



PRZYCZYNY ZMIAN STĘŻENIA ZWIĄZKÓW AZOTU I FOSFORU W WODACH POWIERZCHNIOWYCH GÓRNEJ ZLEWNI SANU (PO PRZEKRÓJ W PRZEMYSŁU) W LATACH 1990–2005

Antoni KUŹNIAR, Stanisław TWARDY, Agnieszka KOWALCZYK

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Małopolski Ośrodek Badawczy w Krakowie

Słowa kluczowe: składniki nawozowe, użytkowanie ziemi, wody powierzchniowe, zlewnia Sanu

Streszczenie

W pracy przedstawiono zmiany stężenia związków azotu i fosforu zarejestrowane w wodach Sanu po profil wodowskazowy w Przemysłu (3663 km²) oraz w rzece Wiar – ujście do Sanu – Krówniki (798,3 km²). Wykorzystano dane WIOŚ w Rzeszowie z 12 punktów pomiarowo-kontrolnych oraz wyniki własne, zgromadzone w ramach prac statutowych IMUZ. WIOŚ prowadzi monitoring wód dwukrotnie w ciągu miesiąca, co daje podstawy do oceny zmian stężenia amoniaku (NH₄⁺), azotanów (NO₃⁻), fosforanów (PO₄³⁻) oraz fosforu ogólnego (P_{og}) w wodach powierzchniowych zlewni Sanu z uwzględnieniem ich związku z produkcją roślinną, zwierzęcą i ze zmianami demograficznymi. Zgromadzony materiał poddano analizie ze szczególnym uwzględnieniem okresu zimowego (XI–IV), okresu letniego (V–X) oraz całego roku. Stwierdzono, że w okresach letnich występowało mniejsze niż w półroczach zimowych średnie stężenie związków azotu i fosforu. Analizując zmiany stężenia w poszczególnych częściach zlewni Sanu, wykazano że największe zróżnicowanie średnich wartości stężenia zanotowano w rzece Wiar. Stężenie składników nawozowych u jej ujścia było największe i odpowiadało III i IV klasie czystości.

WSTĘP

Rzeka San charakteryzuje się urozmaiconą pod względem użytkowym zlewnią o powierzchni 16 861,3 km². Jej powierzchnia stanowi aż 33,2% dorzecza górnej Wisły, przy

czym jej część górską obejmuje 4485 km². Zlewnia ta jest częścią Ekoregionu 10 (Karpaty). Występują tu gminy o niekorzystnych warunkach gospodarowania (ONW górskie), a także obszary prawnie chronione, jak np. Bieszczadzki Park Narodowy, parki krajobrazowe oraz obszary Natura 2000. Omawiana zlewnia ma duże znaczenie w gospodarce wodnej kraju, gdyż średnie odpływy jednostkowe przyjmują tu znaczne wartości (np. 24,6 dm³·s⁻¹·km⁻² w Dwerniku). Dlatego na Sanie są zlokalizowane duże zbiorniki retencyjne (Solina i Myczkowce). Ich prawidłowa eksploatacja wymaga jednak właściwego zagospodarowania zlewni, zwłaszcza w górnym biegu rzeki, co wpłynie na zmniejszenie obciążenia związkami azotu i fosforu.

Omawiany rejon wyróżnia się najmniejszym w Polsce zużyciem nawozów mineralnych na 1 ha UR – 65,3 kg NPK·ha⁻¹, w tym nawozów azotowych 27,8 kg N·ha⁻¹ oraz stosunkowo małym zużyciem nawozów naturalnych – 37,5 kg NPK·ha⁻¹ [Rocznik ..., 2005]. Zużycie nawozów koresponduje z plonami roślin uprawnych, które na tym terenie są mniejsze od średniej krajowej – zbóż 32,1, a ziemniaków 181 dt·ha⁻¹. Obsada zwierząt gospodarskich w omawianej zlewni jest istotnie zróżnicowana i wynosi od 5 (gm. Lutowska) do 40 DJP na 100 ha UR w gminach Dynów i Bukowsko [Rocznik..., 2005; Użytkowanie..., 2003].

W ostatnich latach jakość wód powierzchniowych Sanu uległa poprawie. Jest to następstwem budowy nowych oczyszczalni ścieków, jak również zmniejszenia się ilości ścieków przemysłowych. Przyczyniła się do tego również w znacznym stopniu obecnie prowadzona niskonakładowa, ekstensywna produkcja rolnicza. Liczne obserwacje na obszarach karpaccich wskazują jednak na ciągle jeszcze istniejące zagrożenie wód powierzchniowych nadmierną ilością składników nawozowych pochodzenia antropogenicznego. Główną przyczyną zanieczyszczeń obszarowych są nawozy azotowe, natomiast zanieczyszczeń punktowych – fosforowe [KAMIŃSKI, WRÓBEL, 1991; Kryteria..., 2003; POLAK, PŁUŻAŃSKI, 1983; SAPEK, 1996; SATKOWSKA, KRAMARZ, 2000; SUCHY, ZAWADA, 2000].

Celem artykułu jest określenie dynamiki zmian stężenia związków azotu i fosforu: amoniaku (NH₄⁺), azotanów (NO₃⁻), fosforanów (PO₄³⁻) oraz fosforu ogólnego (P_{og}) w wodach powierzchniowych zlewni Sanu w latach 1990–2005 z uwzględnieniem wpływu użytkowania ziemi na jakość wód oraz na stężenie składników nawozowych w wybranych punktach pomiarowych.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAWCZEGO

Obszarem badań jest zlewnia Sanu po wodowskaz w Lesku (1614 km²) i Przemysłu (3663 km²) oraz zlewnia rzeki Wiar o powierzchni 798,3 km² (Krówniki). Średnia roczna z wielolecia suma opadów utrzymuje się tu w granicach 894,4–1010,0 mm [KRZANOWSKI, 2000]. Średni roczny przepływ Q_s w profilu wodowskazowym w Lesku dochodzi do 27, a w Przemysłu wynosi 52 m³·s⁻¹, co odpowiada spływowi jednostkowemu odpowiednio 16,5 i 14,0 dm³·s⁻¹·km⁻² [PUNZET, 1991]. San po przekrój wodowskazowy Przemysłu zbiera wody powierzchniowe z terenów rolniczych, leśnych i przemysłowych. Jest też odbiornikiem ścieków oczyszczonych z pięciu miast (Lesko, Zagórz, Sanok, Dynów, Przemysłu). Zlewnia Sanu jest stosunkowo słabo zaludniona – przeciętnie 62 os·km⁻², przy czym najmniejsza gęstość zaludnienia występuje w gminie Lutowska (5 os·km⁻²), a największe w gminie miejsko-wiejskiej Przemysłu (507 os·km⁻²) [Ochrona..., 2004]. Jest to teren

o bardzo dużej lesistości, a w górnej części również górzysty (Bieszczady). Lasy zajmują na terenie zlewni (po wodowskaz w Przemyślu) ponad 241 600 ha, co stanowi ok. 60% całkowitej powierzchni zlewni. Największa lesistość występuje w części źródłowej zlewni, w której lasy zajmują blisko 70% powierzchni. Udział użytków rolnych w analizowanych częściach zlewni wynosi od 20,1 (przekrój Lesko) do 31,4% (przekrój Przemyśl) [KUŹNIAR i in., 2007; TWARDY, 1993].

Rzeka Wiar jest prawobrzeżnym dopływem Sanu, do którego uchodzi w 160 km biegu. Jest rzeką graniczną długości 70,4 km i jej średni przepływ Q_s wynosi $6,48 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a średni spływ jednostkowy $8,21 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ [PUNZET, 1991]. Rzeka ta w miejscowości Sierakośce wpływa na terytorium Ukrainy i po przepłynięciu wzdłuż granicy 12 km ponownie wraca na obszar Polski. Górną część zlewni stanowią tereny rolnicze, użytkowane ekstensywnie, oraz leśne. Wiar w swoim dolnym biegu płynie przez obszary rolnicze oraz zurbanizowaną gminę Przemyśl. Głównym źródłem zanieczyszczenia w polskiej części zlewni są ścieki z gminy i miasta Przemyśl [Stan ..., 2006].

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Zmiany stężenia związków azotowych, fosforanów oraz fosforu ogólnego określono na podstawie wyników analiz próbek wód pobieranych z rzek San i Wiar w latach 1990–2005 (z rzeki Wiar również w 2006 r.), w punktach pomiarowo-kontrolnych przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Rzeszowie (WIOŚ). Badania te są częścią monitoringu krajowego, obejmującego 26 wskaźników podstawowych: fizykochemicznych, hydrobiologicznych i bakteriologicznych oraz wskaźniki dodatkowe. Ponadto rzeka Wiar na odcinkach przygranicznych jest objęta dodatkowym monitoringiem, tzw. granicznym. W pracy poddano analizie wyniki z 12 punktów pomiarowo-kontrolnych – 9 punktów na rzece San i 3 na rzece Wiar (tab. 1, rys. 1), monitorowanych dwukrotnie w ciągu miesiąca. Na Sanie były to następujące punkty: Rajskie, gm. Solina (km 352 + 000), powyżej Leska – Łączki (km 304 + 100), poniżej Leska (km 294 + 900), powyżej Sanoka (km 282 + 400), powyżej Dynowa – Bartkówka (km 234 + 900), poniżej Dynowa – Bachórz (km 228 + 000), Babice (km 201 + 100), Przemyśl-Prałkowice (km 168 + 900), poniżej Przemyśla – Hurko (km 156 + 600). Rozpatrywane punkty pomiarowe na rzece Wiar to: Sierakośce (km 22 + 500), Stanisławczyk (km 11 + 500) oraz ujście do Sanu (km 0 + 300).

Jakość wody w Sanie oceniono na podstawie stężenia składników nawozowych: NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} oraz P_{og} . Ustalono minimalne, maksymalne i średnie wartości wskaźników w okresie badawczym w poszczególnych punktach kontrolnych. Wyniki analiz umożliwiły obliczenie średniego stężenia w roku kalendarzowym (I–XII), roku hydrologicznym (XI–X), a także okresie letnim (V–X) i zimowym (XI–IV). Wartości stężenia związków azotu i fosforu zhierarchizowano w 5-stopniowej skali, zgodnie z zasadami określonymi w Rozporządzeniu Ministra Ochrony Środowiska [2004]. Wskaźniki jakości wody odpowiadające klasie I nie wskazują na żadne oddziaływania antropogeniczne, II lub III – na stosunkowo niewielki stopień oddziaływania antropogenicznego, IV – wyraźnie negatywne skutki takich oddziaływań, a klasy V – całkowitą nieprzydatność do celów gospodarczych, zwłaszcza konsumpcyjnych. Obliczono również ładunki składników nawozowych w wybranych przekrojach pomiarowych.

Tabela 1. Średnie roczne stężenie składników nawozowych w wodach Sanu i Wiaru oraz ładunki tych składników w latach 1990–2005**Table 1.** Annual mean nutrient concentrations in waters of the San and Wiar Rivers, and nutrient loads in the years 1990–2005

Rzeka River	Numer i nazwa punktu pomiarowo-kontrolnego The number and name of the measurement point	Km biegu Course km	Stężenie Concentration mg·dm ⁻³				Ładunek ¹⁾ Load ¹⁾ kg·rok ⁻¹ ·ha ⁻¹			
			NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	P _{og} P _{tot}	N-NH ₄	N-NO ₃	ΣN	P _{og} P _{tot}
San	1 Rajske, gm. Solina Rajske, Solina county	352 + 000	0,17 (I)	4,40 (I)	0,09 (I)	0,05 (I)	1,1	7,7	8,8	0,39
	2 powyżej Leska above Lesko	304 + 100	0,16 (I)	5,49 (I)	0,05 (I)	0,05 (I)	0,7	6,4	7,0	0,26
	3 poniżej Leska below Lesko	294 + 900	0,15 (I)	5,61 (I)	0,05 (I)	0,06 (I)	0,6	6,5	7,1	0,31
	4 powyżej Sanoka above Sanok	282 + 400	0,19 (I)	4,94 (I)	0,06 (I)	0,06 (I)	0,8	5,5	6,3	0,29
	5 powyżej Dynowa above Dynów	234 + 900	0,20 (I)	4,76 (I)	0,09 (I)	0,08 (I)	–	–	–	–
	6 poniżej Dynowa below Dynów	228 + 000	0,20 (I)	4,67 (I)	0,09 (I)	0,10 (I)	–	–	–	–
	7 Babice	201 + 100	0,24 (I)	4,78 (I)	0,09 (I)	0,09 (I)	–	–	–	–
	8 Przemysł-Prałkowice	168 + 000	0,23 (I)	4,95 (I)	0,09 (I)	0,08 (I)	0,8	5,0	5,8	0,36
	9 Hurko, poniżej Przemysła Hurko, below Przemysł	156 + 600	0,26 (I)	4,47 (I)	0,10 (I)	0,10 (I)	1,0	4,5	5,4	0,45
Wiar ²⁾	10 Sierakońce	22 + 500	0,19 (I)	3,40 (I)	0,11 (I)	0,09 (I)	–	–	–	–
	11 Stanisławczyk	11 + 500	0,24 (I)	3,73 (I)	0,11 (I)	0,09 (I)	–	–	–	–
	12 ujście do Sanu (Krówniki) outflow to the San (Krówniki)	0 + 300	2,73 (III)	6,11 (II)	0,80 (IV)	0,52 (III)	5,8	3,6	9,4	1,35

Objaśnienia: w nawiasach podano klasy czystości wód zgodnie z rozporządzeniem MOŚ [Rozporządzenie..., 2004].

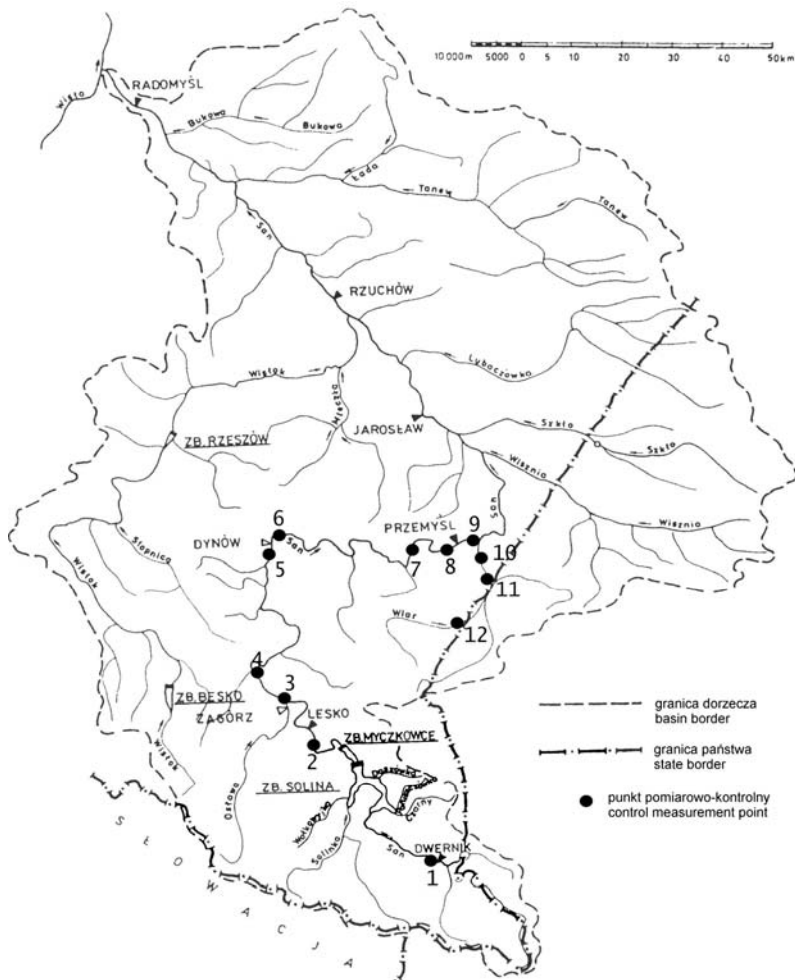
¹⁾ Ładunki obliczono na podstawie średnich z wieloletnich rocznych przepływów – dane IMGW [PUNZET, 1991].

²⁾ Dane dotyczące Wiaru obejmują okres 1990–2006.

Explanations: water quality classes acc. to the decree of the Minister of Environment are given in brackets [Rozporządzenie..., 2004].

¹⁾ Loads were calculated based on long term water flows – data of the Institute of Meteorology and Water Management [PUNZET, 1991].

²⁾ Data pertaining to the Wiar River are from the years 1990–2006.



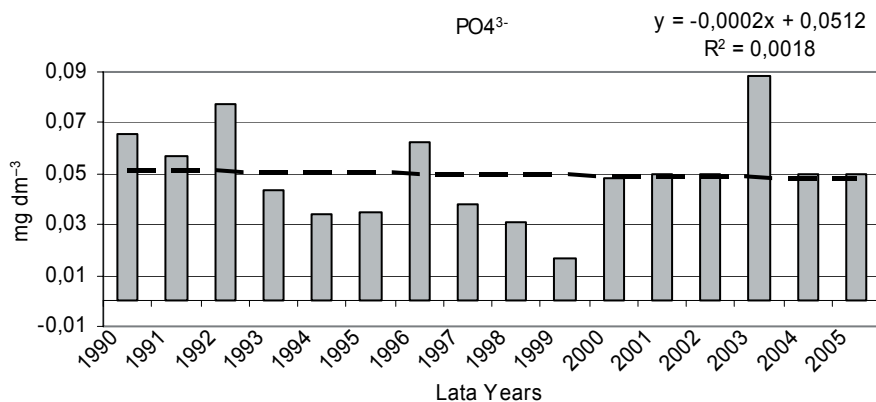
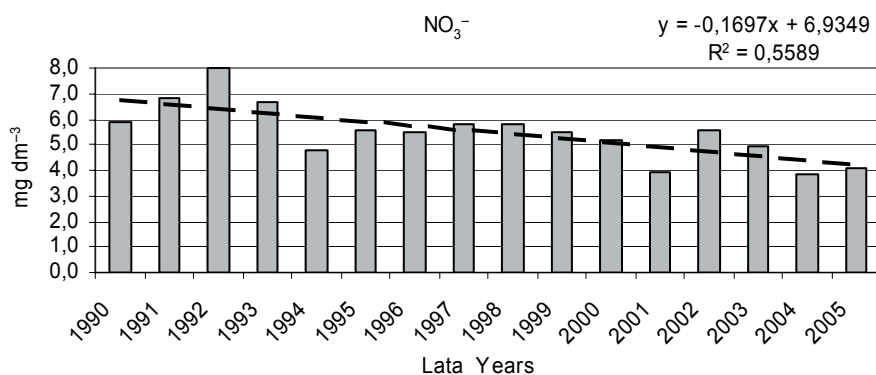
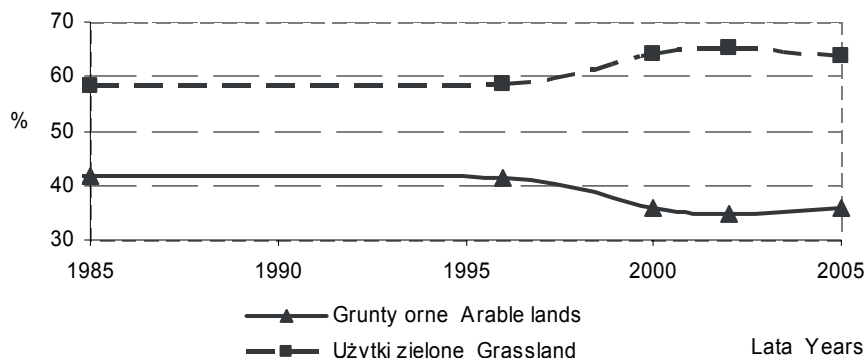
Rys. 1. Lokalizacja punktów pomiarowo-kontrolnych jakości wody w zlewni Sanu; 1–12 – jak w tabeli 1 [Stan ..., 2006]

Fig. 1. Localization of control measurement points in the San basin 1–12 – as in Tab. 1 [Stan ..., 2006]

Podczas opracowywania danych o użytkowaniu ziemi i gruntów rolnych korzystano z materiałów statystycznych, głównie z powszechnych spisów rolnych, przeprowadzonych w latach 1996 i 2002 [Powszechny..., 1997; 2003].

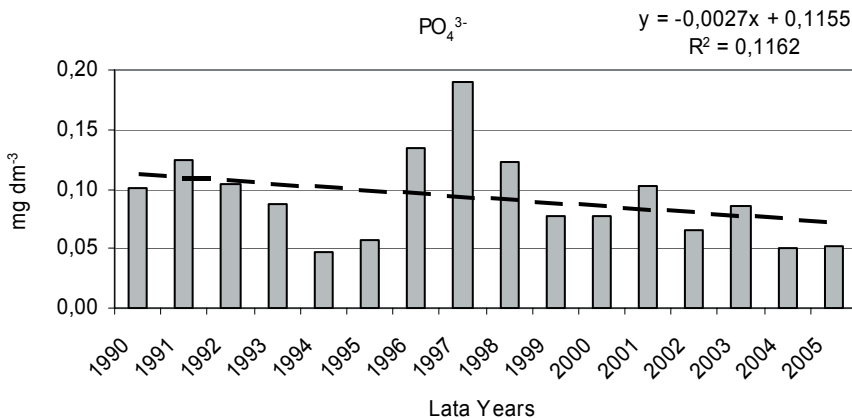
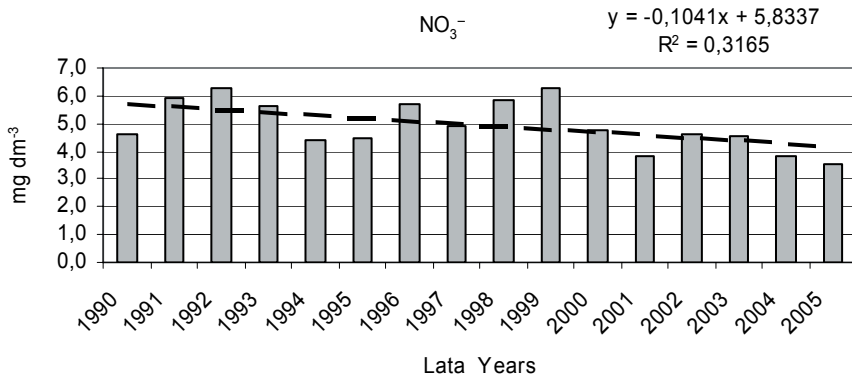
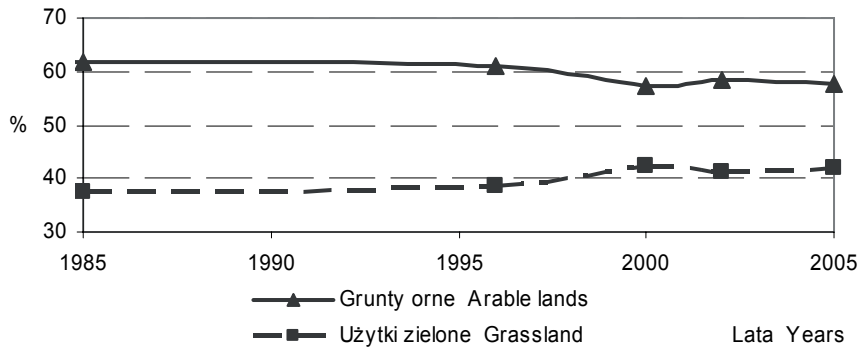
WYNIKI BADAŃ

Analizowano stężenie składników nawozowych: NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} oraz P_{og} w rzekach San i Wiar (tab. 1, rys. 2–4). Średnie stężenie azotanów w rzece San nie było duże i na



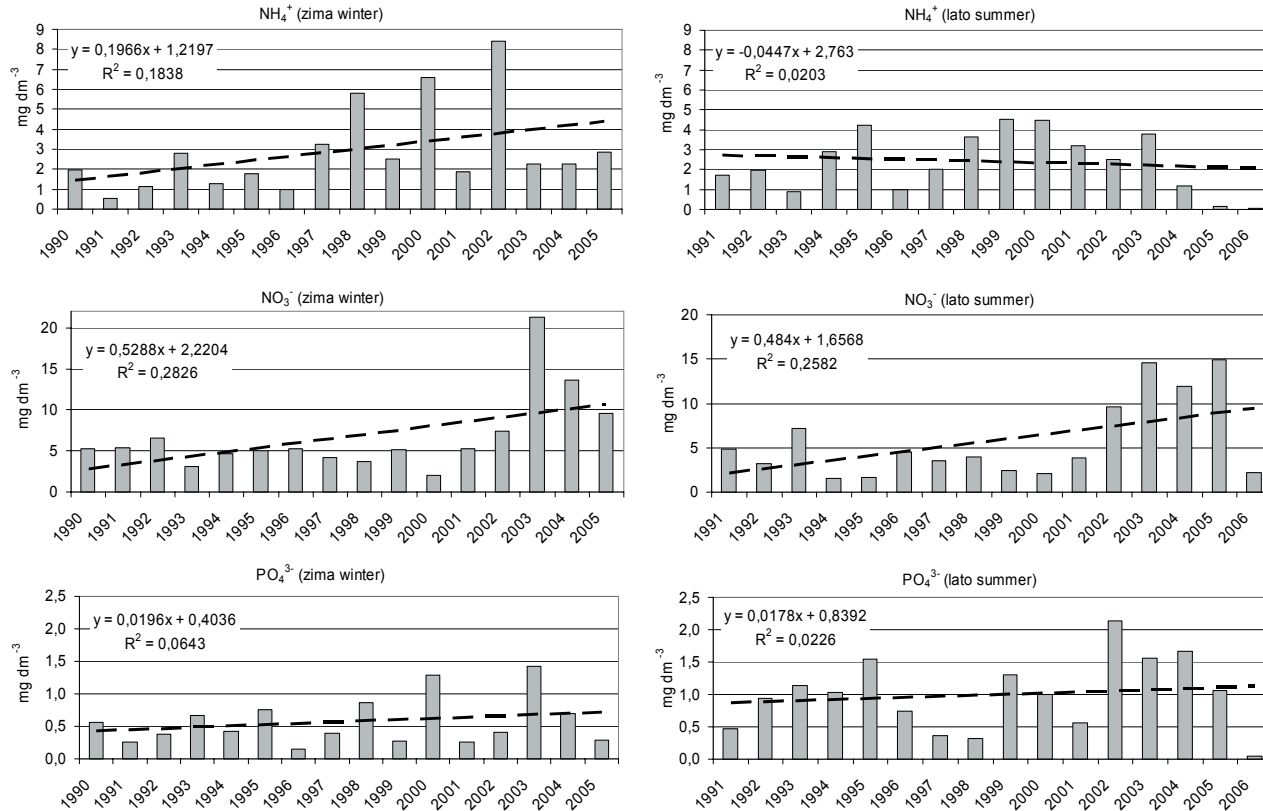
Rys. 2. Zmiany średnich rocznych wartości stężenia azotanów i fosforanów w rzece San (przekrój Lesko, powierzchnia zlewni $A = 1614 \text{ km}^2$) w okresie 1990–2005 na tle struktury użytków rolnych

Fig. 2. Changes of the annual mean concentrations of nitrates and phosphates in the San River (Lesko section, catchment area $A = 1614 \text{ km}^2$) for the period of 1990–2005 against the background of agricultural land use



Rys. 3. Zmiany średnich rocznych wartości stężenia azotanów i fosforanów w rzece San (przekrój Przemyśl, powierzchnia zlewni $A = 3663 \text{ km}^2$) w okresie 1990–2005 na tle struktury użytków rolnych

Fig. 3. Changes of the annual mean concentrations of nitrates and phosphates in the San River (Przemyśl section, catchment area $A = 3663 \text{ km}^2$) for the period of 1990–2005 against the background of agricultural land use



Rys. 4. Zmiany średnich rocznych wartości stężenia składników nawozowych w rzece Wiar (u ujścia, km biegu rzeki 0 + 300) w układzie roku hydrologicznego w miesiącach zimowych (XI–IV) 1990–2005 oraz letnich (V–X) w latach 1991–2006

Fig. 4. Changes of the annual mean nutrient concentrations in the Wiar River (section at its mouth, km 0 + 300) for winter (XI–IV) and summer (V–X) periods of the years 1991–2006

ogół nie przekraczało wartości granicznej dla I klasy czystości, czyli $5,0 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{dm}^{-3}$ (tab. 1). Najmniejsze średnie miesięczne stężenie tych składników (poniżej $4,0 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{dm}^{-3}$) wystąpiło w obu analizowanych profilach wodowskazowych (Lesko i Przemysł) w latach 2004 i 2005. Maksymalne stężenie zarejestrowano natomiast w 1992 r. w przekroju w Lesku i wyniosło ono $12,08 \text{ NO}_3^- \cdot \text{dm}^{-3}$.

Jednym z ważniejszych czynników, wpływających na stężenie składników nawozowych, jest użytkowanie ziemi. Analizując zmiany strukturalne gruntów ornych oraz użytków zielonych w ogólnej powierzchni użytków rolnych z lat 1985–2005 (rys. 2, 3), stwierdzono że w całej zlewni występuje trend zmniejszania areалу gruntów ornych na rzecz użytków zielonych, przy czym w wyżej położonej części zlewni Sanu (przekrój Lesko) użytki zielone zdecydowanie przeważają nad gruntami ornymi. W przypadku całego analizowanego obszaru zlewni (przekrój w Przemysłu) proporcje te są odwrotne. Odnosząc zmiany średniego stężenia azotanów w wodach Sanu w latach 1990–2005, stwierdzono że postępujące zmniejszanie ich stężenia następowało wraz ze zwiększaniem się udziału użytków zielonych na obszarze zlewni. Dotyczy to zwłaszcza wyników z punktu wodowskazowego w Lesku. Stężenie tych związków w rzece San wiąże się zarówno ze zmianami strukturalnymi, jak i sposobem rolniczego gospodarowania, np. niskim poziomem nawożenia. Z kolei ich stężenie w rzece Wiar wykazało w okresie letnim rosnący trend ($R^2 = 0,26$), który jednak w okresie zimowym również był statystycznie istotny (rys. 4). Stężenie NO_3^- we wszystkich latach wykazywało prawidłowość, polegającą na utrzymywaniu się większych wartości w okresie zimowym, a mniejszych w okresie letnim. Maksymalne średnie ich stężenie zanotowano w zimie 2003 r. – $21,24 \text{ mg NO}_3^- \cdot \text{dm}^{-3}$.

Stężenie amoniaku na całej długości biegu rzeki San nie przekraczało wartości granicznej dla I klasy czystości, czyli $0,5 \text{ mg NH}_4^+ \cdot \text{dm}^{-3}$ (tab. 1). Lokalnie zwiększone stężenie tego związku jest rezultatem odprowadzania do rzeki ścieków bytowych z Leska, Dynowa i Przemysła. Stężenie to zmienia się w ciągu roku. W okresie letnim (V–X) jest ono mniejsze, natomiast w okresie zimowym – większe. Maksymalne stężenie amoniaku ($8,39 \text{ mg NH}_4^+ \cdot \text{dm}^{-3}$) zarejestrowano u ujścia rzeki Wiar w okresie zimowym 2002 r. (rys. 4), a najmniejsze – w okresie letnim 2005 r. ($0,14 \text{ mg NH}_4^+ \cdot \text{dm}^{-3}$), co prawdopodobnie było związane również z intensywnością życia biologicznego w tym czasie. Średnie miesięczne stężenie NH_4^+ w wodach Wiaru w okresie zimowym wykazało tendencję rosnącą (rys. 4), przy czym zależność ta była nieistotna ($R^2 = 0,1838$). Zmiany średniego rocznego stężenia fosforanów w wodach Sanu i Wiaru w latach 1990–2005 i wyznaczonych dla nich trendów przedstawiono na rysunkach 2–4. W analizowanych przekrojach rzeki (Przemysł i Lesko) ich stężenie nie przekraczało wartości granicznej dla I klasy czystości, czyli $0,2 \text{ mg PO}_4^{3-} \cdot \text{dm}^{-3}$. Średnie stężenie przekroju w Lesku mieściło się w granicach $0,02\text{--}0,09 \text{ mg PO}_4^{3-} \cdot \text{dm}^{-3}$, a w Przemysłu – $0,04\text{--}0,19 \text{ mg PO}_4^{3-} \cdot \text{dm}^{-3}$. Średnie roczne ich stężenie w wodach Sanu wykazywało wraz z upływem czasu tendencję malejącą, podczas gdy w wodach rzeki Wiar tendencja ta była rosnąca. Zależności te były jednak statystycznie nieistotne (San – $R^2 = 0,116$; Wiar – $R^2 = 0,064$ zimą, Wiar – $R^2 = 0,023$ latem). Największe średnie stężenie fosforanów w rzece Wiar ($2,13 \text{ mg PO}_4^{3-} \cdot \text{dm}^{-3}$) zaobserwowano w okresie letnim 2002 r.

Ładunki składników nawozowych charakteryzowały się dużą zmiennością i były wypadkową stężenia, przepływów oraz powierzchni zlewni cząstkowych. W przypadku N- NH_4 wahały się w granicach od 0,6 do 5,8, N- NO_3 – od 3,6 do 7,7, a P – od 0,26 do 1,35 $\text{kg} \cdot \text{rok}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 1).

DYSKUSJA WYNIKÓW

Przeprowadzone badania terenowe oraz analiza materiału zgromadzonego w latach 1990–2005 potwierdzają obserwowaną w ostatnim okresie poprawę jakości wód Sanu. Odnosi się to do wszystkich analizowanych składników nawozowych, przy czym zdecydowanie największe, korzystne zmiany, związane ze zmniejszeniem ich stężenia, stwierdzono w przypadku azotanów. Wynika to z faktu, że jednym z ważniejszych czynników wpływających na dynamikę rozproszenia związków azotu i fosforu ze źródeł obszarowych jest sposób rolniczego użytkowania zlewni, w tym również sposób i poziom stosowanego na jej obszarze nawożenia mineralnego i organicznego.

Cechą charakterystyczną zlewni Sanu jest jej zdecydowanie rolniczo-leśny charakter, słabe zaludnienie, a także przewaga ludności wiejskiej nad miejską. Liczne badania wykazały, że z takich zalesionych zlewni odpływają wody o najlepszej klasie czystości [NIEMTUR i in., 2002]. Na odcinku, na którym rzeka San płynie przez obszary leśne i ekstensywnie użytkowane trwałe użytki zielone (np. między punktami pomiarowo-kontrolnymi Rajskie i Lesko), stężenie NH_4^+ , NO_3^- i PO_4^{3-} jest wyraźnie mniejsze. Może to być również wynikiem zmniejszającej się antropopresji na tych obszarach. W wodach Sanu, w przekroju Przemysł oraz w ujściowych partiach rzeki Wiar, stwierdzono większe stężenie związków azotu (NH_4^+ , NO_3^-) oraz fosforanów (PO_4^{3-}) niż w punktach pomiarowo-kontrolnych, odnajdujących część zlewni użytkowaną rolniczo-leśnie. O zachodzących procesach samoczyszczania mogą świadczyć małe wartości poszczególnych wskaźników w miarę zwiększającej się odległości od źródeł zanieczyszczenia, np. miast lub gmin o niskim wskaźniku skanalizowania. Czynnikiem modyfikującym stężenie azotanów była też vegetacja roślin, która ograniczała ich rozpraszanie do wód powierzchniowych. W rzece Wiar rejestrowano jednak zwiększanie się w czasie stężenia azotanów w partii ujściowej, co pozostaje w związku z większą liczbą ognisk, generujących zanieczyszczenia na tym obszarze (tereny zabudowane gminy Przemysł).

WNIOSKI

1. Obszar zlewni Sanu (po wodowskaz w Przemysłu) należy zaliczyć do rejonów czystych ekologicznie. Wynika to między innymi z ekstensywnej produkcji rolnej, słabego przemysłownictwa oraz niewielkiego zaludnienia.

2. Użytkowanie ziemi oraz jej okrywa roślinna wpływają na stężenie związków azotu i fosforu w wodzie. Najmniejsze stężenie rejestruje się na obszarach leśnych i ekstensywnie użytkowanych trwałych łąkach. Podobnie kształtują się ładunki składników nawozowych w zlewniach Sanu i Wiaru.

3. W ostatnim 16-leciu (1990–2005) na obszarze analizowanej zlewni występują tendencje do zmniejszania się arealu gruntów ornych na korzyść użytków zielonych. Zmiana ta była istotną przyczyną zmniejszenia stężenia analizowanych związków azotu i fosforu.

4. Jakość wód Wiaru uległa w ostatnich latach znacznemu pogorszeniu w porównaniu z wodami Sanu. Wody tej przygranicznej rzeki w pobliżu Przemysłu są klasyfikowane do II i III, a nawet IV klasy czystości.

5. Jakość wód powierzchniowych w zlewni Sanu można jeszcze poprawić, realizując przedsięwzięcia ograniczające zanieczyszczenia pochodzące ze źródeł punktowych i obszarowych. Dotyczy to nie tylko wprowadzenia dobrych praktyk rolniczych, związanych z gospodarką nawozową, ale też lepszej współpracy przygranicznej polsko-ukraińskiej.

LITERATURA

- KAMIŃSKI B., WRÓBEL S., 1991. Zanieczyszczenie wód. W: Dorzecze górnej Wisły Cz. 2. Pr. zbior. Red. I. Dynowska, M. Maciejewski. Warszawa–Kraków: PWN s. 27–42.
- Kryteria wyznaczania wód i obszarów wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu pochodzącymi ze źródeł rolniczych (na terenie RZGW w Krakowie). Opracowanie monograficzne, 2003. Pr. zbior. Red. S. Twardy. Kraków: IMUZ, RZGW ss. 93.
- KRZANOWSKI S., 2000. Wpływ retencji zbiornikowej na wybrane elementy środowiska, ze szczególnym uwzględnieniem zmian reżymu przepływów na rzece poniżej zbiornika (na przykładzie dorzecza Sanu). Rozpr. Habil. nr 259 Zesz. Nauk. AR Krak. ss. 153.
- KUŹNIAR A., TWARDY S., KOSTUCH M., JANOTA D., 2007. Tendencje zmian użytkowania ziemi w obszarach przygranicznych Karpat (na przykładzie zlewni Sanu). Probl. Zagosp. Ziem Górsk. PAN z. 54 s. 111–119.
- NIEMTUR S., MANKORSKA B., GODZIK B., GRODZIŃSKA K., 2002. Changes in Carpathian forest soils caused by air pollution and other factors. W: Effects of air pollution on forest health and biodiversity in forests of the Carpathian Mountains. NATO Sci. Ser. Life Behav. vol. 345 s. 225–235.
- Ochrona środowiska w województwie podkarpackim w latach 2001–2003, 2004. Rzeszów: WUS ss. 285.
- POLAK S., PŁUZAŃSKI A., 1983. Sposób użytkowania zlewni – czynnikiem wielkości ładunków związków azotu w wodach powierzchniowych. Probl. Zagosp. Ziem Górsk. PAN z. 24 s. 139–158.
- Powszechny spis rolny 1996. Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów, pogłowie zwierząt gospodarskich, województwo przemyskie, 1997. Przemysł: WUS ss. 149.
- Powszechny spis rolny 2002. Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowie zwierząt gospodarskich, województwo podkarpackie, 2003. Rzeszów: WUS ss. 149.
- PUNZET J., 1991. Przepływy charakterystyczne. W: Dorzecze górnej Wisły. Cz. 1. Pr. zbior. Red. I. Dynowska, M. Maciejewski. Warszawa–Kraków: PWN s. 167–215.
- Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej, 2005. Warszawa: GUS.
- 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. 2004 nr 32 poz. 284.
- SAPEK A., 1996. Zagrożenie zanieczyszczeniami wód azotem w wyniku działalności rolniczej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 440 s. 309–329.
- SATKOWSKA D., KRAMARZ I., 2000. Stan czystości wód powierzchniowych zlewni rzeki San na terenie przygranicznym. W: Problemy ekologiczne w obszarach nadgranicznych Polski i Ukrainy. Semin. Pol.-Ukr. Rzeszów: WIOŚ s. 59–68.
- Stan środowiska w województwie podkarpackim w 2005 roku, 2006. Rzeszów: WIOŚ ss. 245.
- SUCHY M., ZAWADA A., 2000. Ocena dotychczasowej współpracy w ochronie wód granicznych przed zanieczyszczeniami oraz przeciwdziałanie trans granicznym skutkom awarii przemysłowych z Ukrainą. W: Problemy ekologiczne w obszarach nadgranicznych Polski i Ukrainy. Semin. Pol.-Ukr. Rzeszów: WIOŚ s. 53–58.
- TWARDY S., 1993. Warunki przyrodnicze użytkowania ziemi w Karpatach. Post. Nauk Rol. nr 3 s. 51–60.

Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowie zwierząt gospodarskich, województwo podkarpackie, 2001, 2002. Rzeszów: WUS ss. 56.

Antoni KUŹNIAR, Stanisław TWARDY, Agnieszka KOWALCZYK

**THE REASONS FOR THE CONCENTRATION CHANGES
OF NITROGEN AND PHOSPHORUS COMPOUNDS
IN THE SURFACE WATERS OF THE SAN UPPER BASIN (SECTION AT PRZEMYŚL)
IN THE PERIOD OF 1990–2005**

Key words: land use, nutrient compounds, San basin surface water

S u m m a r y

In this paper the changes of nutrient components registered in the San River (at Przemyśl section 3 663 km²), and in the Wiar River – at the mouth of a San River (Krówniki – 798.3 km²), were presented. The results of research studies for the period of 1990–2005 were shown for 12 measurement sections. In the work the data of the Regional Inspectorate of Environmental Protection in Rzeszów were utilised, which monitors the surface waters twice a month as well as IMUZ Institute's the own research results, gathered within the framework of statute works. It enables the evaluation of the changes of nitrogen components, ammonium NH₄⁺ nitrate, NO₃⁻ phosphates PO₄³⁻ and P appearing in the surface waters of the San Basin. The relationships with plant and animal production as well as demographic changes were taken into consideration. The collected materials for the period 1990–2005 were analysed including the winter period (Nov–March), summer period (May–Oct) as well as for the whole year. It was found that in the summer periods (as compared with the winter periods) lower concentrations of nutrient components appeared. And the results of the analysis of particular sections of the San courses have shown that during the research periods the highest difference in average concentrations was registered in the Waiter River. The nitrogen and phosphorus concentrations at the mouth were equivalent to III and IV cleanness classes.

Recenzenci:

prof. dr hab. Józef Koc

doc. dr hab. Tadeusz Marcinkowski

Praca wpłynęła do Redakcji 02.10.2007 r.