

Wpłynęło 18.11.2013 r.
Zrecenzowano 30.05.2014 r.
Zaakceptowano 02.07.2014 r.
A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

ZMIANY JAKOŚCI WÓD TRANSGRANICZNEJ RZEKI WISZNIA W LATACH 1990–2012

**Agnieszka KOWALCZYK^{BCDF}, Antoni KUŹNIAR^{ADE},
Marek KOSTUCH^C**

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

Streszczenie

W pracy przedstawiono ocenę jakości wód powierzchniowych transgranicznej rzeki Wisznia (dorzecze górnej Wisły). Analizie poddano 8 wskaźników jakości wody, takich jak: azot całkowity, azot amonowy, azot azotanowy, fosfor, siarczany, chlorki, wapń, biologiczne zapotrzebowanie na tlen (BZT₅). Do analizy wykorzystano dane z lat 1990–2012, dotyczące jakości wody w 2 punktach pomiarowo-kontrolnych. Otrzymane wyniki były zróżnicowane, jednak ogólnie zaobserwowano zmniejszenie poziomu zanieczyszczeń. Odnosi się to do wszystkich analizowanych wskaźników. Jest to spowodowane przemianami w rolnictwie oraz budową oczyszczalni ścieków komunalnych.

Słowa kluczowe: jakość wody, rzeka transgraniczna, Wisznia, zanieczyszczenia

WSTĘP

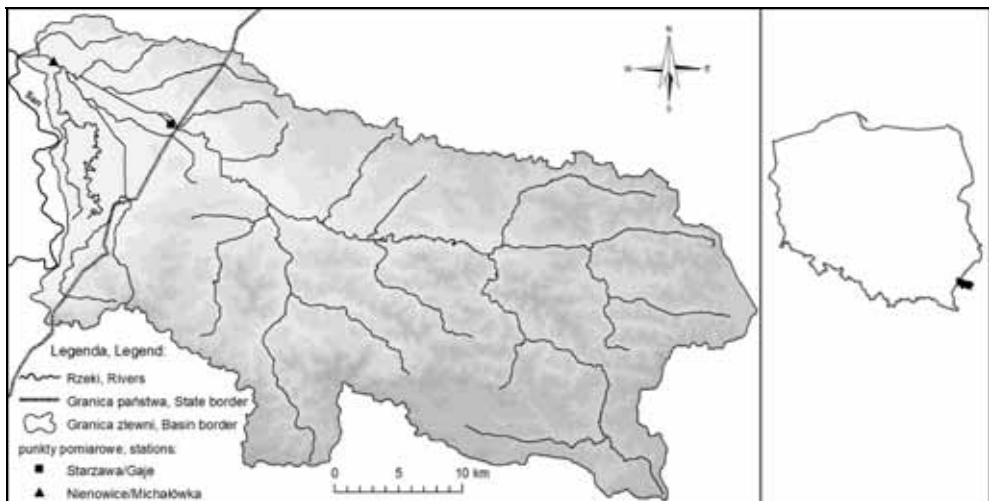
Ocenia się, że na całym świecie transgraniczne zlewnie obejmują 263 rzeki, co stanowi 60% wód rzek na globie ziemskim i 40% obszarów dorzeczy. W wielu przypadkach rzeki te tworzą transgraniczne drogi wodne użytkowane przez dwa lub więcej krajów [WOLF i in. 1999]. Kraje Unii Europejskiej, dostosowując się do dyrektywy wodnej (WFD – ang. Water Framework Direction), wdrażają zintegrowane zarządzanie zlewniami. W 1992 r. Polska podpisała w Helsinkach „Konwencję o ochronie i użytkowaniu cieków transgranicznych i jezior międzynarodowych” (zwaną konwencją wodną), która weszła w życie w 1996 r. W tym samym czasie (1996 r.) została podpisana umowa między rządami Polski i Ukrainy, dotycząca

Do cytowania For citation: Kowalczyk A., Kuźniar A., Kostuch M. 2014. Zmiany jakości wód transgranicznej rzeki Wisznia w latach 1990–2012. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 14. Z. 3(47) s. 75–88.

współpracy w dziedzinie gospodarki wodnej wód granicznych i przygranicznych [UNECE 2009].

Rzeka Wisznia jest prawobrzeżnym dopływem Sanu (dorzecze górnej Wisły) o długości 98 km i powierzchni zlewni 1228,3 km² (rys. 1). Wyływa ona u podnóża Roztocza na terytorium Ukrainy. W Polsce znajduje się tylko odcinek ujściowy tej rzeki (15 km) i 14% powierzchni jej zlewni. Polską granicę państwową przekracza ona w pobliżu miejscowości Starzawa (rys. 1). Zlewnia ta znajduje się w krakowsko-sandomierskim regionie klimatycznym. Średnia roczna suma opadów występująca w tej zlewni wynosi od 600 do 700 mm, a średnia roczna temperatura – od 7,5 do 8°C [IMGW 2010]. Zasoby wodne rzek położonych w zlewni Sanu są znaczne, ale nierównomiernie rozłożone, o dużej zmienności przepływów. W okresach suchych przepływy są małe, natomiast w deszczowych – notuje się gwałtowne i duże wezbrania. Częste zmiany przepływu sprzyjają procesom erozyjnym brzegów i dna rzecznoego. Średni roczny przepływ Q wynosi 6,63 m³·s⁻¹, a spływ jednostkowy q – 6,50 dm³·s⁻¹·km⁻² [PUNZET 1991].

Zaludnienie zlewni rzeki Wisznia jest stosunkowo małe: 47 os.·km⁻². Obszar zlewni po stronie polskiej (scalona jednolita część wód powierzchniowych nr PLRW200019225299) jest wykorzystywany w większości jako użytki rolne, głównie grunty orne. Powierzchnia użytków rolnych wynosi 12378 ha. Użytki zielone zajmują 20,5% tej powierzchni, grunty orne – 53,5%. Lasy stanowią tylko 10% powierzchni zlewni [GUS 2013; KUŹNIAR i in. 2009]. Dopływy rzeki, które znajdują się w górnej, polskiej części zlewni są przeważnie zalesione, np. potoki i kanały Bucowski, Stubienko i Kowalik [LPIŃSKA i in. 2010; SATKOWSKA 2010].



Rys. 1. Mapa zlewni transgranicznej rzeki Wisznia; źródło: opracowanie własne

Fig. 1. A map of the transboundary Wisznia River basin; source: own elaboration

Od 2005 r. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska (WIOŚ) w Rzeszowie i Państwowy Urząd Ochrony Środowiska Obwodu Lwowskiego prowadzą wspólny monitoring jakości wód przygranicznych. Oprócz tego, w ramach wdrażania przepisów dyrektywy azotanowej, wszystkie regionalne zarządy gospodarki wodnej w Polsce, na podstawie wyników badań prowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska przez Inspekcję Ochrony Środowiska, są zobowiązane do wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie azotanami ze źródeł rolniczych.

Liczne badania prowadzone w dorzeczu górnej Wisły wykazały istnienie zagrożeń dla wód powierzchniowych. Zagrożenia te są spowodowane przez nadmierne ilości składników biogennych wytwarzanych na tym terenie w wyniku działalności człowieka [LIPIŃSKA, KOZAK 2010]. Jednym z głównych źródeł azotanów w środowisku jest działalność rolnicza. Stosowanie w rolnictwie nawozów zawierających azot i fosfor jest niezbędne, jednak nadmierne i nieodpowiednie ich użycie może stanowić poważne zagrożenie dla środowiska.

Głównym źródłem zanieczyszczeń obszarowych jest nawożenie azotem i fosforem [BOURNE i in. 2002; SAPEK 1996]. Zanieczyszczenia z punktowych źródeł po obu stronach granicy, to głównie ścieki z terenów miejskich i wiejskich, a także z zakładów przemysłowych, jak również z przejścia granicznego w Szegini. Zagrożeniem dla wód mogą być także duże bazy produktów ropopochodnych w Mościskach i Sudowej Wiszni.

Celem pracy było określenie wpływu czynników, takich jak rolnictwo i urbanizacja na zmienność wartości wskaźników jakości wód rzeki Wisznia w latach 1990–2012. Analizie poddano stężenia w wodzie składników biogennych, siarczanów, chlorków i wapnia oraz biologiczne zapotrzebowanie na tlen (BZT_5). Według EEA [2007; 2010] celem takich analiz jest określenie związku wartości tych wskaźników z wpływem rolnictwa i urbanizacji.

METODY BADAŃ

Zmiany stężenia związków chemicznych i biologicznych określono na podstawie analiz próbek wód pobieranych z rzeki Wisznia w latach 1990–2012 przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Rzeszowie [LIPIŃSKA i in. 2010]. Analizy wykonywano w laboratorium WIOŚ w Rzeszowie, które wdrożyło i utrzymuje system zarządzania zgodny z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC i dokumentów Polskiego Centrum Akredytacji.

W opracowaniu wykorzystano dane (ze zbiorów IMGW) dotyczące średnich rocznych przepływów Q z okresu hydrologicznego 1992–2009 w profilu wodowskazowym Nienowice na rzece Wisznia [IMGW 2010] oraz dane GUS [2010]. Analizie poddano wyniki z dwóch punktów pomiarowo-kontrolnych (rys. 1) – punktu granicznego w Starzawie (14,2 km biegu rzeki) oraz u ujścia rzeki do Sanu

w miejscowości Nienowice (3,5 km). W 2007 r. nastąpiła zmiana lokalizacji przekrojów kontrolno-pomiarowych: przekroju granicznego w Starzawie na przekrój Gaje i przekroju w Nienowicach na przekrój Michałówka [CWYNAR, SATKOWSKA, 2012].

W badaniach uwzględniono 8 następujących wskaźników jakości wód: stężenie jonu amonowego (NH_4^+), jonu azotanowego (NO_3^-), azotu całkowitego (N), fosforu ogólnego (P), siarczanów (SO_4^{2-}), chlorków (Cl^-), jonu wapniowego (Ca^{2+}) oraz biochemiczne zapotrzebowanie na tlen (BZT_5). Ustalono ich średnie miesięczne wartości, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska [2011]. Zastosowana w pracy metoda ma na celu dostarczenie informacji dotyczących podstawowych trendów zmian wartości wskaźników jakości wód (np. między 2 punktami pomiarowymi) w analizowanej rzece Wisznia.

Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą oprogramowania R. Do analizy częstości występowania wartości wskaźników wykorzystano dodatek programu Excel do statystycznej analizy danych „Analysis ToolBar”, w szczególności: histogram, statystyka opisowa.

W celu wykazania zmienności w czasie wartości wskaźników mierzonych co miesiąc, posłużono się metodą korelacji liniowej dwóch zmiennych. Wyznaczono współczynniki determinacji i korelacji, określające poziom zależności liniowej między zmiennymi, wykonano analizę regresji linowej wybranych zależności. Istotność wyznaczonych korelacji liniowych ustalono za pomocą tablic dla danych wartości współczynnika korelacji r przy różnych stopniach swobody $N-2$ (gdzie N jest liczbą danych)

WYNIKI BADAŃ

WSKAŹNIKI BIOGENNE

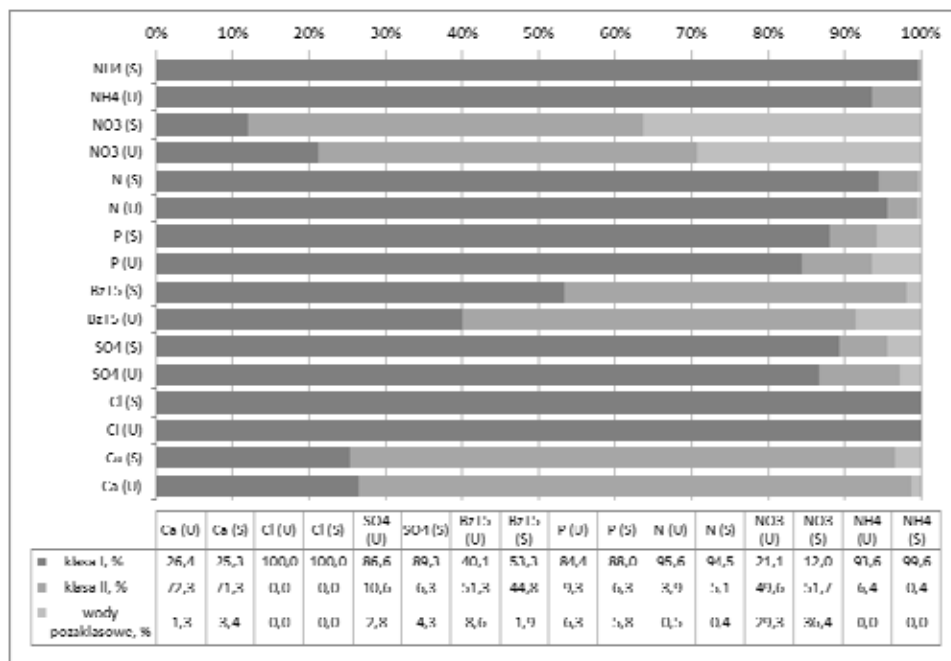
Średnie miesięczne wartości stężenia składników biogenych oznaczonych w punkcie pomiarowym u ujścia do Sanu wynosiły: jonu amonowego (NH_4^+) – $0,35 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (od $0,05$ do $1,29 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), jonu azotanowego (NO_3^-) – $4,34 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (od $0,03$ do $18,14 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), azotu całkowitego (N) – $2,40 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (od $0,82$ do $11,41 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), fosforu ogólnego (P) – $0,27 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (od $0,02$ do $3,88 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$).

Z częstotliwości (%) występowania stężeń poszczególnych składników biogenych w wodach rzeki Wisznia (rys. 2) wynika, że ogólnie nie były one duże i zwykle nie przekraczały wartości granicznej dla klasy I czystości.

Najmniejszą częstotliwość występowania stężenia w klasie I czystości zanotowano w przypadku NO_3^- – wynosiła ona tylko 12,1% w Starzawie/Gajach i 21% w Nienowicach/Michałówce (rys. 2).

Zanotowano statystycznie istotne tendencje malejące średnich miesięcznych stężeń biogenów z czasem (rys. 3). Całkowite stężenia azotu i fosforu pozwalają na

zaliczenie wody badanej rzeki do I klasy czystości ($<5 \text{ mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ oraz $<0,2 \text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$). Wskaźniki odpowiadające I klasie czystości wody świadczą o braku oddziaływania antropogenicznego i stanie ekologicznym bardzo dobrym, a klasy II – o stosunkowo niewielkim wpływie antropogenicznym i dobrym stanie ekologicznym. Klasy czystości wód powyżej II świadczą o negatywnym wpływie antropogenicznym i braku przydatności wody do celów gospodarczych [Rozporządzenie MŚ... 2011] (rys. 2).



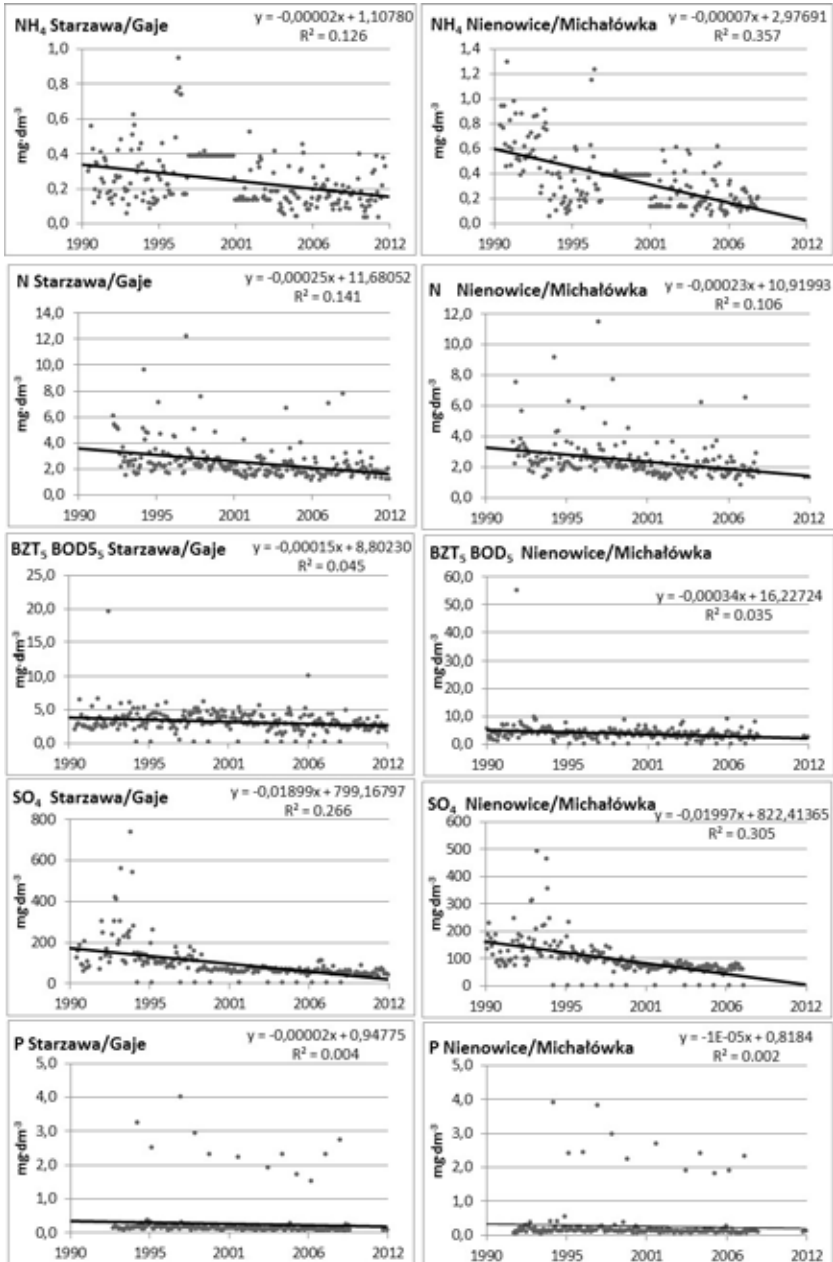
Rys. 2. Częstotliwość (%) występowania wartości wskaźników jakości wód rzeki Wisznia w poszczególnych klasach czystości; punkty pomiarowe: Starzawa/Gaje (S) przy granicy państwa oraz Nienowice/Michałowka (U) u ujścia do Sanu; średnie miesięczne z okresu 1990–2012; źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ Rzeszów

Fig. 2. Distribution frequency (%) of the water-quality indicators of the Wisznia River at the two sample sites: Starzawa (S)/Gaje and Nienowice/Michałowka (at the San River mouth) (U) – monthly data from the 1990–2012 period; source: own elaboration based on the data originated from the files of WIOŚ Rzeszów

Obserwowane przez ostatnie 20 lat zmiany stężenia azotu i fosforu wykazywały podobne tendencje w obu analizowanych miejscach (rys. 3).

Wartości współczynników korelacji (linowej) świadczą o istnieniu istotnej korelacji wartości biogenych wskaźników jakości wody z latami prowadzonych obserwacji ($N = 210$) (tab. 1).

Ogólnie mniejsze stężenie związków azotu i fosforu stwierdzono przy ujściu rzeki (rys. 4). Ma to związek z zjawiskiem samooczyszczania się wód.



Rys. 3. Zmienność wartości wskaźników jakości wód rzeki Wisznia w dwóch punktach pomiarowych: Starzawa/Gaje przy granicy państwa oraz Nienowice/Michałowka u ujścia do Sanu; dane z okresu 1990–2012; źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ Rzeszów

Fig. 3. Variation of the water-quality indicators of the Wisznia River at two sample sites: Starzawa/Gaje and at the river mouth, data from the 1990–2012 period; source: own elaboration based on the data originated from the files of WIOŚ Rzeszów

Tabela 1. Współczynniki korelacji r zależności wskaźników jakości wód rzeki Wisznia od lat badań w punktach pomiarowych Starzawa/Gaje przy granicy państwa i Nienowice/Michałowka u ujścia do Sanu; dane z okresu 1990–2012

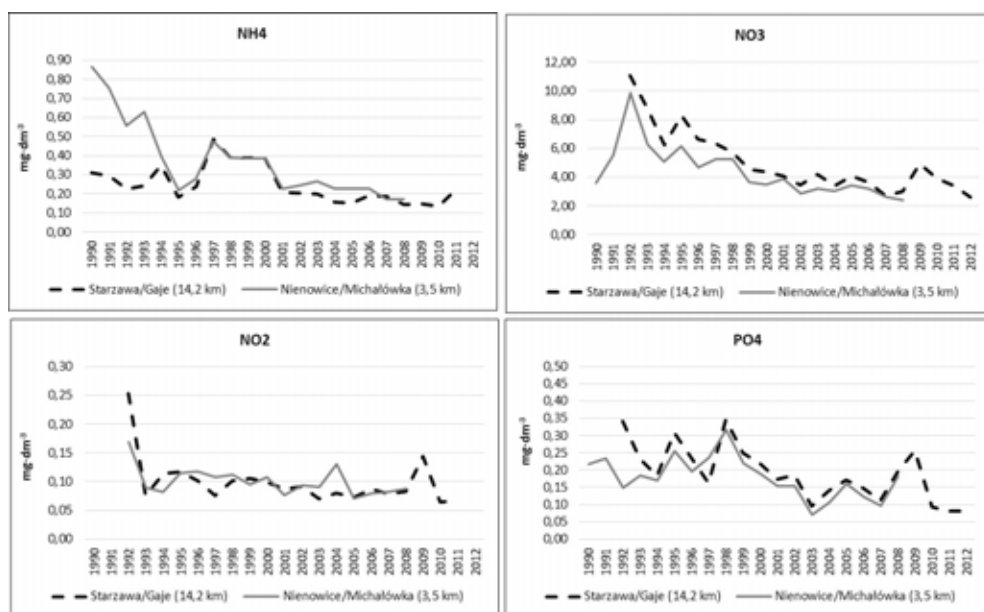
Table 1. The correlation coefficients of the linear regression equations r for indicators of the water quality of the Wisznia River for the 2 measuring points: Starzawa and, the mouth of the San River; the data from the period 1990–2012

Wskaźniki jakości wód Water quality indicators	Współczynniki korelacji r The correlation coefficients r	
	Starzawa/Gaje	Nienowice/Michałowka
N-NH ₄	-0,355*	-0,597*
N-NO ₃	-0,508*	-0,416*
N	-0,375*	-0,326*
P	-0,063	-0,045
BZT ₅ , BOD ₅	-0,212	-0,187
SO ₄	-0,516*	-0,552*

Objaśnienie: * – istotność r , gdy $p = 0,05$. Explanation: * – significance of r at $p = 0.05$.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ Rzeszów.

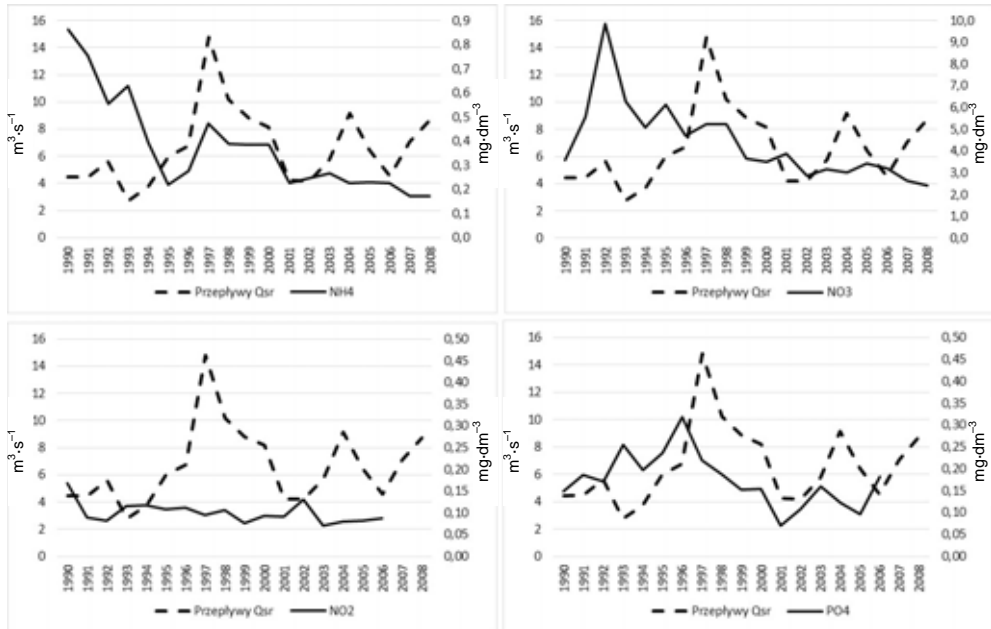
Source: own elaboration based on the data originated from the files of WIOŚ Rzeszów.



Rys. 4. Średnie roczne stężenia związków azotu i fosforu w rzecze Wisznia (1990–2012), w punktach pomiarowych Starzawa/Gaje przy granicy państwa i Nienowice/Michałowka u ujścia do Sanu; źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ Rzeszów

Fig. 4. Mean annual concentrations of the nitrogen and phosphorus compounds in the Wisznia River, (1990–2012), the measuring stations: Nienowice/Michałowka at the mouth and Starzawa/Gaje at border station; source: own elaboration based on the data originated from the files of WIOŚ Rzeszów

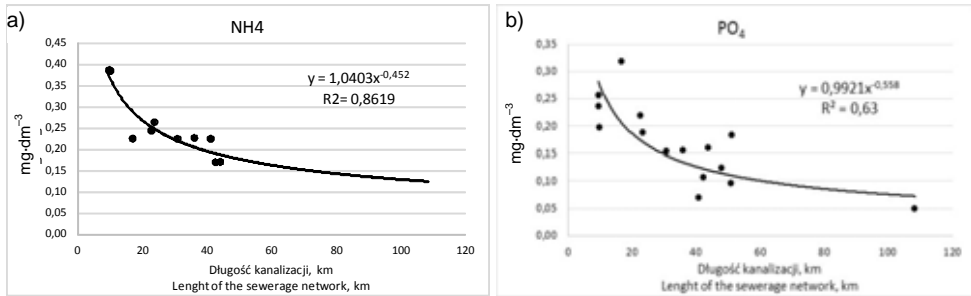
Z badań wynika także, że średnie roczne stężenia związków azotu i fosforu w rzece Wisznia u ujścia (3+500), w przekroju wodowskazowym Nienowice/Michałowka, są zdecydowanie mniejsze w okresach większych objętości średnich rocznych przepływów (rys. 5). Dotyczy to przede wszystkim średnich przepływów rocznych powyżej $6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



Rys. 5. Średnie roczne stężenia związków azotu i fosforu i średnie roczne przepływy Q_{sr} w rzece Wisznia w punkcie pomiarowym Nienowice/Michałowka u ujścia do Sanu (1990–2008); źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ Rzeszów

Fig. 5. Mean annual concentrations of the nitrogen and phosphorus compounds in the Wisznia River, at the measuring station at Nienowice/Michałowka, at the mouth and mean annual river flows Q_{sr} , (1990–2008); source: own elaboration based on the data originated from the files of WIOŚ Rzeszów

Z analiz zależności stężeń jonów NH_4^+ oraz PO_4^{3-} w rzece Wisznia u ujścia do Sanu w Nienowicach od długości sieci kanalizacyjnej na obszarze zlewni (w okresie 1990–2012) wynika, że budowa systemów kanalizacyjnych (w połączeniu z oczyszczalniami ścieków) znacznie poprawiła jakość wód w omawianej rzece (rys. 6). Jednak istniejąca zabudowa miejska i wiejska, w połączeniu z ciągle niedostateczną liczbą oczyszczalni ścieków, mogą być przyczyną powstawania punktowych źródeł zanieczyszczeń.



Rys. 6. Zależność stężenia a) NH_4^+ oraz b) PO_4^{3-} w rzece Wisznia w przekroju kontrolno-pomiarowym Nienowice/Michałowka od długości kanalizacji w zlewni w okresie 1990–2012; źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ Rzeszów

Fig. 6. The relationship between a) NH_4^+ and b) PO_4^{3-} concentrations in the Wisznia River at the measuring station Nienowice/Michałowka, and the length of the sewerage network (km); source: own elaboration based on the data originated from the files of WIOŚ Rzeszów

BIOCHEMICZNE ZAPOTRZEBOWANIE NA TIEN

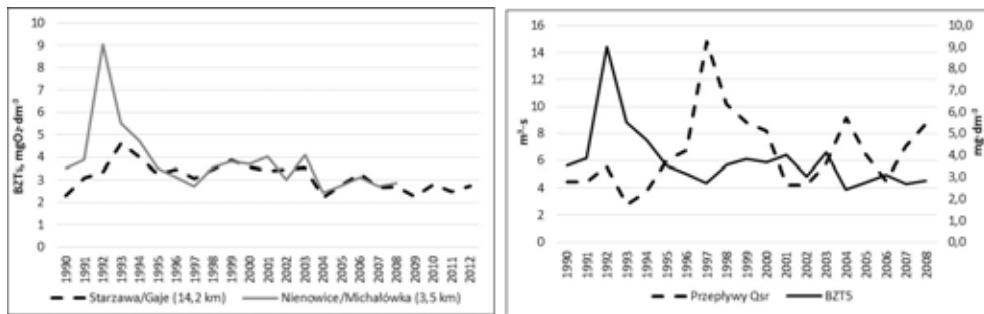
5-dniowe biochemiczne zapotrzebowanie na tlen (BZT_5) jest jednym z najczęściej wykorzystywanych indyktorów zanieczyszczenia wody substancjami organicznymi, stosowanym w monitoringu środowiska. Wskaźnik ten wyraża się w jednostkach ilości tlenu potrzebnego do utlenienia substancji organicznej w procesach rozkładu z udziałem bakterii.

Badania w okresie 1990–2012 wykazały duże zróżnicowanie wartości BZT_5 w wodach rzeki Wisznia. W tym okresie wartości BZT_5 wynosiły średnio w Starzawie/Gajach, przy granicy państwa, 3,19 mg $\text{O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ (0,05–9,5 mg $\text{O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$), a w Nienowicach/Michałowce, u ujścia do Sanu – 3,79 mg $\text{O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ (0,07–55,0 mg $\text{O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$). Wskaźnik BZT_5 pogarszał jakość wody w badanej rzece najczęściej do II klasy (w Starzawie/Gajach – 44,8%, w Nienowicach/Michałowce – 51,3%), a także do wód pozaklasowych (odpowiednio 1,9 i 8,6%) (rys. 2). Największe wartości BZT_5 wystąpiły u ujścia do Sanu (rys. 3, 7)

Z analizy średnich rocznych wartości BZT_5 i średnich przepływów Q_{sr} w przekroju Nienowice u ujścia (3+500 km) wynika, że istnieje zależność tego wskaźnika od objętości przepływów (rys. 7). Równocześnie zmienność wartości BZT_5 wskazuje, że źródłami zanieczyszczenia wód powierzchniowych substancjami organicznymi mogły być oczyszczalnie ścieków komunalnych, oczyszczalnie przydomowe oraz opady burzowe.

WSKAŹNIKI ZASOLENIA

Wskaźniki zasolenia, w tym stężenie siarczanów, chlorków i wapnia, są również często wykorzystywane do oceny czystości wód. Średnie wartości wskaźników zasolenia w latach 1990–2012 w punkcie pomiarowym Starzawa/Gaje wyno-



Rys. 7. Średnie roczne wartości BZT₅ (1990–2012) w rzece Wisznia w przekrojach pomiarowo-kontrolnych Starzawa/Gaje przy granicy państwa i Nienowice/Michałowka u ujścia do Sanu oraz średnie przepływy Q_{sr} w Nienowicach; źródło: opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ Rzeszów

Fig. 7. Mean annual BOD₅ concentrations in the Wisznia River (1990–2012), the measuring stations: Nienowice/Michałowka at the mouth and at the border station Starzawa/Gaje and mean annual river flows Q_{sr} , (1990–2008); source: own elaboration based on the data originated from the files of WIOŚ Rzeszów

siły: stężenie siarczanów (SO_4^{2-}) – 90,62 mg·dm⁻³ (od 0,05 do 736,5 mg·dm⁻³), chlorków – (Cl^-) 29,6 mg·dm⁻³ (od 2,0 do 104,0 mg·dm⁻³), wapnia (Ca) – 112,66 mg·dm⁻³ (od 4,15 do 327,60 mg·dm⁻³), a w punkcie pomiarowym w Nienowice/Michałowka (ujście do Sanu): siarczanów – 100,3 mg·dm⁻³ (od 0,07 do 489,5 mg·dm⁻³), chlorków – 32,4 mg·dm⁻³ (od 1,6 do 96,0 mg·dm⁻³) i wapnia – 110,7 mg·dm⁻³ (od 4,40 do 286,0 mg·dm⁻³). Siarczany pogarszały jakość wody w rzece Wisznia do II klasy (od 6,3% w punkcie Starzawa/Gaje do 10,6% w punkcie Nienowice/Michałowka), a poniżej tej klasy – odpowiednio w granicach w 4,3 i 2,8%. Wyraźne ogólne zmniejszanie się wartości wskaźników zasolenia (np. SO_4^{2-} , rys. 3) w ciągu lat badań, zaobserwowane w omawianej rzece, ma związek ze zmniejszaniem się wartości stężenia tych składników w wodach rzeki na Ukrainie.

DYSKUSJA

Industrializacja oraz rozwój obszarów wiejskich stały się przyczyną znacznego, nie zawsze korzystnego, oddziaływania człowieka na środowisko naturalne [EEA 2007, 2010; OGLETHORPE i in. 2002; WIATKOWSKI, PAUL 2009]. Małe ciekі, takie jak rzeka Wisznia, spełniają w środowisku ważne funkcje, a mimo to są narażone na wiele negatywnych czynników, głównie pochodzenia antropogenicznego. Celem dyrektywy azotanowej jest ograniczenie zanieczyszczenia wód, spowodowanego azotanami pochodzenia rolniczego, oraz ich ochrona przed dalszym zanieczyszczeniem. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że w żadnym z punktów pomiarowo-kontrolnych monitoringu rzeki Wisznia średnie roczne stężenie azotanów nie przekroczyło wartości 40 mg NO₃·dm⁻³, powyżej któ-

rej, zgodnie z ustaleniami dyrektywy azotanowej (przetransponowanej do polskiego prawa), uznaje się wody za zagrożone związkami azotu.

Podobne badania (na podstawie danych z WIOŚ) przeprowadzono w zlewni Dunajca [SZALIŃSKA, DOMINIK 2005]. Wykazano, że rozwój obszarów wiejskich w tej zlewni w latach 1970 i 1980 przyczynił się do zwiększenia średnich rocznych wartości wskaźników zanieczyszczeń (BZT₅, stężenie amoniaku, fosforanów).

Dane dotyczące jakości wód, gromadzone według przedstawionej w pracy metodyki, mogą służyć do określenia trendów zmian zawartości poszczególnych zanieczyszczeń w ubiegłych latach, także w zlewni rzeki Wisznia. Cechą charakterystyczną analizowanej zlewni jest jej zdecydowanie rolniczo-leśny charakter, małe zaludnienie, a także przewaga liczebności mieszkańców wsi [KUŹNIAR i in. 2007]. Przeprowadzone badania potwierdzają obserwowaną w ostatnim okresie poprawę jakości wód Sanu. Odnosi się to do wszystkich składników biogenych, przy czym zdecydowanie największe korzystne zmiany, związane ze zmniejszeniem ich stężenia, stwierdzono w przypadku azotanów. Wynika to z tego, 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 [KUŹNIAR i in. 2008, 2009].

Monitoring prowadzony przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Rzeszowie potwierdził, że w latach 2009–2010 rzeką Wisznia dopływały z Ukrainy do Polski wody zanieczyszczone [SATKOWSKA 2010].

Znacznie zmniejszyło się stężenie siarczanów – z 356,4 do 295,2 mg SO₄·dm⁻³ (dopuszczalne stężenie siarczanów w wodach granicznych wynosi 150 mg SO₄·dm⁻³ [SATKOWSKA 2010]).

Na podstawie danych z okresu 1990–2012 najmniej korzystne zmiany stwierdzono w przypadku 5-dniowego biochemicznego zapotrzebowania na tlen (BZT₅) oraz stężenia N-NO₃. Pogorszenie jakości wód powierzchniowych zostało spowodowane przez czynniki pochodzenia antropogenicznego. Z drugiej strony stężenie składników biogenych (całkowite N, P) było wyraźnie małe i rzadko przekraczało graniczną wartości pierwszej i drugiej klasy czystości (rys. 2). Podobnie wskaźniki zasolenia wskazują na wyraźną poprawę jakości wód, która nastąpiła w ostatnich latach. Amoniak, chlorki i wapń miały mniejszy wpływ na klasyfikację czystości wód. Może to być wynikiem ograniczenia wpływu antropopresji w niektórych częściach zlewni, ponieważ są to tereny przede wszystkim rolnicze o małym zaludnieniu, znacznie zalesione.

PODSUMOWANIE

Z oceny stanu środowiska omawianej zlewni na podstawie średnich miesięcznych wartości wskaźników jakości wód wynika, że w latach 1992–1994 postępował proces poprawy jakości wód powierzchniowych na badanym terenie. W ciągu

ostatnich 18 lat, pomimo dużej zmienności, nastąpiło ogólne zmniejszenie stężeń chemicznych i biologicznych zanieczyszczeń w badanej wodzie.

Budowa systemów kanalizacyjnych (zwiększenie długości sieci) spowodowała znaczną poprawę biologicznych warunków w rzece Wisznia w latach 1995–2012.

Biorąc pod uwagę zmianę wartości wskaźników jakości wód wzdłuż polskiego odcinka rzeki Wisznia, od punkt granicznego (14,2 km) do ujścia do Sanu (3,5 km), można wnioskować, że zanieczyszczenia wód w ukraińskich regionach granicznych mają znaczący wpływ na czystość tej małej rzeki, a w konsekwencji – pośrednio – całego dorzecza górnej Wisły.

Dane dotyczące jakości wód mogą służyć do określenia trendów zmian poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń w ubiegłych latach. Z badań wynika, że monitorowanie wspólnych zasobów wodnych oraz zanieczyszczeń w rzekach transgranicznych, takich jak Wisznia, jest ważnym elementem zintegrowanego zarządzania zlewniami.

LITERATURA

- BOURNE A., ARMSTRONG N., JONES G. 2002. A preliminary estimate of total nitrogen and total phosphorus loading to streams in Manitoba, Canada. Manitoba Conservation Report No 2002-04. Manitoba. Water Quality Management Section ss. 49.
- CWYNAR M., SATKOWSKA D. 2012. Stan środowiska województwa podkarpackiego na obszarze przygranicznym z Ukrainą w 2011 roku [online]. [Dostęp 20.01.2013]. Przemysł. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Rzeszowie ss.72. Dostępny w Internecie: http://www.wios.rzszow.pl/cms/upload/edit/file/opracowania/del%20przemysl/stan_srodowiska_w_strefie_przyg_2011.pdf
- UNECE 2009. River basin commissions and other institutions for transboundary water cooperation. Capacity for water cooperation in Eastern Europe, Caucasus and Central Asia. New York, Geneva. United Nations. ISBN 978-92-1-117012 ss. 49.
- EEA 2007. Assessing water quality in Europe using stratification techniques. Results of a prototype application using French data. EEA Technical report No 10/2007. Copenhagen. ISBN 978-92-9167-928-7 ss.72.
- EEA 2010. The European environment – state and outlook 2010. Copenhagen. ISBN 978-92-9213-163-0 s. 8-30.
- GUS 2013. Baza danych [online]. [Dostęp 20.01.2013]. Dostępny w Internecie: http://rzszow.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/rzsz/ASSETS_13p10.pdf
- IMGW 2010. Obliczanie przepływów średnich rocznych z okresu hydrologicznego 1991–2009 dla profili wodowskazowych: Nienowice na Wiszni, Charytany na Szkle, Zapalów na Lubaczówce. Maszynopis. Kraków ss. 12.
- KUŹNIAR A., TWARDY S., KOWALCZYK A. 2008. Przyczyny zmian stężenia związków azotu i fosforu w wodach powierzchniowych górnej zlewni Sanu (po przekrój w Przemyślu) w latach 1990–2005. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 8. Z. 1 (22) s. 185–196.
- KUŹNIAR A., TWARDY S., KOWALCZYK A. 2009. Changes in the pollution concentrations in the surface water of the Upper San against a background of land management. Polish Journal of Environmental Studies. Vol. 18. No 3a s. 207–213.

- KUŹNIAR A., TWARDY S., SMORON S., KOWALCZYK A. 2007. An application of agri-environmental indicators for the evaluation of the sustainable development level of the San basin. *Polish Journal of Environmental Studies*. Vol. 16. No 3B s. 273–276.
- LIPIŃSKA E., KOZAK E. 2010. Problemy ekologiczne w polsko-ukraińskiej strefie przygranicznej – wczoraj i dziś. W: *Strefowa narada wojewódzkich inspektorów ochrony środowiska z województw: dolnośląskiego, lubelskiego, małopolskiego, opolskiego, podkarpackiego i śląskiego* [online]. [Dostęp 18.11.2013]. Rzeszów, 8–9 kwietnia 2010 r. s. 51–83. Dostępny w Internecie: http://www.wios.rzeszow.pl/cms/upload/edit/file/narada_strefowa_8_9_kwietnia_2009r.pdf
- LIPIŃSKA E., SATKOWSKA D., Cwynar M., KOBUS T. KLIMKOWSKA R., Nawrot J. 2010. Stan środowiska województwa podkarpackiego na obszarze przygranicznym z Ukrainą [online]. [Dostęp 18.11.2013]. *Przemysł–Jasło*. WIOŚ ss. 73. Dostępny w Internecie: http://www.wios.rzeszow.pl/cms/upload/edit/file/stan_srodowiska_w_strefie_przygranicznej.pdf
- OGLETHORPE D. SMITH J., DICKSON J.W., SINCLAIR A., MCTAGGART D. 2002. Nitrate vulnerable zone action programme regulations. Moray, Aberdeenshire, Banff and Buchan; Fife and Strathmore; Lothians and Borders; and Nithsdale nitrate vulnerable zones. *Regulatory Impact Assessment*. Edinburgh. SAC ss. 184.
- PUNZET J. 1991. Charakterystyczne przepływy. W: *Dorzecze górnej Wisły*. Pr. zbior. Red. I. Dynowska, M. Maciejewski. Warszawa – Kraków. PWN s. 167–215.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. *Dz.U.* 2011. Nr 257 poz. 1545.
- SAPEK A. 1996. Zagrożenie zanieczyszczeniami wód azotem w wyniku działalności rolniczej. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 440 s. 309–329.
- SATKOWSKA D. 2010. Ocena jakości wód rzek granicznych za 2010 rok [online]. [Dostęp 18.11.2013]. *Przemysł*. WIOŚ Rzeszów ss. 8. Dostępny w Internecie: http://www.wios.rzeszow.pl/cms/upload/edit/file/opracowania/del%20przemysl/Monitoring_wod_granicznych_2010.pdf
- SZALIŃSKA E., DOMINIK J. 2005. Zmiany jakości środowiska wodnego zlewni górnego Dunajca w latach 1977–2003. *Czasopismo Techniczne*. Z.16-Ś s. 127–143.
- UNECE 2009. River basin commissions and other institutions for transboundary water cooperation. Capacity for water cooperation in Eastern Europe, Caucasus and Central Asia. New York, Geneva. United Nations. ISBN 978-92-1-117012 ss. 49.
- WIATKOWSKI M., PAUL L. 2009. Surface water quality assessment in the Troja River catchment in the context of Włodzienin reservoir construction. *Polish Journal of Environmental Studies*. Vol. 18. No. 5 s. 923–929.
- WOLF A., NATHARIUS J., DANIELSON J., WARD B., PENDER J. 1999. International river basins of the world. *International Journal of Water Resources Development*. Vol. 15. No. 4 s. 387–427.

Agnieszka KOWALCZYK, Antoni KUŹNIAR, Marek KOSTUCH

CHANGES OF WATER QUALITY OF THE TRANSBOUNDARY WISZNIA RIVER IN THE YEARS 1990–2012

Key words: *transboundary river, water quality, Wisznia River*

S u m m a r y

This paper presents the water quality changes of the transboundary Wisznia River (Poland). The environmental state of this transboundary river is described in terms of monthly data for the main physicochemical and biological parameters. The eight indicators of water quality taken into account

were: ammonium nitrogen (NH_4^+), nitrate nitrogen (NO_3^-), total nitrogen (N), total phosphorus (P), sulphates (SO_4^{2-}), chloride (Cl^-), calcium (Ca) and biological oxygen demand (BOD). And biological Oxygen Demand (BOD) is one of the most common measures of pollutant of organic material in water, and is used in environmental monitoring. The distribution frequency of the above water quality indicators in Wisznia River were established for the study period of 1990–2012. The nutrient concentrations (NH_4^+ , N, P) were clearly low and never exceeded the boundary level of the first (1) and second (2) class purity. This pertained to all the analysed components, however, the negative changes were found for the 5 day biological oxygen demand. This can be the result of decreasing anthropopressure in the area because the main feature of the studied area is agricultural and forest land cover with a low population density. The analysis proved that the indicators which lowered the water quality the most were: BOD_5 , chlorides and calcium had a smaller impact on the classification of water cleanness. This shows that surface water has been affected in quality by anthropogenic influence. An analysis of salinity indicators indicates a clear improvement of water cleanness which happened in the recent years.

Adres do korespondencji: dr inż. A. Kowalczyk, Małopolski Ośrodek Badawczy ITP w Krakowie, ul. Ułanów 21b, 31-450 Kraków; tel. +48 (12) 412-52-08, e-mail: A.Kowalczyk@itp.edu.pl; itepkrak@itp.edu.pl