

ANALIZA ZMIENNOŚCI PARAMETRÓW JAKOŚCIOWYCH WODY W RZECE BIAŁA TARNOWSKA

Agnieszka Policht-Latawiec¹, Wioletta Żarnowiec¹, Magdalena Majewska¹

¹ Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, e-mail: a.policht@ur.krakow.pl

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wyniki hydrochemicznych badań rzeki Biała Tarnowska, prawobrzeżnego dopływu rzeki Dunajec. Zlewnia rzeki o powierzchni 983,3 km² ma charakter podgórski i położona jest w województwie małopolskim. Zagospodarowana jest ona w 64% jako grunty orne, pozostały obszar to grunty leśne oraz tereny zabudowane i zurbanizowane. W dolnym biegu rzeki, w rejonie miasta Tarnowa, dominują tereny przemysłowe (przemysł chemiczny). Badania prowadzono w latach 2010–2012, w trzech punktach pomiarowo-kontrolnych zlokalizowanych na odcinku rzeki o długości 82 km. W pracy przeanalizowano, pozyskane z Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie z Delegaturą w Tarnowie, 32 wskaźniki fizykochemiczne. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że potencjał wody rzeki w górnym i środkowym jej biegu (pkt. 1 i 2) był poniżej dobrego, a w dolnym biegu (pkt. 3) dobry. Stan chemiczny badanych wód powierzchniowych w punktach był dobry. Ze względu na zbyt duże stężenie zawiesiny ogólnej w każdym punkcie, woda rzeki nie może być wykorzystana do zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia. Również przekroczone m.in. stężenie zawiesiny ogólnej spowodowało, że woda w rzece nie spełnia warunków naturalnych dla środowiska życia ryb łososiowatych jak i karpiowatych. Spośród 15 badanych wskaźników fizykochemicznych wody 14 z nich było statystycznie wyższe w dolnej części zlewni. Większe zanieczyszczenie wody w środkowym i dolnym odcinku rzeki jest spowodowane presją antropogeniczną.

Słowa kluczowe: zagospodarowanie zlewni, jakość wody, rzeka Biała Tarnowska.

THE ANALYSIS OF VARIABILITY IN WATER QUALITY IN THE BIALA TARNOWSKA RIVER

ABSTRACT

The paper presents the results of hydrochemical tests of Biała Tarnowska River, right-bank tributary of Dunajec. Water catchment area of 983.3 km² has a submontane character and it is located in Małopolska Province. 64% of the area is used as arable land, the rest is forest land and urbanized and built-up areas. Downstream, in the area close to the city of Tarnów, industrial areas prevail (chemical industry). The testes were carried out from 2010 to 2012 in three measuring-control points located along the 82 km river section. 32 physicochemical indicators, obtained from the Voivodeship Inspectorate of Environmental Protection in Kraków with a local branch in Tarnów, were analysed in the paper. Based on the obtained results it was stated that the water potential in the middle and upper course of the river (1st and 2nd point) was below good and in the lower course (3rd point) it was good. The chemical status of the tested surface water in these points was good. Because of high concentrations of total suspended solids in each point, the river water cannot be used in water supply for human consumption. Exceeded concentration of total suspended solids, among other things, is the reason why river water does not fulfil the natural conditions of habitat of the salmonid and carp family fish. Out of 15 tested water physicochemical indicators, 14 were statistically higher in the lower part of the catchment area. Greater water pollution in the middle and lower course of the river is caused by anthropogenic pressure.

Keywords: river basin development, water quality, Biała Tarnowska River.

WSTĘP

Na jakość wód powierzchniowych, obok czynników naturalnych modyfikujących podatność cieków na degradację oraz ich odporność na

dostawę materii ze zlewni, mają wpływ czynniki antropogeniczne [1]. Zawartość składników materii w wodach powierzchniowych kształtowana jest głównie przez formę użytkowania i zagospodarowania terenu [2, 3]. Rozwój osadnictwa,

przemysłu i rolnictwa w powiązaniu z niewłaściwą gospodarką wodną w zlewni generuje różne źródła zanieczyszczeń, których rodzaj i liczba w powiązaniu z czynnikami naturalnymi, mogącymi potencjalnie zwiększyć lub zmniejszyć wielkość ich oddziaływania, wpływa na zmiany chemizmu wód powierzchniowych. Akumulację zanieczyszczeń w środowisku wodnym mogą powodować ścieki pochodzące z zakładów przemysłowych i z aglomeracji miejskich [4, 5, 6], spływy zanieczyszczeń z opadami atmosferycznymi z nieskanalizowanych obszarów zurbanizowanych oraz z terenów użytkowanych rolniczo i leśnych, a także zanieczyszczenia pochodzenia komunikacyjnego [7, 8, 9].

Celem pracy była analiza zmienności parametrów jakościowych wody wzdłuż biegu rzeki Biała Tarnowska.

CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAŃ

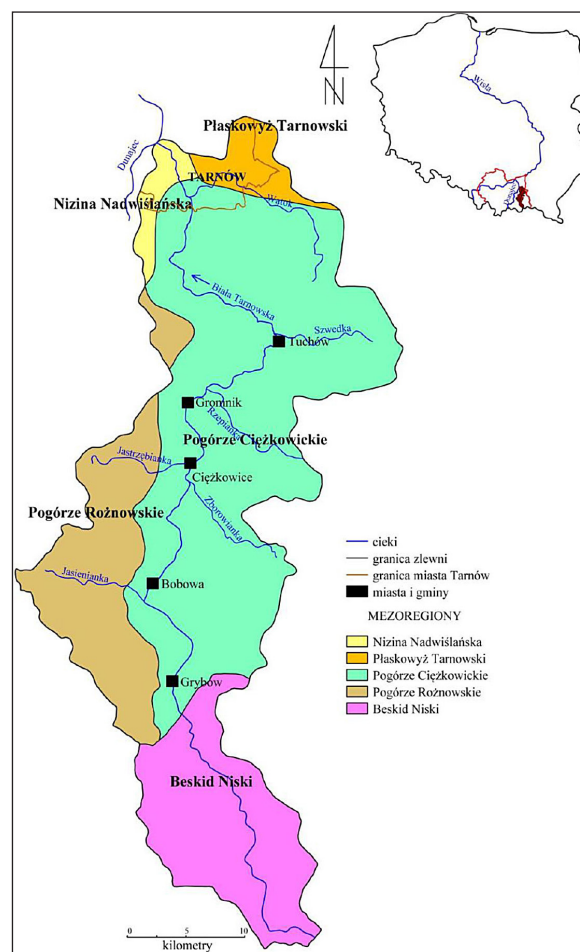
Zlewnia rzeki Biała Tarnowska usytuowana jest w województwie małopolskim, w granicach powiatów: gorlickiego, nowosądeckiego, tarnowskiego. Pod względem geograficznym zlewnia położona jest w obrębie 5 mezoregionów (rys. 1): Beskidu Niskiego, który przynależy do Beskidu Środkowego, Płaskowyżu Tarnowskiego oraz Niziny Nadwiślańskiej przynależących do makroregionu Kotliny Sandomierskiej, Pogórza Ciężkowickiego i Pogórza Rożnowskiego, które tworzą fragment Pogórza Środkowobeskidzkiego [10]. Pod względem geologicznym obszar leży na granicy dwóch jednostek: Karpat Zewnętrznych oraz Zapadliska Przedkarpackiego, do którego należy obszar ujściowy [11]. Obszar badań według klasyfikacji Romera [12] należy do regionu klimatycznego podgórskich nizin i kotlin (Kotlina Sandomierska), zacisza śródgórskiego (źródłowy odcinek rzeki w Beskidzie Niskim), oraz regionu górskiego i podgórskiego (Pogórze Środkowobeskidzkie i Beskid Niski oprócz obszaru źródłiskowego). Zlewnia cechuje się niewielkim zróżnicowaniem pokrywy glebowej. Największy obszar zajmują gleby wytworzone ze skał osadowych okrucowych (gleby pyłowe) oraz mady. Znacznie mniejszą powierzchnię zajmują gleby szkieletowe, ilaste, mułowo-bagienne oraz bieli-cowe i brunatne (rys. 2).

Rzeka Biała Tarnowska jest prawobrzeżnym dopływem Dunajca, jej długość wynosi 101,8 km. Źródła rzeki zlokalizowane są w Beskidzie

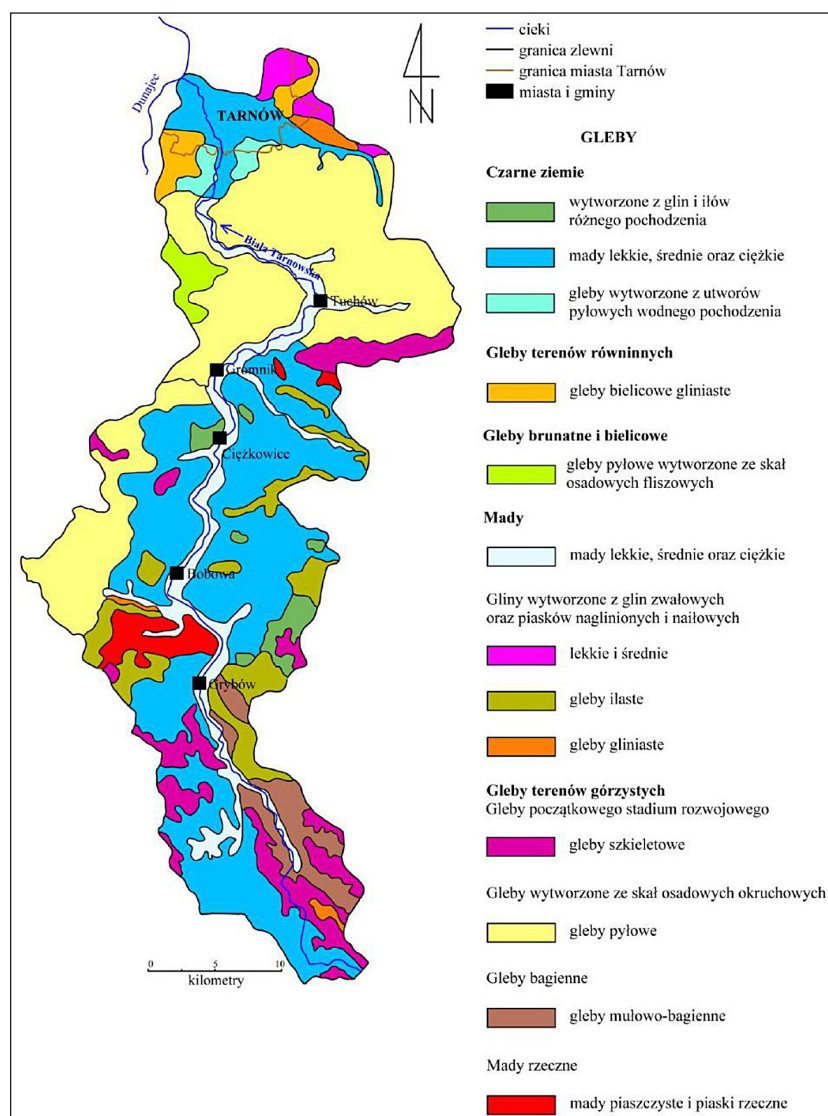
Niskim, na północno-wschodnich stokach Laskowej (750–770 m n.p.m.). Do Dunajca uchodzi na wysokości 194 m n.p.m. Powierzchnię zlewni wynoszącą 983,3 km² od wschodu wyznacza dział wodny II rzędu, od północy i zachodu wytycza dział wodny III rzędu, natomiast od południa granica zlewiska Morza Bałtyckiego. Zlewnia ma wydłużony kształt o zmiennej szerokości – od 5 km w okolicach źródła do nawet 23 km w części północnej (rys. 1, 2).

Badany obszar jest zróżnicowany pod względem użytkowania. Przeważającą część stanowią użytki rolne, które zajmują około 64% powierzchni zlewni, znacznie mniejszą powierzchnię zajmują tereny leśne 25%, a na pozostałej części występują tereny zabudowane i zurbanizowane (rys. 3).

Wody rzeki Biała Tarnowska podlegają silnej presji antropogenicznej. W dolinie rzeki położonych jest 6 większych ośrodków miejskich: Tarnów, Tuchów, Ciężkowice, Grybów, Bobowa oraz Gromnik, które generują różne źródła zanieczyszczeń. Z pierwszych czterech wymienionych ośrodków odprowadzane są do rzeki, pochodzące



Rys. 1. Położenie geograficzne obszaru badań
Fig. 1. Location of the research area



Rys. 2. Rozmieszczenie gleb w zlewni rzeki Biała Tarnowska
Fig. 2. Soil placement in the Biała Tarnowska river's water catchment

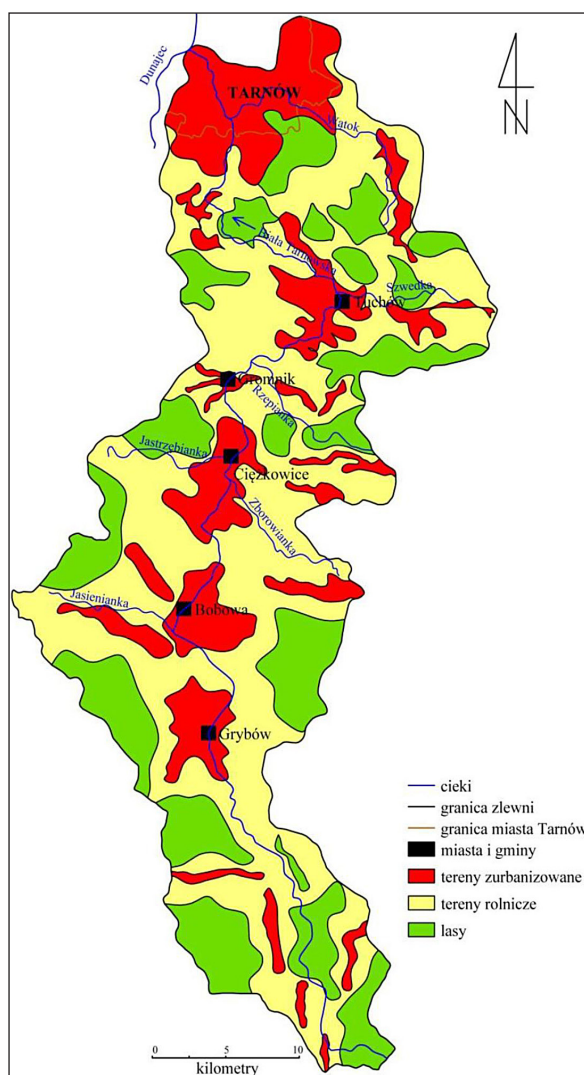
z oczyszczalni ścieków, ścieki komunalne. Ponadto, do rzeki trafiają ścieki z mniejszych miejscowości nieskanalizowanych oraz spływy obszarowe z terenów zurbanizowanych i z terenów użytkowanych rolniczo. W dolnym biegu rzeka jest odbiornikiem oczyszczonych ścieków przemysłowych, głównie z zakładów przemysłowych w Tarnowie.

ZAKRES I METODY BADAŃ

W pracy przeanalizowano wskaźniki zanieczyszczeń oznaczonych w wodzie, które zostały pozyskane z Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie z Delegaturą w Tarnowie. Próbkę pobierano z częstotliwością raz na miesiąc, a w przypadku metali

ciężkich raz na kwartał w latach 2010–2012 w trzech punktach pomiarowo-kontrolnych zlokalizowanych na rzece Biała Tarnowska. Punkt 1 (Biała-Kąclowa) zlokalizowano w km 82+400, punkt 2 (Biała-Lubaszowa) w km 34+600 m, a punkt 3 (Biała-Tarnów) w km 0+400 biegu cieku (rys. 4). W wodzie metodami referencyjnymi [13] oznaczono 32 wskaźniki zanieczyszczeń z grupy: fizycznych, tlenowych i organicznych, zasolenia, zakwaszenia, biogeny, syntetycznych i niesyntetycznych oraz substancji priorytetowych.

Dla każdego badanego wskaźnika określono podstawowe statystyki opisowe, takie jak: wartości minimalne i maksymalne oraz średnie arytmetyczne. W celu zbadania, czy wody powierzchniowe w poszczególnych punktach pomiarowo-kontrolnych różnią się właściwościami



Rys. 3. Użytkowanie zlewni rzeki Biała Tarnowska

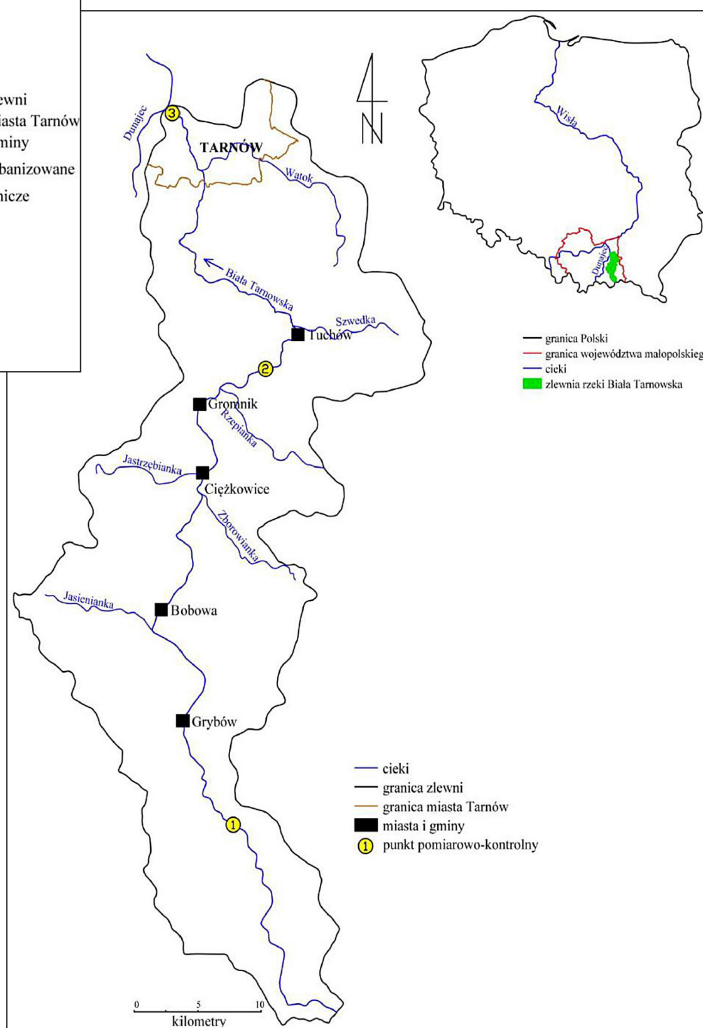
Fig. 3. The Biała Tarnowska river's water catchment usage

mi, wyniki badań zostały poddane analizie statystycznej. Wnioskowanie statystyczne o istotności różnic wartości wskaźników pomiędzy punktami pomiarowo-kontrolnymi przeprowadzono nieparametrycznym testem U Manna-Whitney'a na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Test ten wybrano ze względu na brak normalności rozkładu większości analizowanych wskaźników zgodnie z wynikami testu Shapiro-Wilka oraz brak równości wariancji określony testem Fishera-Snedecora. Jakość wody oceniono zgodnie z załącznikiem 5 z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 roku [14], natomiast walory użytkowe wody

– przez porównanie wyników oznaczeń z wartościami dopuszczalnymi dla wody przeznaczonej do zaopatrzenia ludności [15] oraz do bytowania ryb w warunkach naturalnych [16] (tab. 1).

WYNIKI BADAŃ

W okresie badań, w zależności od pory roku i miejsca poboru próbek, temperatura wody rzeki Biała Tarnowska zmieniała się w zakresie od 0,0 do 27,0 °C, a odczyn jej był od obojętnego (pH 7,5) do zasadowego (pH 8,3). Najmniejszą wartość średnią temperatury wody odnotowano w punkcie zlokalizowanym w górnym odcinku rzeki (punkt 1), a największą w dolnym (punkt 3). Wartości te wynosiły, kolejno: 8,5 °C i 10,8 °C. Wartości przeciętne odczynu mieściły się w granicach: pH 7,9 (punkt 1 i 2) – 8,1 (punkt 3). Średnie stę-



Rys. 4. Usytuowanie punktów pomiarowo-kontrolnych w zlewni rzeki Biała Tarnowska

Fig. 4. Location of measuring-control points in the Biała Tarnowska river's water catchment







Tabela 1. Wytyczne do określania stanu chemicznego, walorów użytkowych i potencjału jednolitych części wód powierzchniowych wyznaczonych jako sztuczne lub silnie zmienione

Table 1. Guidelines for determining of the chemical state, usability and potential of the uniform parts of the surface waters that are artificial or highly altered

Grupa*	Nazwa wskaźnika	Jednostka	Ocena potencjału oraz stanu chemicznego		Przydatność wody do zaopatrzenia ludności			Przydatność wody jako środowisko życia ryb	
			Wartości graniczne [14]		Wartości dopuszczalne dla kategorii wody [15]			Wartości dopuszczalne dla ryb [16]	
			I	II	A1	A2	A3	łososiowatych	karpio-watych
A	Temperatura	°C	≤ 22	≤ 24	≤ 25 ³⁾	≤ 25 ³⁾	≤ 25 ³⁾	≤ 21,5 ⁴⁾	≤ 28 ⁴⁾
	Zawiesina ogólna	mg·dm ⁻³	≤ 25	≤ 50	≤ 25 ²⁾	≤ 30 ²⁾	≤ 35 ²⁾	średnioroczna ≤ 25	
B	Tlen rozpuszczony	mg O ₂ ·dm ⁻³	≥ 7	≥ 5	-	-	-	50% ≥ 9 100% ≥ 7	50% ≥ 8 100% ≥ 5
	BZT ₅	mg O ₂ ·dm ⁻³	≤ 3	≤ 6	< 3 ²⁾	< 5 ²⁾	< 7 ²⁾	≤ 3 ³⁾	≤ 6 ³⁾
	ChZT–Mn	mg O ₂ ·dm ⁻³	≤ 6	≤ 12	≤ 25 ²⁾	≤ 30 ²⁾	≤ 30 ²⁾	-	-
	OWO	mg C·dm ⁻³	≤ 10 ¹⁾	≤ 15 ¹⁾	≤ 5 ²⁾	≤ 10 ²⁾	≤ 15 ²⁾	-	-
	Nasylenie wody tlenem	%	-	-	> 70 ²⁾	> 50 ²⁾	> 30 ²⁾	-	-
C	Przewodność w 20°C	μS·cm ⁻¹	≤ 1000	≤ 1500	≤ 1000 ²⁾	≤ 1000 ²⁾	≤ 1000 ²⁾	-	-
	Siarczany	mg SO ₄ ·dm ⁻³	≤ 150	≤ 250	≤ 250 ³⁾	≤ 250 ³⁾	≤ 250 ³⁾	-	-
	Chlorki	mg Cl·dm ⁻³	≤ 200	≤ 300	≤ 250 ²⁾	≤ 250 ²⁾	≤ 250 ²⁾	-	-
D	Odczyn	pH	6 – 8,5	6 – 9	6,5–8,5 ²⁾	5,5–9,0 ²⁾	5,5–9,0 ²⁾	6 – 9 ³⁾	
E	Azot amonowy	mg N-NH ₄ ·dm ⁻³	≤ 0,78	≤ 1,56	-	-	-	≤ 0,78 ³⁾	
	Azot Kjeldahla	mg N·dm ⁻³	≤ 1	≤ 2	≤ 1 ²⁾	≤ 2 ²⁾	≤ 3 ²⁾	-	-
	Azot azotanowy	mg N-NO ₃ ·dm ⁻³	≤ 2,2	≤ 5	-	-	-	-	-
	Azot ogólny	mg N·dm ⁻³	≤ 5	≤ 10	-	-	-	-	-
	Fosforany	mg PO ₄ ·dm ⁻³	≤ 0,2	≤ 0,31	≤ 0,4 ²⁾	≤ 0,7 ²⁾	≤ 0,7 ²⁾	-	-
	Fosfor ogólny	mg P·dm ⁻³	≤ 0,2	≤ 0,4	-	-	-	≤ 0,2	≤ 0,4
F	Chrom ogólny	mg Cr·dm ⁻³	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05 ³⁾	≤ 0,05 ³⁾	≤ 0,05 ³⁾	-	-
	Cr ⁺⁶	mg Cr ⁺⁶ ·dm ⁻³	≤ 0,02	≤ 0,02	≤ 0,02 ³⁾	≤ 0,02 ³⁾	≤ 0,02 ³⁾	-	-
	Arsen	mg As·dm ⁻³	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05 ³⁾	≤ 0,05 ³⁾	≤ 0,05 ³⁾	-	-
	Bar	mg Ba·dm ⁻³	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,1 ³⁾	≤ 1 ³⁾	≤ 1 ³⁾	-	-
	Bor	mg B·dm ⁻³	≤ 2	≤ 2	≤ 1 ²⁾	≤ 1 ²⁾	≤ 1 ²⁾	-	-
	Cynk	mg Zn·dm ⁻³	≤ 1	≤ 1	≤ 3 ³⁾	≤ 5 ³⁾	≤ 5 ³⁾	≤ 0,3 ^{3), 6)}	≤ 1 ^{3), 6)}
	Miedź	mg Cu·dm ⁻³	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05 ³⁾	≤ 0,05 ²⁾	≤ 0,5 ²⁾	≤ 0,04 ^{3), 6)}	
	Fenole lotne	mg·dm ⁻³	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,001 ³⁾	≤ 0,005 ³⁾	≤ 0,1 ³⁾	≤ 2	
	Węglowodory ropopochodne	mg·dm ⁻³	≤ 0,2	≤ 0,2	-	-	-	≤ 3	
	Cyjanki wolne	mg CN·dm ⁻³	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05 ³⁾	0,05 ³⁾	0,05 ³⁾	-	-
	Wanad	mg V·dm ⁻³	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 1 ²⁾	1 ²⁾	1 ²⁾	-	-
G	Kadm i jego związki	μg·dm ⁻³	≤ 0,15 ⁶⁾		≤ 5 ³⁾	≤ 5 ³⁾	≤ 5 ³⁾	-	-
	Ołów i jego związki	μg·dm ⁻³	≤ 7,2		≤ 50 ³⁾	≤ 50 ³⁾	≤ 50 ³⁾	-	-
	Rtęć i jej związki	μg·dm ⁻³	≤ 0,05		≤ 1 ³⁾	≤ 1 ³⁾	≤ 1 ³⁾	-	-
	Nikiel i jego związki	μg·dm ⁻³	≤ 20		≤ 50 ²⁾	≤ 50 ²⁾	≤ 200 ²⁾	-	-

* Grupa wskaźników charakteryzujących: A – stan fizyczny; B – warunki tlenowe i zanieczyszczenia organiczne; C – zasolenie; D – zakwaszenie; E – warunki biogenne; F – specyficzne zanieczyszczenia syntetyczne i niesyntetyczne; G – występowanie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (substancje priorytetowe);

¹⁾ dla cieków sztucznych lub silnie zmienionych typu innego niż 23 i 24; ²⁾ dla 90% próbek; ³⁾ dla 95% próbek; ⁴⁾ dla 98% próbek; ⁵⁾ zawartość bez dodatkowych związków; ⁶⁾ dla twardości wody 100–200 mg CaCO₃·dm⁻³; ⁶⁾ dla twardości wody 100 mg CaCO₃·dm⁻³

	– klasa I, maksymalny potencjał		A1	– woda wymagająca prostego uzdatniania fizycznego
	– klasa II, dobry potencjał		A2	– woda wymagająca typowego uzdatniania fizycznego i chemicznego
	– stan chemiczny dobry		A3	– woda wymagająca wysokosprawnego uzdatniania fizycznego i chemicznego

żenie zawiesiny ogólnej w wodzie przekraczało wartość dopuszczalną dla klasy II w punkcie 1 i 2 (66 i 51 mg·dm⁻³) co spowodowało, że potencjał badanej wody zaklasyfikowano jako – poniżej dobrego (tab. 1 i 2). Wartość przeciętna tego wskaźnika w próbkach z dolnego biegu rzeki pozwoliła zaliczyć wodę do klasy II (punkt 3). Przez cały

okres badań woda rzeki charakteryzowała się dobrymi warunkami tlenowymi – stopień nasycenia wody tlenem mieścił się w granicach od 71% do 114%, a minimalne stężenie tlenu rozpuszczonego wynosiło 6,2 mg·dm⁻³. Tylko BZT₅ w punkcie 3 (poniżej miasta Tarnów) przekroczyło wartość graniczną wynoszącą 3,0 mg·dm⁻³ dla klasy I.

Tabela 2. Zakres i średnie wartości badanych cech oraz ocena potencjału wody rzeki Biała Tarnowska
Table 2. Ranges and average values of the considered properties and the evaluation of the potential of the Biała Tarnowska river

Grupa*	Nazwa wskaźnika jakości wód	Jednostka	Zakres (średnia)		
			Punkty pomiarowo-kontrolne		
			1	2	3
A	Temperatura	°C	0,0 – 24,3 (8,5)	0,1 – 24,5 (9,7)	0,3 – 27,0 (10,8)
	Zawiesina ogólna	mg·dm ⁻³	2 – 1440 (66)	2 – 602 (51)	2 – 324 (50)
B	Tlen rozpuszczony	mg O ₂ ·dm ⁻³	8,5 – 14,5 (11,6)	6,2 – 14,0 (10,5)	6,3 – 13,3 (9,5)
	Nasycenie wody tlenem	%	92 – 114 (101)	72 – 109 (92)	71 – 102 (85)
	BZT ₅	mg O ₂ ·dm ⁻³	0,50 – 2,2 (1,0)	0,6 – 3,6 (1,5)	1,4 – 8,0 (3,3)
	ChZT–Mn	mg O ₂ ·dm ⁻³	0,70 – 21,8 (3,0)	1,3 – 12,9 (3,4)	2,2 – 8,2 (4,6)
	OWO	mg C·dm ⁻³	1,6 – 9,5 (3,5)	2,3 – 10,2 (4,9)	4,1 – 9,4 (6,1)
C	Przewodność w 20°C	µS·cm ⁻¹	228 – 381 (302)	256 – 567 (434)	373 – 935 (605)
	Siarczany	mg SO ₄ ·dm ⁻³	10 – 32 (22)	15 – 56 (38)	23 – 93 (60)
	Chlorki	mg Cl·dm ⁻³	5 – 11(7)	5 - 29 (13)	10 – 140 (43)
D	Odczyn	pH	7,8 – 8,3 (8,1)	7,5 – 8,3 (7,9)	7,5 – 8,3 (7,9)
E	Azot amonowy	mg N-NH ₄ ·dm ⁻³	<0,04 – 0,13	<0,04 – 0,36	0,18 – 3,50 (0,96)
	Azot Kjeldahla	mg N·dm ⁻³	<0,50 – 1,90	<0,50 – 1,50	0,75 – 5,00 (1,75)
	Azot azotanowy	mg N-NO ₃ ·dm ⁻³	0,32 – 1,90 (0,91)	0,25 – 2,10 (1,08)	1,10 – 4,10 (2,20)
	Azot ogólny	mg N·dm ⁻³	0,70 – 2,60 (1,28)	0,7 – 3,8 (1,63)	2,5 – 8,8 (4,02)
	Fosforany	mg PO ₄ ·dm ⁻³	0,03 – 0,23 (0,07)	0,03 – 0,27 (0,09)	0,03 – 0,64 (0,19)
	Fosfor ogólny	mg P·dm ⁻³	0,01 – 0,12 (0,07)	0,02 – 0,16 (0,06)	0,06 – 0,69 (0,17)
F	Chrom ogólny	mg Cr·dm ⁻³	<0,001 – 0,001	<0,001 – 0,001	<0,001 – 0,001
	Cr ⁺⁶	mg Cr ⁺⁶ ·dm ⁻³	<0,001	<0,001	<0,001
	Arsen	mg As·dm ⁻³	<0,0005 – 0,0011	<0,0005 – 0,0050	<0,0005 – 0,0021
	Bar	mg Ba·dm ⁻³	0,02 – 0,05 (0,05)	0,04 – 0,06 (0,05)	0,03 – 0,60 (0,05)
	Bor	mg B·dm ⁻³	0,02 – 0,05 (0,03)	0,03 – 0,09 (0,06)	0,04 – 0,17 (0,08)
	Cynk	mg Zn·dm ⁻³	<0,001 – 0,018	<0,001 – 0,020	<0,001 – 0,019
	Miedź	mg Cu·dm ⁻³	0,001 – 0,02 (0,003)	0,001 – 0,005 (0,002)	0,001 – 0,010 (0,003)
	Fenole lotne	mg·dm ⁻³	<0,001 – 0,004	<0,001 – 0,003	<0,001 – 0,003
	Węglowodory ropopochodne	mg·dm ⁻³	<0,05 – 0,13	<0,05 – 0,06	<0,05 – 0,08
	Cyjanki wolne	mg CN·dm ⁻³	<0,01	<0,003	<0,003 – 0,003
	Wanad	mg V·dm ⁻³	<0,001 – 0,003	<0,001 – 0,004	<0,0005 – 0,004
	G	Kadm i jego związki	µg·dm ⁻³	<0,1	<0,1 - 0,1
Ołów i jego związki		µg·dm ⁻³	<0,5 - 2,3	<1,0 - 4,0	<0,5 – 4,2
Rtęć i jej związki		µg·dm ⁻³	<0,05	<0,05 – 0,05	<0,05 – 0,05
Nikiel i jego związki		µg·dm ⁻³	<0,5 – 2,3	<0,5 – 2,0	<0,5 – 8,7

* Grupa wskaźników charakteryzujących: A – stan fizyczny; B – warunki tlenowe i zanieczyszczenia organiczne; C – zasolenie; D – zakwaszenie ; E – warunki biogenne; F – specyficzne zanieczyszczenia syntetyczne i niesyntetyczne; G – występowanie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (substancje priorytetowe).

– klasa I, maksymalny potencjał
 – stan chemiczny dobry
 – klasa II, dobry potencjał
 – niespełnienie wymogów klasy II, potencjał poniżej dobrego

Pozostałe parametry charakteryzujące warunki tlenowe i zanieczyszczenia organiczne we wszystkich punktach na długości rzeki Biała Tarnowska były na poziomie klasy I. Przewodność

elektrolityczna właściwa wody była najwyższa w punkcie 3, i nie przekraczała $935 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Również w punkcie 3 odnotowano najwyższe stężenie siarczanów (SO_4^{2-}) – $93 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ i

Tabela 3. Ocena walorów użytkowych wód rzeki Biała Tarnowska
Table 3. Evaluation of the usability properties of the Biała Tarnowska river

Nazwa wskaźnika	Jednostka	Przydatność wody								
		do zaopatrzenia ludności			jako środowisko życia ryb					
					łososiowatych			karpioatych		
		Punkty pomiarowo- kontrolne								
1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Temperatura	°C	A1			NIE			TAK		
Zawiesina ogólna	mg·dm ⁻³	NON			NIE			NIE		
Tlen rozpuszczony	mg O ₂ ·dm ⁻³	-	-	-	TAK			TAK		
BZT ₅	mg O ₂ ·dm ⁻³	A1		A3	TAK		NIE		TAK	
ChZT–Mn	mg O ₂ ·dm ⁻³	A1			-			-		
OWO	mg C·dm ⁻³	A1		A2	-			-		
Nasylenie wody tlenem	%	A1			-			-		
Przewodność w 20°C	μS·cm ⁻¹	A1			-			-		
Siarczany	mg SO ₄ ·dm ⁻³	A1			-			-		
Chlorki	mg Cl·dm ⁻³	A1			-			-		
Odczyn	pH	A1			TAK			TAK		
Azot amonowy	mg N-NH ₄ ·dm ⁻³	-	-	-	TAK		NIE		TAK, NIE	
Azot Kjeldahla	mg N·dm ⁻³	A3			-			-		
Azot azotanowy	mg N-NO ₃ ·dm ⁻³	-	-	-	-			-		
Azot ogólny	mg N·dm ⁻³	-	-	-	-			-		
Fosforany	mg PO ₄ ·dm ⁻³	A1			-			-		
Fosfor ogólny	mg P·dm ⁻³	-	-	-	TAK		NIE		TAK, NIE	
Chrom ogólny	mg Cr·dm ⁻³	A1			-			-		
Cr ⁺⁶	mg Cr ⁺⁶ ·dm ⁻³	A1			-			-		
Arsen	mg As·dm ⁻³	A1			-			-		
Bar	mg Ba·dm ⁻³	A1			-			-		
Bor	mg B·dm ⁻³	A1			-			-		
Cynk	mg Zn·dm ⁻³	A1			TAK			TAK		
Miedź	mg Cu·dm ⁻³	A1			TAK	NIE		TAK	NIE	
Fenole lotne	mg·dm ⁻³	A1			TAK			TAK		
Węglowodory ropopochodne	mg·dm ⁻³	-	-	-	TAK			TAK		
Cyjanki wolne	mg CN·dm ⁻³	A1			-			-		
Wanad	mg V·dm ⁻³	A1			-			-		
Kadm i jego związki	μg·dm ⁻³	A1			-			-		
Ołów i jego związki	μg·dm ⁻³	A1			-			-		
Rtęć i jej związki	μg·dm ⁻³	A1			-			-		
Nikiel i jego związki	μg·dm ⁻³	A1			-			-		

A1	– woda wymagająca prostego uzdatniania fizycznego
A2	– woda wymagająca typowego uzdatniania fizycznego i chemicznego
A3	– woda wymagająca wysokosprawnego uzdatniania fizycznego i chemicznego
NON	– wartość wskaźnika nie odpowiada normatywom dla wody przeznaczonej do zaopatrzenia ludności
-	– parametr nieuwzględniany w klasyfikacji

chlorków (Cl⁻) – 140 mg·dm⁻³. Średnie wartości wszystkich analizowanych wskaźników charakteryzujących zasolenie wody były niższe od wartości granicznych dla I klasy jakości (tab. 2). Na całej długości badanego cieką stwierdzono, że średnie i maksymalne stężenie azotu amonowego nie przekraczało wartości granicznej dla I klasy jakości (0,78 mg·dm⁻³), za wyjątkiem punktu 3, gdzie średnie stężenie wynosiło 0,96 mg·dm⁻³. W przypadku stężenia azotu Kjeldahla wartości we wszystkich punktach nie przekroczyły normy dla II klasy ($\leq 2,0$ mg·dm⁻³). Przez cały okres badań wody rzeki w punkcie 1 i 2 charakteryzowały się niskim stężeniem azotu azotanowego, azotu ogólnego, fosforanów oraz fosforu ogólnego, za wyjątkiem punktu 3, gdzie stężenie ich było zbliżone do wartości granicznych klasy I (tab. 2). Średnie stężenie chromu, arsenu, baru, boru, cynku, miedzi, fenoli lotnych, węglowodorów ropopochodnych, cyjanków oraz wanadu we wszystkich punktach pomiarowo-kontrolnych nie przekroczyło wartości granicznej dla I klasy jakości (tab. 1 i 2). Z grupy wskaźników charakteryzujących występowanie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (substancje priorytetowe)

najwyższe stężenie niklu i ołowiu odnotowano w punkcie 3 (tab. 2). Wartości wynosiły kolejno: 8,7 $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ i 4,2 $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$. Stężenia tych pierwiastków w wodzie, a także koncentracje pozostałych z grupy substancji priorytetowych (kadm, rtęć) w żadnym terminie nie przekroczyły dopuszczalnych normatywów dla wód I klasy. Stężenia te we wszystkich punktach pomiarowo-kontrolnych pozwalały zakwalifikować wodę rzeki Biała Tarnowska do stanu chemicznego dobrego (tab. 1 i tab. 2).

Według obowiązującego rozporządzenia dotyczącego przydatności wody do zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia [15] spośród 25 analizowanych wskaźników większość (temperatura, ChZT-Mn, stopień nasycenia wody tlenem, przewodność elektrolityczna właściwa, siarczany, chlorki, odczyn, fosforany oraz specyficzne zanieczyszczenia syntetyczne i niesyntetyczne i substancje szczególnie szkodliwe dla środowiska) we wszystkich punktach pomiarowo-kontrolnych klasyfikowało wodę do kategorii A1, tj. wody wymagającej prostego uzdatniania fizycznego (tab. 1 i 3). W punkcie 3 stężenia OWO w wodzie nie spełniały wymagań dla kategorii A1 i BZT₅ dla kategorii

Tabela 4. Istotność różnic wartości wskaźników wody pomiędzy poszczególnymi punktami pomiarowo-kontrolnymi na rzece Biała Tarnowska – test nieparametryczny U Manna-Whitney’a

Table 4. Importance of the water indicators’ values between the measuring-control points on the Biała Tarnowska river – Mann-Whitney’s nonparametric test

Nazwa wskaźnika jakości wód	Jednostka	Punkt pomiarowo-kontrolny					
		Mediana			Prawdopodobieństwo testowe p w wariantach obliczeniowych		
		1	2	3	1 – 2	2 – 3	1 – 3
Temperatura	°C	7,9	9,4	11,0	0,359	0,468	0,161
Zawiesina ogólna	mg·dm ⁻³	5,0	13,7	21,0	0,015*	0,003	0,001
Tlen rozpuszczony	mg O ₂ ·dm ⁻³	11,4	11,0	9,1	0,054	0,078	0,001
Nasycenie wody tlenem	%	102,0	95,5	89,0	0,000	0,029	0,000
BZT ₅	mg O ₂ ·dm ⁻³	1,0	1,3	2,7	0,000	0,000	0,000
ChZT-Mn	mg O ₂ ·dm ⁻³	1,8	2,7	4,4	0,003	0,002	0,000
OWO	mg C·dm ⁻³	3,0	4,9	6,0	0,000	0,002	0,000
Przewodność w 20 °C	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	322	447	615	0,000	0,000	0,000
Siarczany	mg SO ₄ ·dm ⁻³	21,0	37,7	69,0	0,000	0,000	0,000
Chlorki	mg Cl·dm ⁻³	6,2	12,1	35,0	0,000	0,000	0,000
Odczyn	pH	8,2	7,9	7,9	0,000	0,955	0,000
Azot azotanowy	mg N-NO ₃ ·dm ⁻³	0,88	1,15	1,95	0,039	0,000	0,000
Azot ogólny	mg N·dm ⁻³	1,03	1,80	3,75	0,025	0,000	0,000
Fosforany	mg PO ₄ ·dm ⁻³	0,05	0,08	0,19	0,030	0,000	0,000
Fosfor ogólny	mg P·dm ⁻³	0,04	0,05	0,14	0,085	0,000	0,000

* kolorem czerwonym oznaczono statystycznie istotne różnice, $p < 0,05$, przy $\alpha = 0,05$.

A2. We wszystkich punktach pomiarowo-kontrolnych wody zakwalifikowano do kategorii A3 ze względu na stężenie azotu Kjeldahla. Jeden spośród analizowanych wskaźników (zawiesina ogólna) w każdym punkcie nie spełniał wymagań wymienionych kategorii w rozporządzeniu (tab. 1 i 3). Ze względu na zbyt wysokie stężenie zawiesiny ogólnej wody rzeki Biała Tarnowska nie mogą być ujmowane do zaopatrzenia ludności do spożycia.

Na podstawie przeprowadzonej analizy 11 wskaźników fizykochemicznych uwzględnionych w rozporządzeniu [16] stwierdzono, że również ze względu na wysokie stężenie zawiesiny ogólnej we wszystkich punktach pomiarowo-kontrolnych wody nie stwarzają korzystnych warunków do życia i rozwoju ryb łososiowatych jak i karpowatych (tab. 1 i 3). Ponadto, zbyt wysoka temperatura i zbyt duże stężenie azotu amonowego, fosforu ogólny i miedzi w punkcie 3 nie były odpowiednie dla wody stanowiącej naturalne środowisko życia ryb należących do rodziny łososiowatych (tab. 1, tab. 3). We wszystkich badanych punktach wskaźniki takie jak: tlen rozpuszczony, pH, cynk, fenole lotne oraz węglowodory ropopochodne spełniały wymagania dla obu rodzajów ryb.

Analiza statystyczna wykonana testem U Manna-Whitney'a wykazała, że wartości większości badanych wskaźników różniły się istotnie pomiędzy punktami pomiarowo-kontrolnymi (tab. 2). Stwierdzono statystycznie niższe wartości zawiesiny ogólnej, BZT₅, ChZT-Mn, OWO, przewodności elektrolitycznej właściwej, siarczanów, chlorków, odczynu, azotu azotanowego i ogólnego, fosforanów oraz fosforu ogólnego, a wyższe wartości dla tlenu rozpuszczonego i stopnia nasycenia wody tlenem w punkcie 1 w stosunku do punktu 3 (tab. 4).

WNIOSKI

1. Na podstawie, wspierających elementy biologiczne, wskaźników charakteryzujących stan fizyczny, warunki tlenowe i zanieczyszczenia organiczne, zasolenie, zakwaszenie, warunki biogenne oraz specyficzne zanieczyszczenia syntetyczne i niesyntetyczne stwierdzono, że potencjał wody rzeki Biała Tarnowska powyżej miasta Tarnów był poniżej dobrego (punkt 1 i 2), natomiast poniżej (punkt 3) wody zostały zakwalifikowane do II klasy (dobry potencjał).

2. Pomimo, że rzeka jest odbiornikiem oczyszczonych ścieków przemysłowych, głównie z zakładów przemysłowych w Tarnowie stężenie substancji priorytetowych we wszystkich punktach poboru wody pozwalały zakwalifikować wodę do stanu chemicznego dobrego.
3. Woda rzeki Biała Tarnowska nie może być wykorzystana do zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia, wartości wskaźników nie spełniały norm ministerialnych dla kategorii uzdatniania A3 do zaopatrzenia ludności.
4. Woda w rzece nie spełnia wymagań dla wód śródlądowych stanowiących naturalne środowisko życia ryb łososiowatych i karpowatych ze względu na przekroczone stężenia zawiesiny ogólnej.
5. Spośród 15 badanych wskaźników fizykochemicznych wody rzeki Biała Tarnowska, wartości 14 były statystycznie wyższe w dolnej części rzeki, ze względu na większą presję antropogeniczną.

LITERATURA

1. Kanownik W., Kowalik T., Bogdał A., Ostrowski K. 2013. Quality categories of stream water included in a Small Retention Program. *Pol. J. Environ. Stud.*, 22 (1), 159–165.
2. Bogdał A., Kowalik T., Kanownik W., Ostrowski K., Wiśnios M. 2012. Ocena stanu fizykochemicznego wód opadowych i odpływających ze zlewni potoku Wolninka. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 8, 362–365.
3. Kowalik T., Kanownik W., Bogdał A., Policht-Latawiec A. 2014. Wpływ zmian użytkowania zlewni wyżynnej na kształtowanie jakości wody powierzchniowej. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 16 (1), 223–238.
4. Mosiej J., Komorowski H., Karczmarczyk A., Suska A. 2007. Wpływ zanieczyszczeń odprowadzanych z aglomeracji łódzkiej na jakość wody w rzekach Ner i Warta. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 6 (2), 19–30.
5. Lampart-Kałużniacka M., Wojcieszonek A., Pikuła K. 2012. Ocena stanu ekologicznego wód rzeki Regi na odcinku w obszarze miasta Gryfice. *Annual Set The Environment Protection*, 14, 437–446.
6. Policht-Latawiec A., Kanownik W., Łukasik D. 2013. Wpływ zanieczyszczeń punktowych na jakość wody rzeki San. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 4 (1), 253–269.
7. Kornaś M., Grześkowiak A. 2011. Wpływ użytkowania zlewni na kształtowanie jakości wody

- w zbiornikach wodnych zlewni rzeki Drawa. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 11, 1 (33), 125–137.
8. Policht-Latawiec A., Bogdał A., Kanownik W., Kowalik T., Ostrowski K., Gryboś P. 2014. Jakość i walory użytkowe wody małej rzeki fliszowej. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 16 (1), 546–561.
 9. Pytka A., Józwiakowski K., Marzec M., Gizińska M., Sosnowska B. 2013. Ocena wpływu zanieczyszczeń antropogenicznych na jakość wód rzeki Bochotniczanki. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 3, 15–29.
 10. Kondracki J. 2013. *Geografia regionalna Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN, 254–256.
 11. Alexandrowicz S.W. (1999). *Budowa geologiczna*. [W:] *Geografia Polski – środowisko przyrodnicze*. Wyd. PWN, Warszawa, 221–243.
 12. Woś A. 1999. *Klimat Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN, 301.
 13. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 listopada 2013 r. zmieniające rozporządzenie MŚ z dnia 15.11.2011 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych (Dz.U. 2013, poz. 1558).
 14. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. (Dz.U. 2014, poz. 1482).
 15. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia (Dz.U. 2002 Nr 204, poz. 1728).
 16. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych (Dz. U. 2002 Nr 176, poz. 1455).



Opublikowanie pracy dofinansowano ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Lublinie.