającego po stronie przychodów ilości dostarczane z nawozami naturalnymi, mineralnymi, opadem atmosferycznym i w wyniku wiązania mikrobiologicznego (w przypadku N), a po stronie rozchodu – wynoszenie z plonem roślin uprawnych. Badania prowadzono na terenach karpackich, w granicach zlewni górnej Wisły, o niekorzystnych warunkach gospodarowania (ONW), na których występują specyficzne utrudnienia, i ONW górskich. Wyniki bilansów wykazały, że nadmiar analizowanych składników na obszarach ONW o specyficznych utrudnieniach nie przekraczał  $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$  (od 2,0 do  $21,4 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$ ), a w przypadku P zawierał się w granicach od 1,2 do  $4,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$ . Na ONW górskich wartości te wynosiły odpowiednio: od  $-2,4$  do  $23,1 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$  oraz od  $-2,5$  do  $4,8 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$ . W świetle przeprowadzonych badań można stwierdzić, że na tych terenach z niskonakładową produkcją rolniczą nie występuje zagrożenie nadmiernym wzbogacaniem azotanami wody gruntowej pod użytkami rolnymi.

## **WSTĘP**

Bilansowanie azotu oraz innych składników nawozowych w rolnictwie wykonuje się zasadniczo dwoma sposobami. W pierwszym uwzględnia się gospodarstwo rolne jako całość (pola uprawne + zagroda), a w drugim jako jednostkę odniesienia przyjmuje się powierzchnię uprawianego pola [BARSZCZEWSKI, JANKOW-

SKA-HUFLEJT, WOLICKA, 2007; MARCINKOWSKI, SAPEK, 1998; PIETRZAK, 1996; 2002a, b; PIETRZAK i in., 1997; SAPEK, PIETRZAK, 1996; 2000a, b; SMOROŃ, 1996; STALENGA, JOŃCZYK, KUŚ, 2004; SZPONAR i in., 1996]. Bilans służy do określenia potencjalnych strat składników w produkcji rolniczej i polega na określeniu różnicy między przychodami i rozchodami w skali gospodarstwa lub użytku rolnego.

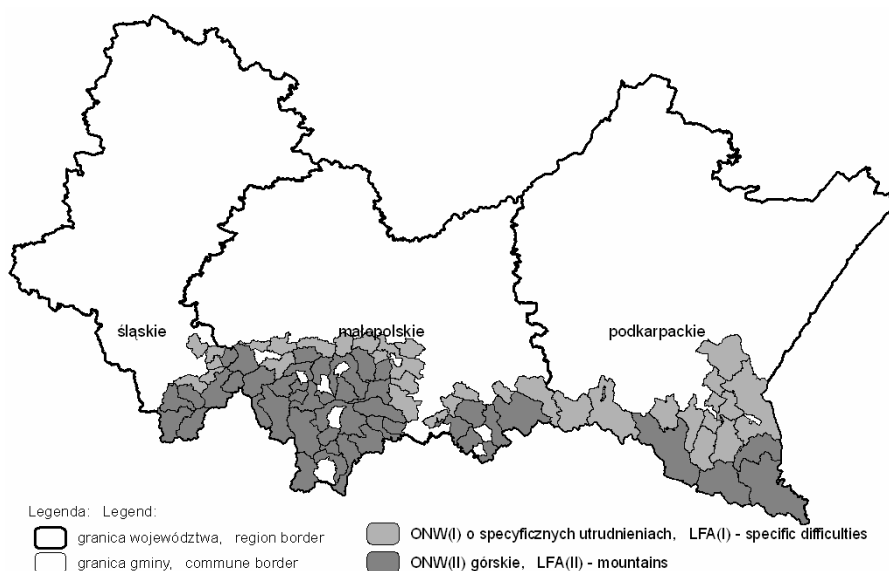
Polska, po przystąpieniu do Unii Europejskiej, jest zobligowana do wprowadzenia Dyrektywy Rady 91/676/EWG oraz ochrony wód przed dalszym zanieczyszczeniem [Ustawa..., 2001]. Jednym z elementów oceny potencjalnego zagrożenia wody azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych jest obliczanie bilansu azotu na powierzchni pola. W związku z potrzebą utrzymywania odpowiedniej pod względem stężenia azotanów jakości wód gruntowych pod terenami użytkowymi rolniczo bilansowy nadmiar azotu na powierzchni pola nie powinien przekraczać od 30 (na wyznaczonych obszarach wrażliwych na zanieczyszczenie azotem ze źródeł rolniczych) do 50 kg N·ha<sup>-1</sup> [Bilansowanie...; Rozporządzenie MŚ..., 2002]. Wartość tego wskaźnika zależy od poziomu nawożenia, rodzaju upraw oraz plonowania. Fosfor należy do składników, który w pierwszej kolejności warunkuje przebieg procesu eutrofizacji w środowisku wodnym [SMOROŃ, 1996]. W przypadku dużego salda bilansu azotu istnieje zagrożenie środowiska wodnego ze strony azotanów [MARCINKOWSKI, 1996; PIETRZAK, SAPEK, 1996; SMOROŃ, 1999; 2001].

Celem badań było określenie salda bilansu azotu i fosforu obliczonego metodą „na powierzchni pola” i ocena zagrożenia środowiska wodnego wymienionymi składnikami. Badaniami objęto obszary karpackie, mieszczące się w granicach zlewni górnej Wisły po przekrój w Zawichoście, o niekorzystnych warunkach gospodarowania (ONW), na których występują specyficzne utrudnienia, i ONW górskich.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania prowadzono na terenie województw: małopolskiego, podkarpackiego i śląskiego. Do obszarów ONW (I) ze specyficznymi utrudnieniami zaliczono gminy i obręby geodezyjne rejonów podgórskich, w których co najmniej 50% powierzchni znajduje się powyżej 350 m n.p.m., a do ONW (II) – górskich, w których ponad połowa użytków rolnych znajduje się na wysokości powyżej 500 m n.p.m. [Rozporządzenie RM..., 2004].

W obrębie ONW (I) w województwie śląskim znajduje się 5 gmin, w małopolskim 16 i w podkarpackim 12, a w ONW (II) odpowiednio 7, 32 i 4 (rys. 1). Tereny te charakteryzują się słabymi warunkami do produkcji rolniczej. Wartość wskaźnika jakości rolniczej przestrzeni produkcyjnej utrzymuje się na niskim poziomie i wynosi w przypadku ONW (I) od 42,5 do 65,3, a ONW (II) – od 31,6 do 52,9 [WITEK i in., 1994].



Rys. 1. Mapa zasięgu ONW (I) i ONW (II) w terenach karpackich, w granicach zlewni górnej Wisły po przekrój w Zawichoście

Fig. 1. Map of LFA (I) and LFA (II) extent in the Carpathian areas within the upper Vistula River basin down to the Zawichost gauge station

W strukturze użytków rolnych ONW (II) dominują trwałe użytki zielone i zajmują od ok. 60 do 70%, a grunty orne od 10 do 20%, natomiast na ONW (I) udział gruntów ornych jest większy (40–60%), a użytków zielonych mniejszy (30–50%) [Baza...; KOPACZ, TWARDY, 2006; KUŹNIAR i in., 2007].

Rozpatrywany obszar jest położony w regionie klimatu górskiego z temperaturą roczną 4–6°C. W wyższych partiach utrzymuje się znacznie niższa temperatura – od –2 do –1°C. Średnie roczne sumy opadów atmosferycznych z wielolecia są wysokie i bardzo wysokie i wynoszą od 800 do niemal 2000 mm w wysokich partiach Tatr [NIEDŹWIEDŹ, OBRĘBSKA-STARKŁOWA, 1991]. Są to tereny bardzo zasobne w wodę w skali Polski.

Bilanse azotu i fosforu na powierzchni pola dla całego obszaru poszczególnych gmin obliczono z użyciem programu komputerowego MacroBil, udostępnionego przez IUNG-PIB i zalecanego w Rozporządzeniu MŚ... [2002]. Po stronie przychodu bilansu w programie uwzględnia się następujące źródła składników: nawozy mineralne, nawozy naturalne, nawozy organiczne, przyorane produkty uboczne roślin uprawnych, biologiczne wiązanie N (resztki poźniwne roślin bobowatych i przyorane poplony z bobowatymi) oraz opad atmosferyczny. Po stronie rozchodu uwzględnia się pobranie składnika z plonami uprawianych roślin [Oferta...]. Bilans nawożenia powinien być zrównoważony, co oznacza, że wynoszenie składników w plonach powinno być rekompensowane ich dopływem do gleby. Całkowite zbi-

lansowanie azotu nie jest jednak możliwe ze względu na nieuniknione straty, związane z wymywaniem, denitryfikacją oraz immobilizacją przez mikroorganizmy glebowe i inne.

Dane liczbowe, niezbędne do obliczeń bilansu składników za pomocą programu Makrobil, pochodziły z ankiet opracowanych w 2005 r. przez poszczególne gminy położone na terenach ONW. Były to średnie wartości poszczególnych wskaźników dla całego obszaru poszczególnych gmin, niezbędne do pracy programu. Dane te były również weryfikowane przez doradców rolnych. Zasobność gleb w składniki nawozowe w poszczególnych gminach przyjęto na podstawie materiałów wojewódzkich stacji chemiczno-rolniczych, działających na tym obszarze.

W obliczeniach bilansu uwzględniono następujące dane, pochodzące z gmin: nawożenie mineralne NPK, rodzaj i plonowanie roślin uprawnych oraz sposób zagospodarowania plonu ubocznego (na ściółkę, na zaoranie, inne cele); rodzaj i liczbę fizyczną zwierząt gospodarskich, a także liczbę dni przebywania na pastwisku oraz typ obór. Na tej podstawie program oblicza dawkę poszczególnych składników w nawozach naturalnych. Niezbędnymi danymi do pracy programu były również informacje o glebie, tj. kategoria agronomiczna gleby, zasobność w  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  i Mg oraz pH.

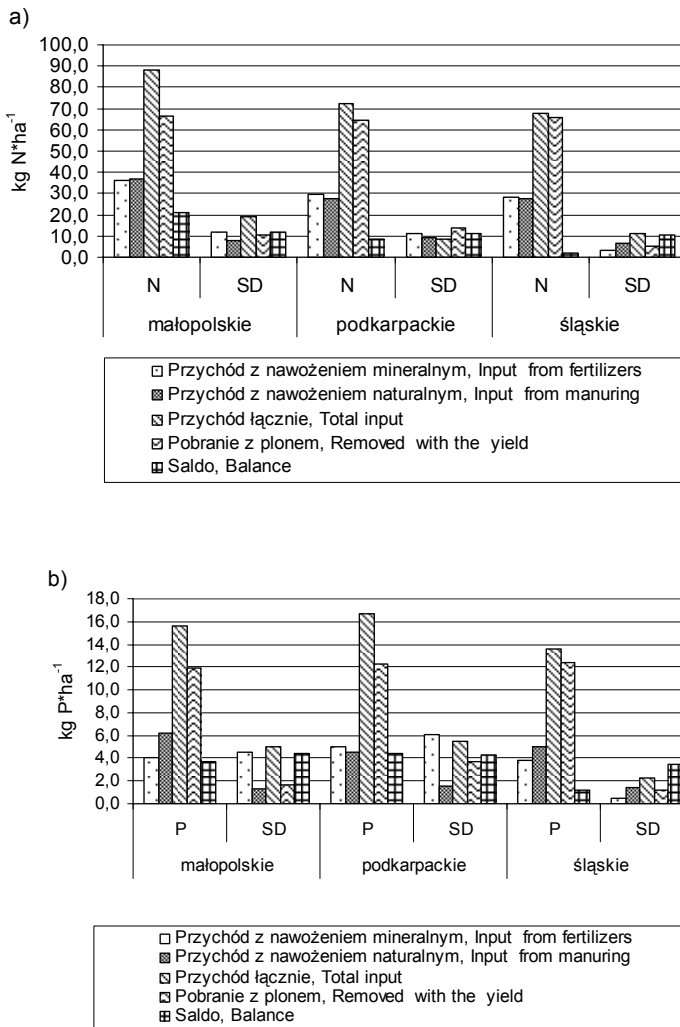
Nadmiar składników (dodatnie saldo bilansu) oznacza, że zostały one zmagazynowane w glebie albo mogły przedostać się do środowiska wodnego, a w przypadku azotu częściowo do atmosfery, wywołując niepożądane skutki. Niedobór natomiast wskazuje, że dawka składników pod rośliny uprawne była niewystarczająca w stosunku do wynoszenia z plonem. Ujemne saldo bilansu składników w długim okresie może spowodować pogorszenie żyzności gleby. Wyniki badań bilansu N i P na powierzchni pola zestawiono jako średnie z poszczególnych województw, obliczone na podstawie bilansów z gmin, położonych w obrębie ONW I i ONW II.

## WYNIKI BADAŃ

Saldo bilansu azotu na ONW I w województwie małopolskim było największe i wynosiło  $21,4 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$  (rys. 2). Zdecydowanie mniejsze jego wartości stwierdzono w woj. podkarpackim ( $8,3 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$ ), a najmniejsze w śląskim ( $2,0 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$ ).

W województwie małopolskim łączny przychód N ze stosowanymi nawozami mineralnymi, naturalnymi i z pozostałych źródeł wynosił  $88,1 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$ . W województwach podkarpackim i śląskim było to odpowiednio  $72,4$  i  $67,6 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$ . W łącznej dawce azotu, stosowanego na użytki rolne z nawozami, po około 1/2 przypadają na nawozy mineralne i naturalne.

Saldo bilansu fosforu na ONW I było znacznie mniejsze niż azotu i wynosiło w województwie małopolskim  $3,7$ ; podkarpackim  $4,4$  i śląskim  $1,2 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$  (rys. 2). W województwie małopolskim po stronie przychodu przeważał fosfor z na-



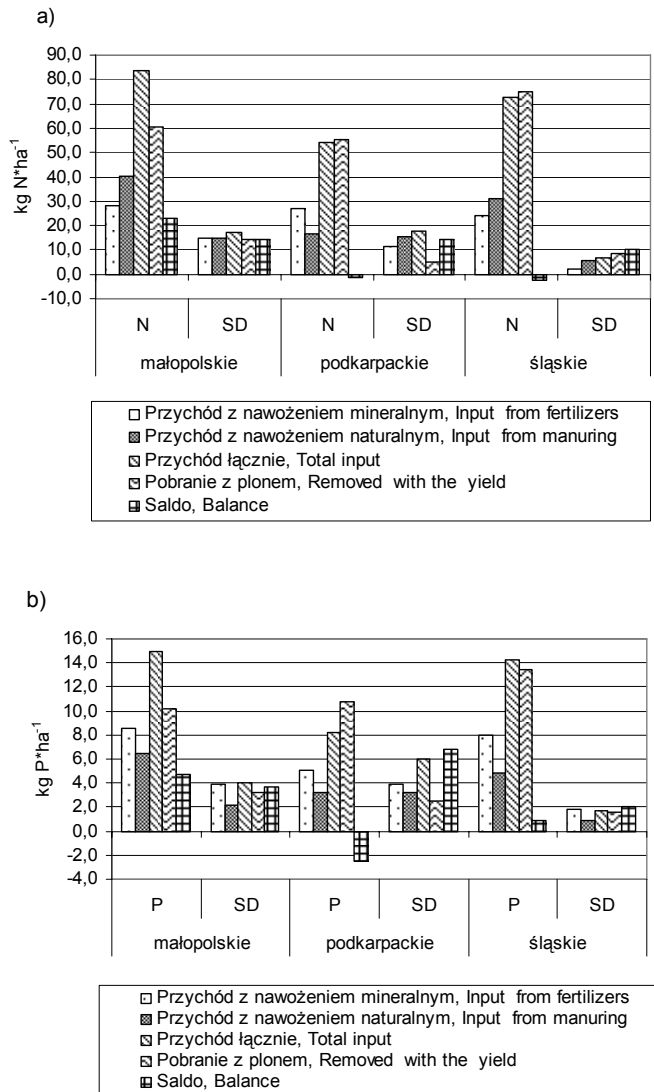
Rys. 2. Bilans azotu (a) i fosforu (b) za 2005 r. na obszarach o niekorzystnych warunkach gospodarowania ze specyficznymi utrudnieniami (zlewnia górnej Wisły); *SD* – odchylenie standardowe

Fig. 2. Balance of nitrogen (a) and phosphorus (b) in 2005 for Less Favoured Areas with specific difficulties (upper Vistula River basin); *SD* – standard deviation

wozów naturalnych ( $6,2 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$ ), a w podkarpackim – z nawozów mineralnych ( $5,0 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ UR}$ ).

Saldo bilansu azotu na ONW II w województwie małopolskim było o  $1,7 \text{ kg}$  większe niż na ONW I i wynosiło  $23,1$ , a w podkarpackim i śląskim przyjmowało war-

tości ujemne, odpowiednio  $-1,3$  i  $-2,4$   $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  UR (rys. 3). W dawce nawozowej forma mineralna tego składnika była na obszarze województwa małopolskiego o  $12,3$   $\text{kg}$  mniejsza od stosowanej w nawozach naturalnych, podkarpackiego o  $10,5$   $\text{kg}$  większa, a śląskiego mniejsza o  $7,2$   $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  UR (rys. 3).



Rys 3. Bilans azotu (a) i fosforu (b) za 2005 r. na obszarach o niekorzystnych warunkach gospodarowania – górskich (zlewnia górnej Wisły); *SD* – odchylenie standardowe

Fig. 3. Balance of nitrogen (a) and phosphorus (b) in 2005 for Less Favoured Areas – mountains (upper Vistula River basin); *SD* – standard deviation

Saldo bilansu fosforu na ONW II w województwie małopolskim wynosiło 4,8 kg, w śląskim 0,9 kg P·ha<sup>-1</sup>, a w podkarpackim przyjmowało wartość ujemną (-2,5 kg) – rysunek 3. Główną pozycję w części przychodowej bilansu tego obszaru stanowił fosfor w nawozach mineralnych, jego ilość była o ok. 1/3 większa niż wnoszona z nawozami naturalnymi.

Bardzo duże wartości odchylenia standardowego poszczególnych pozycji bilansu azotu i fosforu na obszarach objętych obydwoma rodzajami ONW świadczą o zróżnicowaniu w zakresie produkcji rolniczej gmin poszczególnych gmin z terenu danego województwa. Decydują o tym przede wszystkim pogłowie zwierząt i struktura stada, a także poziom nawożenia mineralnego.

Zestawiono obsadę zwierząt gospodarskich, wyrażoną w DJP (tab. 1). Wskaźnik ten został obliczony za pomocą programu Macrobil na podstawie fizycznej liczby i przedziałów wagowych poszczególnych grup zwierząt. Największa obsada występowała na ONW II, położonych w województwie małopolskim (0,58 DJP·ha<sup>-1</sup> UR), a najmniejsza w podkarpackim (0,20 DJP·ha<sup>-1</sup> UR). Na ONW I rozpiętość obsady zwierząt była mniejsza – od 0,39 do 0,53 DJP·ha<sup>-1</sup> UR.

**Tabela 1.** Obsada zwierząt gospodarskich w karpackich na ONW I i II, w zlewni górnej Wisły, DJP·ha<sup>-1</sup> UR

**Table 1.** Animal stock in the Carpathian LFA I and LFA II in the upper Vistula River basin, LU·ha<sup>-1</sup> AL

Województwo Voivodship	ONW I LFA I		ONW II LFA II	
	obsada stock	SD	obsada stock	SD
Małopolskie	0,53	0,18	0,58	0,17
Podkarpackie	0,39	0,14	0,20	0,13
Śląskie	0,46	0,21	0,55	0,13

Objaśnienia: ONW – obszary o niekorzystnych warunkach gospodarowania, I – ze specyficznymi utrudnieniami, II – górskie.

Explanations: LFA – Less Favoured Areas, I – with specific difficulties, II – mountain.

Istotne współczynniki korelacji, obliczone między obsadą zwierząt, nawożeniem mineralnym i naturalnym a saldem azotu, stwierdzono w województwie małopolskim na obszarach ONW I. Przyjmowały one wartości dodatnie (tab. 2). W przypadku ONW II były one istotne między obsadą zwierząt a saldem oraz między nawożeniem naturalnym a saldem. W województwach małopolskim i podkarpackim, na ONW I, istotne współczynniki korelacji obliczono dla fosforu między nawożeniem mineralnym i saldem, a na ONW II tylko w województwie małopolskim między obsadą zwierząt, nawożeniem mineralnym a saldem. Mimo dużej wartości niektórych pozostałych współczynników korelacji, zwłaszcza w województwach podkarpackim i śląskim, były one nieistotne, co wynikało z małej liczby gmin.

**Tabela 2.** Wartości współczynników korelacji  $r$  między wybranymi elementami bilansu azotu i fosforu na terenie ONW I i II w zlewni górnej Wisły

**Table 2.** The coefficients of correlation  $r$  between selected elements of nitrogen and phosphorus balance in Less Favoured Areas (I) and (II) in the upper Vistula River basin

ONW	LFA	Województwo Voivodship	Liczba gmin $n$ The number of communities $n$	Azot Nitrogen			Fosfor Phosphorus		
				$r$ między $r$ between			$r$ między $r$ between		
			obsadą (DJP) a saldem animal stock and balance	nawożeniem mineralnym a saldem mineral fertilization and balance	nawożeniem naturalnym a saldem organic fertilization and balance	obsadą (DJP) a saldem animal stock and balance	nawożeniem mineralnym a saldem mineral fertilization and balance	nawożeniem naturalnym a saldem organic fertilization and balance	
I	małopolskie		16	0,74*	0,70*	0,76*	0,32	0,89*	0,24
	podkarpackie		12	-0,01	-0,09	0,09	-0,20	0,71*	-0,12
	śląskie		5	0,22	0,10	0,92	0,72	0,81	0,52
II	małopolskie		32	0,77*	-0,05	0,75*	0,32*	0,55*	0,17
	podkarpackie		4	0,87	0,92	0,86	0,53	0,95	0,72
	śląskie		7	0,46	0,17	0,69	0,38	0,11	0,15

Objaśnienia: \* – istotne, gdy  $p - 0,05$ , pozostałe, jak pod tabelą 1.

Explanations: \* – significant at  $p - 0,05$ , other as in Tab. 1.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wyniki bilansów azotu i fosforu, obliczonych dla obszarów karpaccich Polski metodą „na powierzchni pola”, z wykorzystaniem programu komputerowego Macrobil, były zróżnicowane w poszczególnych województwach. Największe saldo tych składników stwierdzono na obszarze województwa małopolskiego, przy czym nie wystąpiły wyraźne różnice między rozpatrywanymi ONW. Wiąże się to najprawdopodobniej z większą obsadą zwierząt (średnio  $0,55 \text{ DJP} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$ ) oraz stosowaniem większej ilości nawozów, zwłaszcza azotowych, niż w pozostałych województwach. Salda omawianych składników w województwach podkarpackim i śląskim były wyraźnie mniejsze na ONW II i przyjmowały niekiedy wartości ujemne. W warunkach tak dużego zróżnicowania między przychodem składników a wynoszeniem z plonem roślin wydajność użytków rolnych może w dłuższym okresie znacznie się zmniejszyć.

Przeprowadzone wcześniej przez IGRASA i SCHIMMELPFENNIGA [1997] obliczenia bilansu azotu dla omawianych województw, metodą uproszczoną, w której uwzględnia się tylko przychód z nawozami mineralnymi i naturalnymi oraz pobranie z plonem roślin, wykazały, że wynosił on  $6,6\text{--}15,5 \text{ kg N kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ UR}$ . Po uwzględnieniu pozostałych źródeł przychodu kształtowałby się najprawdopodob-



niej na poziomie zbliżonym do stwierdzonego obecnie na ONW I. Na obszarach nizinnych Polski, intensywnie użytkowanych rolniczo w sposób konwencjonalny, różnica bilansowa w przypadku azotu i fosforu jest znacznie większa i sięga odpowiednio 72 i 14 kg·ha<sup>-1</sup> UR [STALENGA, JOŃCZYK, KUŚ, 2004].

W badaniach PIETRZAKA [2005], obejmujących gospodarstwa nastawione na produkcję mleczną w rejonie Podlasia, saldo azotu i fosforu, obliczonego metodą „u wrót gospodarstwa”, było bardzo duże i wynosiło od ok. 110 do 150 kg N·ha<sup>-1</sup> i od 10 do 19 kg P·ha<sup>-1</sup>. Podobnie w badaniach z 1993 r., obejmujących gospodarstwa rolne nastawione na intensywną produkcję mleczarską w powiecie nowosądeckim, stwierdzono duży nadmiar azotu, wynoszący ok. 85 kg N·ha<sup>-1</sup> [SMOROŃ, 1996]. W badaniach, prowadzonych na Żuławach Wiślanych, stwierdzono, że w gospodarstwach z intensywną produkcją zwierzęcą nadmiar azotu był bardzo duży – od 48 do 241 kg·ha<sup>-1</sup> [MARCINKOWSKI, 1996]. W wodach gruntowych pod użytkami zielonymi i w rowach melioracyjnych w niektórych gospodarstwach stężenie azotu azotanowego przekraczało maksymalną wartość, określoną w Dyrektywie Rady 91/676/EWG.

Porównując wyniki bilansu azotu na karpaccich ONW (rys. 2, 3) z przykładami podanymi dla konwencjonalnego rolnictwa, można stwierdzić, że średnie saldo tego składnika nie przekracza dopuszczalnej wartości, określonej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska dla wód wrażliwych na zanieczyszczenie azotem ze źródeł rolniczych. W związku z tym na omawianych terenach, na których produkcja rolnicza ma charakter niskonakładowy, nie występuje zagrożenie nadmiernym wzbogacaniem wód gruntowych azotanami pod użytkami rolnymi [Rozporządzenie MŚ..., 2002; ZASTAWNY in., 2001]. Potwierdzają to dane publikowane przez Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, z których wynika, że na terenach karpaccich nie stwierdzono obszarów szczególnie narażonych na azotany pochodzenia rolniczego [Dyrektywa 91/676/EWG]. Obecny system produkcji rolniczej na ONW w Karpatach jest bardzo korzystny dla środowiska wodnego tych cennych przyrodniczo rejonów Polski. Wskazują na to badania jakości wód powierzchniowych, prowadzonych w zlewni górnego Dunajca i Sanu. Stężenie azotu azotanowego i fosforanów w wodach płynących z terenów rolniczych było tu małe i wynosiło 0,82–1,05 mg N-NO<sub>3</sub>·dm<sup>-3</sup> i 0,05–0,11 mg PO<sub>4</sub>·dm<sup>-3</sup> [KUŹNIAR i in., 2008; SMOROŃ, KUŹNIAR, 2006]. Zgodnie z Rozporządzeniem MŚ... [2004], wody te kwalifikują się do I klasy jakości wód powierzchniowych.

## WNIOSKI

1. Nadwyżka bilansowa azotu na obszarach karpaccich, objętych ONW, utrzymywała się na niskim poziomie, a maksymalna jej wartość nie przekraczała granicy ustalonej ze względu na jakość wód gruntowych pod użytkami rolnymi.

2. Ujemne wartości bilansu N i P, występujące na niektórych ONW górskich, wskazują na pobieranie tych składników przez rośliny z zapasów glebowych, co może powodować pogarszanie żyzności gleby.

3. Małe wartości salda N i P na ONW są następstwem postępującej ekstensyfikacji działalności rolniczej, zwłaszcza zmniejszenia pogłowia zwierząt gospodarskich.

4. Niskonakładowy charakter rolnictwa w rejonach górzystych Polski Południowej może sprzyjać jakości wód powierzchniowych, odpływających z tego rejonu. Kwalifikują się one najczęściej do I klasy czystości.

## LITERATURA

- BARSZCZEWSKI J., JANKOWSKA-HUFLEJT H., WOLICKA M., 2007. Analiza bilansu azotu, fosforu i potasu w łąkarskich gospodarstwach ekologicznych. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie t. 7 z. 2b* (21) s. 7–19.
- Baza danych regionalnych GUS. Rolnictwo. [www.stat.gov.pl](http://www.stat.gov.pl)
- Bilansowanie składników pokarmowych w gospodarstwie na powierzchni pola. Opis programu Macrobil: [www.iung.pulawy.pl/Macrobil.html](http://www.iung.pulawy.pl/Macrobil.html)
- Dyrektywa Rady 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniami pochodzenia rolniczego: [www.kzgw.gov.pl/636.html](http://www.kzgw.gov.pl/636.html)
- IGRAS J., SCHIMMELPFENNIG Z., 1997. Nadmiar czy niedobór azotu w rolnictwie polskim. W: Nadmiar azotu w rolnictwie czynnikiem zagrożenia zdrowia człowieka. Międzynarodowa konferencja. Warszawa 9–10.01.1997 r. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 97–104.
- KOPACZ M., TWARDY S., 2006. Zmiany użytkowania ziemi w zlewni górnego Dunajca w aspekcie wybranych parametrów jakościowych wód powierzchniowych. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie t. 6 z. 2* (19) s. 191–202.
- KUŹNIAR A., TWARDY S., KOSTUCH M., JANOTA J., 2007. Tendencje zmian w użytkowaniu ziemi w obszarach przygranicznych Karpat (na przykładzie zlewni Sanu). *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich z. 54* s. 112–119.
- KUŹNIAR A., TWARDY S., KOWALCZYK A., KOSTUCH M., 2008. Impact of land use on the surface water quality of the Wiar River (the San catchment area). *Polish Journal of Environmental Studies vol. 17 no 3A* s. 362–366.
- MARCINKOWKI T., 1996. Bilans azotu oraz zawartość azotanów w środowisku glebowo-wodnym w gospodarstwach regionu Żuław Wiślanych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych z. 440* s. 231–237.
- MARCINKOWKI T., SAPEK A., 1998. Phosphorus balance in selected farms of Elbląg provinces. W: Phosphorus in agriculture and quality protection. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 35–38.
- NIEDŹWIEDŹ T., OBRĘBSKA-STARKŁOWA B., 1991. Klimat. W: *Dorzecze Górnej Wisły. Cz. 1. Pr. zbior.* Red. I. Dynowska, M. Maciejewski. Warszawa–Kraków: PWN s. 68–84.
- Oferta IUNG. Programy komputerowe: [www.iung.pulawy.pl/\\_Oferty.html](http://www.iung.pulawy.pl/_Oferty.html)
- PIETRZAK S., 1996. Bilans azotu w gospodarstwie rolnym – metoda i interpretacja. W: Nadmiar azotu w rolnictwie czynnikiem zagrożenia zdrowia człowieka. Międzynarodowa Konferencja. Warszawa 9–10.01.1997 r. Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 71–77.
- PIETRZAK S., 2002. Ocena potencjalnych strat azotu na podstawie bilansu w gospodarstwach rolnych o zróżnicowanym udziale użytków zielonych. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie nr 2* ss. 58.

- PIETRZAK S., 2002a. Bilanse i emisje składników nawozowych w gospodarstwach demonstracyjnych. *Zeszyty Edukacyjne* 7. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 47–56.
- PIETRZAK S., 2005. Optymalizacja wykorzystania azotu i fosforu w gospodarstwach prowadzących chów bydła mlecznego na Podlasiu. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie* nr 13 ss. 129.
- PIETRZAK S., MICHALSKI W., PERKA J., RYBKA U., SAPEK A., 1997. Bilans azotu w gospodarstwie rolnym jako przedmiot edukacji rolniczej. *Zeszyty Edukacyjne* 4. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 57–62.
- PIETRZAK S., SAPEK A., 1996. Ocena zagrożeń dla środowiska pochodzących ze źródeł rolniczych na podstawie bilansu azotu w gospodarstwie rolnym. W: *Technika i technologia w ochronie środowiska. Lublin-Naęczów. I Forum Inżynierii Środowiska. Lublin: Wydaw. Ekoinż.* s. 12–130.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych. *Dz. U.* 2003 r. nr 4 poz. 44.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 14 kwietnia 2004 r. w sprawie szczegółowych warunków i trybu udzielania pomocy finansowej na wspieranie działalności rolniczej na obszarach o niekorzystnych warunkach gospodarowania objętej planem rozwoju obszarów wiejskich. *Dz. U.* 2004 nr 73 poz. 657
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji do prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód. *Dz. U.* 2004 nr 32 poz. 284.
- SAPEK A., 1996. Nitrogen balance on national, regional and farm level in Poland. W: *Progress in nitrogen cycling studies. Pr. zbior. Red. O. Van Cleemput, G. Hofman, A. Vermoesen. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ.* s. 371–375.
- SAPEK A., PIETRZAK S., 1996. Bilans azotu w rolnictwie polskim – prognoza rozpraszania azotu do środowiska. W: *Nadmiar azotu w rolnictwie czynnikiem zagrożenia zdrowia człowieka. Międzynarodowa konferencja. Warszawa 9–10.01.1997 r. Falenty: Wydaw. IMUZ* s. 88–96.
- SAPEK A., PIETRZAK S., 2000a. Bilans fosforu i potasu w gospodarstwach nastawionych na produkcję zwierzęcą jako podstawa do zaleceń nawozowych. W: *Dobre praktyki w rolnictwie – Sposoby ograniczania zanieczyszczeń wód. Przysiek: RCDRRiOW* s. 72–79.
- SAPEK A., PIETRZAK S., 2000b. Potassium and phosphorus farm-gate balance in livestock farms a basis fertilizer recommendations. W: *Potassium and phosphorus: fertilization effect on soil and crops. Proc. Regional IPI Workshop, October 23–24, Lithuania* s. 56–60.
- SMOROŃ S., 1996. Bilans azotu w gospodarstwach indywidualnych województwa nowosądeckiego. *Sądecki Informator Rolniczy* nr 8 s. 19–20.
- SMOROŃ S., 1999. Stężenia składników nawozowych w wodach gruntowych gospodarstwa rolnego. W: *Roła użytków zielonych i zadrzewień w ochronie środowiska rolniczego. Międzynar. Konf. Nauk.-Tech. Kraków–Jaworki 21–22.X. Kraków: Wydaw. AR* s. 319–330.
- SMOROŃ S., 2001. Bilans składników pokarmowych na przykładzie wielokierunkowego gospodarstwa rolnego. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie* t. 1 z. 1(1) s. 201–212.
- SMOROŃ S., KUŹNIAR A., 2006. The seasonal changes of a surface water quality in the tourist areas of the Podhale (the western Carpathians). *Polish Journal of Environmental Studies* vol. 15 no 5c s. 90–93.
- STALENGA J., JOŃCZYK K., KUŚ J., 2004. Bilans składników pokarmowych w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji roślinnej. *Annales UMCS* vol. 59 nr 1 Sect. E s. 383–389.
- SZPONAR L., PAWLIK-DOBROWOLSKI J., DOMAGAŁA R., TWARDY S., TRACZYK I., 1996. Bilans azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim. *Prace IŻŻ* 80 s. 5–60.
- Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne. *Dz.U.* 2001 nr 115 poz. 1229.
- WITEK T., GÓRSKI T., KERN H., ŻUKOWSKI B., BUDZYŃSKA K., FILIPIAK K., FIUT M., STRZELEC J., 1994. Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski według gmin. *Pr. zbior. Red. T. Witek. Supplement A-57. Puławy: IUNG* ss. 248.

ZASTAWNY J., JANKOWSKA-HUFLEJT H., WRÓBEL B., 2001. Podstawowe założenia systemu niskonakładowej produkcji rolniczej. W: Niskonakładowa produkcja rolnicza z wykorzystaniem pasz na użytkach zielonych w Karpatach Polskich. Pr. zbior. Red. H. Jankowska-Huflejt, J. Zastawny. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 21–31.

*Sylwester SMOROŃ, Stanisław TWARDY, Antoni KUŹNIAR*

**NITROGEN AND PHOSPHORUS BALANCE  
IN CARPATHIAN AGRICULTURAL LESS FAVOURED AREAS (LFA)**

*Key words: Carpathian areas, compound balance, LFA, nitrogen, phosphorus*

**S u m m a r y**

The objective of the study was to determine nitrogen and phosphorus balance with the “on the field surface” method using the MACROBIL computer programme. The programme compares nutrient input delivered with manure, fertilizers, precipitation and microbial N fixation with the output of nutrients removed in plant yield. Studies were carried out in the Carpathian region, within the upper Vistula River basin which is classified as Less Favoured Areas (LFA) with specific difficulties and LFA belonging to mountain categories. The balance showed that an excess of analysed compounds in the LFA of specific difficulties did not exceed  $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ AL}$  (from  $2.0$  to  $21.4 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ AL}$ ). The excess of P varied from  $1.2$  to  $4.4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ AL}$ . In the mountain LFA the respective values were from  $-2.4$  to  $23.1 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ AL}$  and from  $-2.5$  to  $4.8 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ AL}$ . The study confirmed that in areas with low-input agricultural production, excessive nitrogen enrichment did not pose a threat to the ground water under agricultural lands.

---

**Recenzenci:**

*doc. dr hab. Janusz Igras*

*prof. dr hab. Andrzej Sapek*

Praca wpłynęła do Redakcji 24.04.2009 r.