



Wpływ zmian użytkowania zlewni wyżynnej na kształtowanie jakości wody powierzchniowej

*Tomasz Kowalik, Włodzimierz Kanownik,
Andrzej Bogdał, Agnieszka Policht-Latawiec
Uniwersytet Rolniczy, Kraków*

1. Wstęp

Zawartość składników materii w wodach powierzchniowych kształtowana jest przez czynniki fizyczno-geograficzne i klimatyczne [1] oraz uwarunkowania antropogeniczne występujące w zlewniach, w tym głównie przez sposób użytkowania terenu. Do szczegółowych badań migracji wody i materii, wybiera się zazwyczaj małe zlewnie do 1 km², w których określenie wpływu użytkowania na charakter obiegu i jakość wody jest najłatwiejsze. W zlewniach tych można dokładnie wyodrębnić rodzaj źródeł powstawania zanieczyszczeń wód powierzchniowych [8]. Szczególnie niebezpieczne dla środowiska wodnego są związki azotu i fosforu [9] pochodzące ze źródeł punktowych i obszarowych [3, 5, 6, 10, 12, 15]. Zagrożenie jakie stwarzają te związki, to wzbogacanie środowiska wodnego w substancje biogenne, które prowadzą do eutrofizacji wód [2, 11, 16, 17]. Proces ten wywołuje masowy rozwój glonów i sinic, co w konsekwencji prowadzi do zmętnienia wody i zaniku życia biologicznego [7]. Nadmiar substancji biogennych w wodach powierzchniowych to przede wszystkim skutek niewłaściwej działalności agrarnej i gospodarki wodno-ściekowej [4]. Według danych przytoczonych przez Rogersa [13], w Stanach Zjednoczonych 90% azotu i 66% fosforu całkowitego pochodzi ze źródeł obszarowych. Podobnie wygląda sytuacja w Polsce, gdzie według obliczeń szacunkowych Smoronia [16] z całko-

witej ilości azotu i fosforu w wodach płynących, 70% azotu i 50% fosforu pochodzi z terenów wiejskich.

Celem pracy była ocena wpływu zmian użytkowania małej zlewni wyżynnej na jakość wody odpływającej z jej obszaru. Cel ten osiągnięto na podstawie analizy wartości i stężeń wybranych wskaźników fizykochemicznych wody, które uzyskano z badań prowadzonych w dwóch okresach tj. w latach 1995–1996 i 2010–2011, w których znacząco zmieniło się użytkowanie zlewni.

2. Charakterystyka obiektu

Miejscowość Rzyki, w której znajduje się badana zlewnia Rzyki G, położona jest w gminie Andrychów, powiecie wadowickim, w zachodniej części województwa małopolskiego (rys. 1) – w odległości ok. 5 km w kierunku SE od miasta Andrychowa. Pod względem geograficznym, obszar na którym znajduje się przedmiotowa zlewnia należy do Beskidu Małego. Zlewnia Rzyki G wchodzi w skład zlewni potoku Rzyczanka, który od połączenia z Targaniczanką przyjmuje nazwę „Wieprzówka”. Ciek ten płynie m.in. przez Andrychów oraz gminę Wieprz i uchodzi do Skawy w jej dolnym biegu.

Zlewnia o powierzchni 47,50 ha i średniej szerokości 0,525 km, ma lekko wydłużony zwarty kształt (rys. 2). W wyraźnie wykształconej dolinie przebiegającej bliżej wschodniej granicy zlewni, płynie tylko jeden ciek o długości 0,575 km, stąd gęstość sieci rzecznej wynosi $1,21 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$. Teren zlewni położony jest na wysokości 396–457 m n.p.m., przy czym zdecydowanie przeważa przedział od 410 do 440 m n.p.m., stanowiący 72,2% jej powierzchni. Średnia ważona wysokość kształtuje się na poziomie 425 m n.p.m., natomiast przeciętne nachylenie terenu wynosi 12,2%. W zlewni przeważają tereny o spadkach wynoszących 5–18% zajmując prawie 68% powierzchni, obszar o nachyleniu powyżej 27% stanowi 8,5% powierzchni ogólnej. Położenie wysokościowe oraz nachylenia stoków świadczą o wyżynnym charakterze zlewni, w której dominuje północno-wschodnia i południowo-zachodnia wystawa zboczy.

Badana zlewnia jest pokryta stosunkowo płytkimi, szkieletowymi glebami brunatnymi dystroficznymi, powstałymi w wyniku wietrzenia fliszu karpackiego. Pod względem gatunkowym dominują ility pylaste, pyły ilaste oraz gliny lekkie i ciężkie, zawierające od 32 do 58% części spławialnych i od 28 do 45% pyłowych.



Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań
Fig. 1. Localization of investigated area

Są to gleby bardzo silnie kwaśne (pH w granicach 3,7 do 4,5) i charakteryzujące się znaczną zwięzłością, dużą pojemnością kapilarną oraz małą odciekalnością i słabą przepuszczalnością.

W latach 1995–1996 podstawową formą użytkowania zlewni Rzyki G było rolnictwo – wyraźnie dominowały grunty orne, których było 68,7%. Pod użytki zielone, które występowały w tym czasie przede wszystkim wzdłuż doliny ciek, przeznaczono 16,2% powierzchni. Tere-

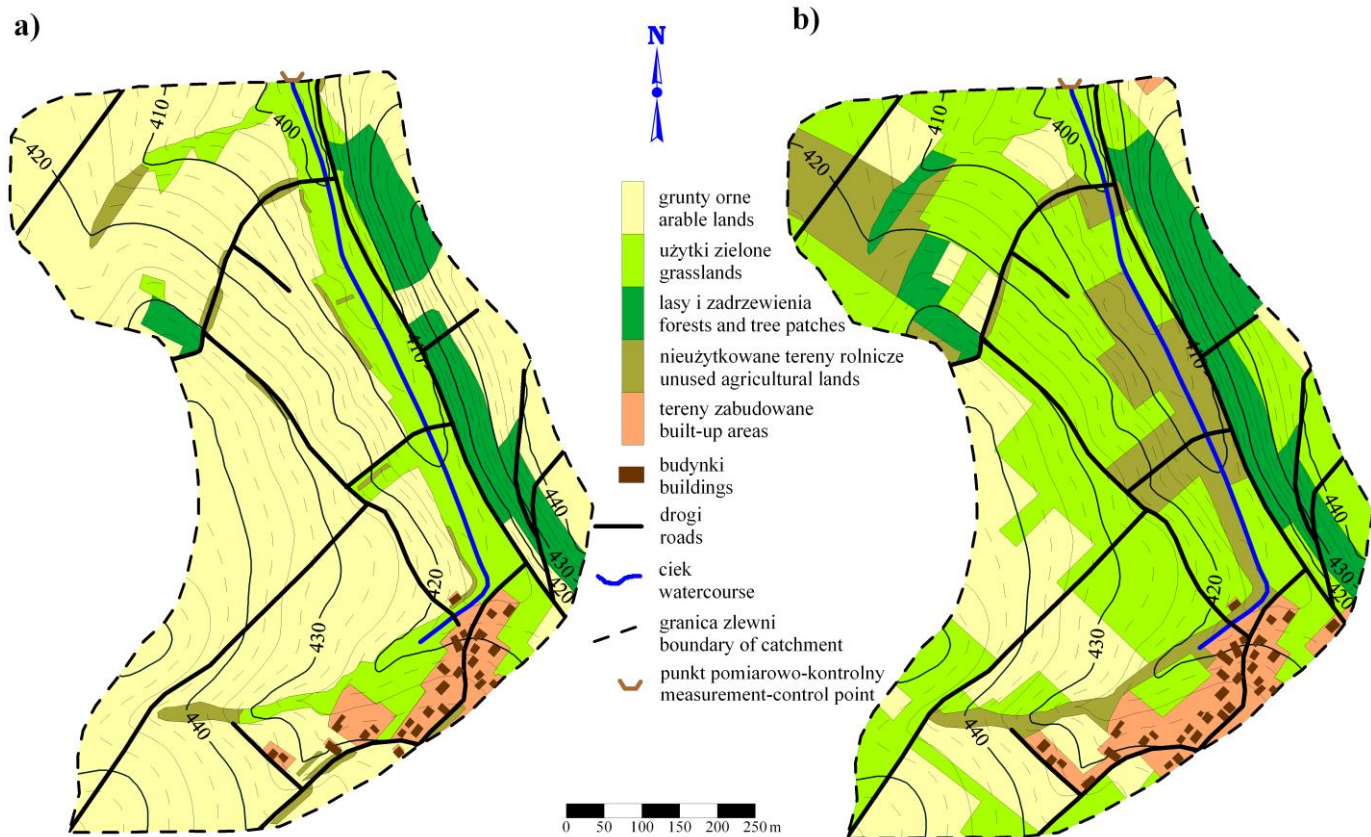
ny leśne i zadrzewione zajmowały 8,4% areal ziemi – głównie stoki o spadkach powyżej 20% usytuowane we wschodniej części zlewni. Pod tereny o zabudowie zwartej, położone w południowo-wschodniej części zlewni, wykorzystano 4,3% powierzchni (tab. 1, rys. 2a).

Tabela 1. Struktura użytkowania terenu zlewni Rzyki G w latach 1995–1996 oraz 2010–2011

Table 1. Structure of land use in the Rzyki G catchment in 1995–1996 and 2010–2011

Rodzaj użytku/Land-use type	Powierzchnia/Surface			
	1995–1996		2010–2011	
	[ha]	[%]	[ha]	[%]
Grunty orne/Arable lands	32,64	68,7	10,50	22,1
Użytki zielone/Grasslands	7,71	16,2	21,66	45,6
Lasy i zadrzewienia/Forests and tree patches	3,97	8,4	5,27	11,1
Grunty rolne nieużytkowane/Unused agricultural lands	1,16	2,4	7,22	15,2
Tereny zabudowane/Built-up areas	2,02	4,3	2,85	6,0
Suma/Total:	47,50	100,0	47,50	100,0

W latach 2010–2011, w stosunku do poprzedniego okresu, udział gruntów ornych zmniejszył się o 46,6%, natomiast zwiększyła się o 2,7% lesistość zlewni. Przybyło także użytków zielonych i terenów zabudowanych odpowiednio o 29,4 i 1,7%, a ponadto w zlewni wyłączono z produkcji rolnej 12,8% powierzchni gruntów (tab. 1, rys. 2b). Podobne zmiany w strukturze użytkowania zaobserwowano w innych częściach kraju [18]. Na terenie zlewni występują drobnotowarowe gospodarstwa rolne, o przeciętnym areale na poziomie średniej w gminie Andrychów tj. 2,3 ha. Poza rolnictwem i osadnictwem wiejskim, w zlewni nie występują pozarolnicze formy aktywności gospodarczej. Reasumując można stwierdzić, że na przestrzeni 15 lat użytkowanie zlewni zmieniło się z dominacji upraw polowych na użytkowanie łąkowe z dużym udziałem zadarnionych gruntów nieużytkowanych rolniczo.



Rys. 2. Mapy użytkowania terenu zlewni Rzyki G: a) stan w latach 1995–1996, b) stan w latach 2010–2011

Fig. 2. Maps of Rzyki G catchment land use: a) the state in 1995–1996, b) the state in 2010–2011

3. Zakres i metody badań

Badania hydrochemiczne prowadzono w dwóch okresach w latach 1995–1996 i 2010–2011. Próbkę wody pobierano od jednego do czterech razy w miesiącu w punkcie pomiarowo-kontrolnym usytuowanym na cieku Rzyki G. W pierwszym oraz drugim okresie badawczym pobrano odpowiednio 57 i 42 próbki. Bezpośrednio w terenie, pehametrem CP–104 mierzono pH, a w laboratorium metodą przepływowej analizy kolorymetrycznej aparatem FIAstar 5000 oznaczano stężenia azotu w formie amonowej (N-NH_4^+) i azotanowej (N-NO_3^-), a także fosforany (PO_4^{3-}) i chlorki (Cl^-). Stężenia jonów wapnia (Ca^{2+}), sodu (Na^+), potasu (K^+), magnezu (Mg^{2+}) oraz żelaza (Fe) określono za pomocą absorpcyjnej spektrometrii atomowej na spektrometrze UNICAM SOLAR 969, natomiast stężenia siarczanów (SO_4^{2-}) metodą grawimetryczną. Dysponując bazą danych empirycznych, oddzielnie dla każdego okresu badawczego, obliczono wybrane statystyki opisowe, takie jak wartości minimalne i maksymalne, średnie arytmetyczne, przedziały ufności średniej na poziomie 95%, odchylenia standardowe oraz współczynniki zmienności. Istotność różnic pomiędzy wartościami tych samych wskaźników jakości oznaczonych w obu okresach badawczych, przeanalizowano nieparametryczny testem U Manna-Whitney’a. Do analizy wybrano ten test ze względu na brak homogeniczności wariancji rozkładów zmiennej zależnej porównywanych populacji. Jakość wody odpływającej ze zlewni, oceniono na podstawie badanych elementów fizykochemicznych, zgodnie z wytycznymi Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych, który to akt prawny implementuje zapisy dyrektywy 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiającej ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej [14]. Poza oznaczaniem własności fizykochemicznych wody, przeprowadzono szczegółową inwentaryzację terenu pod kątem użytkowania w obu okresach badawczych. Wykorzystując ortofotomapy i mapy topograficzne oraz narzędzia GIS opracowano aktualny stan użytkowania i zagospodarowania oraz charakterystykę fizjograficzną zlewni Rzyki G.

4. Wyniki

Średnie stężenia azotu amonowego i azotanowego w latach 1995–1996 wynosiły odpowiednio 0,59 i 1,67 mg·dm⁻³ i były około 4-krotnie większe niż w okresie 2010–2011 (tab. 2). Wartość maksymalna stężenia azotu amonowego w pierwszym z rozpatrywanych okresów wynosiła 2,48 mg·dm⁻³ (rys. 3) i była około 3,5 razy większa niż w drugim okresie badań (0,70 mg·dm⁻³). Natomiast wartość maksymalna stężenia azotu azotanowego w latach 1995–1996 wyniosła 4,34 mg·dm⁻³ i była prawie 2,5-krotnie większa niż odnotowana w okresie 2010–2011. Średnie stężenie fosforanów po piętnastu latach zmniejszyło się o 60,5% z poziomu 0,122 do 0,076 mg·dm⁻³, a wartość maksymalna obniżyła się 5-krotnie (rys. 3). Przeciętne stężenia SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻ i Fe były większe w pierwszym okresie badań odpowiednio o 26,5, 12,5, 4,7, 6,7 i 30,4%. Tylko w przypadku pH, sodu i potasu, ich wartości średnie były od 10,4–23,4% większe w latach 2010–2011.

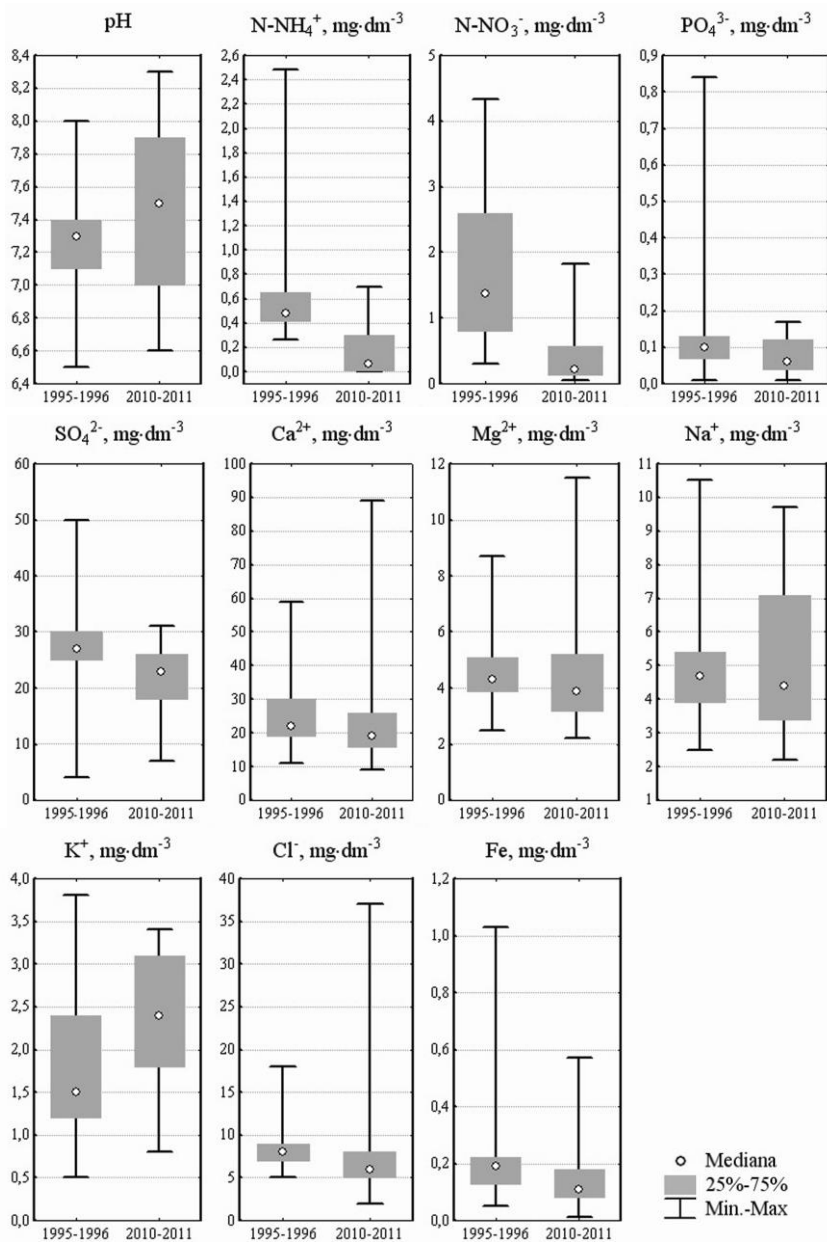
Nieparametryczny test U Manna-Whitney'a pozwolił określić istotność różnic pomiędzy wartościami tych samych wskaźników oznaczonych w różnych okresach badań. W wyniku testowania statystycznego stwierdzono, że istotne różnice wystąpiły w przypadku ośmiu indyktorów jakościowych wody. W pierwszym okresie badań, gdy w strukturze użytkowania zlewni przeważały grunty orne, istotnie większe były stężenia azotu amonowego i azotanowego, fosforanów, siarczanów, wapnia, chlorków oraz żelaza, a mniejsze potasu. W przypadku wartości pH oraz stężeń magnezu i sodu istotnych różnic nie stwierdzono (tab. 3). Niewątpliwym wpływem na wyraźne zmniejszenie w ciągu 15 lat wartości 7 z 11 wskaźników fizykochemicznych (w tym substancji biogennej) miała transformacja gruntów ornych na tereny trwale zadarnione (tab. 1), które będąc w części nieużytkowane rolniczo są nie nawożone. Ponadto teren porośnięty roślinnością trawiastą posiada większą szorstkość hydrauliczną niż grunt orny, a tym samym lepiej chroni glebę przed spływami powierzchniowymi i ogranicza procesy erozyjne. Zatem zmiana użytkowania, w warunkach zlewni Rzyki G, w której występują duże spadki terenu oraz zwarte i mało przepuszczalne podłoże, spowodowała ograniczenie wymywania składników chemicznych z gleby do wód powierzchniowych.

Tabela 2. Parametry statystyczne opisujące wartość wybranych wskaźników jakości wody ciekłu Rzyki G
Table 2. Statistical parameters describing selected water quality parameters in Rzyki G watercourse

Wskaźnik Indexes	Średnia Average	Przedział ufności średniej na poziomie 95% The confidence interval of average at 95%	Rozstęp Range	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności Coefficient of variation [%]	Średnia Average	Przedział ufności średniej na poziomie 95% The confidence interval of average at 95%	Rozstęp Range	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności Coefficient of variation [%]	
	1995–1996					2010–2011					
pH	7,26	7,21–7,34	1,5	0,26	4	7,43	7,29–7,57	1,7	0,45	6	
N-NH ₄ ⁺	mg·dm ⁻³	0,59	0,50–0,69	2,22	0,351	59	0,14	0,086–0,194	0,7	0,175	125
N-NO ₃ ⁻		1,67	1,41–1,93	4,04	0,986	59	0,42	0,28–0,54	1,77	0,426	101
PO ₄ ³⁻		0,122	0,087–0,157	0,83	0,133	109	0,076	0,061–0,09	0,16	0,047	62
SO ₄ ²⁻		27,7	26,2–29,3	46	5,8	21	21,9	20,2–23,6	24	5,6	26
Ca ²⁺		25,2	22,6–27,9	48	9,97	40	22,4	18,6–26,2	80	12,3	55

Tabela 2. cd
Table 2. cont.

Wskaźnik Indexes	Średnia Average	Przedział ufności średniej na poziomie 95% The confidence interval average of 95%	Rozstęp Range	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności Coefficient of variation [%]	Średnia Average	Przedział ufności średniej na poziomie 95% The confidence interval average of 95%	Rozstęp Range	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności Coefficient of variation [%]	
	1995–1996					2010–2011					
pH	7,26	7,21–7,34	1,5	0,26	4	7,43	7,29–7,57	1,7	0,45	6	
Mg ²⁺	mg·dm ⁻³	4,5	4,2–4,8	6,2	1,24	28	4,3	3,8–4,8	9,3	1,7	40
Na ⁺		4,8	4,4–5,2	8	1,45	30	5,3	4,6–5,9	7,5	2,2	42
K ⁺		1,7	1,5–1,9	3,3	0,78	46	2,3	2,1–2,6	2,6	0,72	31
Cl ⁻		8,0	7,5–8,5	13	1,93	24	7,5	5,7–9,2	35	5,6	75
Fe		0,206	0,169–0,243	0,98	0,14	68	0,158	0,117–0,198	0,56	0,133	84



Rys. 3. Wartości ekstremalne, mediana i rozstęp kwartylny wskaźników jakości wody

Fig. 3. Extreme values, median and interquartile range of water quality indexes

Tabela 3. Porównanie wartości wskaźników jakości wody nieparametrycznym testem U Manna-Whitney’a

Table 3. Comparison of water quality parameters values using non-parametrical U Mann-Whitney’s test

Wskaźnik Indeks	Mediana Median		Suma rang Rank sums		Wartości statystyki The values of statistic		Prawdopodobieństwo testowe Probability test
	1995–1996	2010–2011	1995–1996	2010–2011	U	Z	
pH	7,3	7,5	2700,5	2349,5	1047,5	-1,25	0,213
N-NH ₄ ⁺	0,48*	0,06	3959	1091	145	7,53	0,000
N-NO ₃ ⁻	1,37	0,22	3889,5	1160,5	214,5	7,04	0,000
PO ₄ ³⁻	0,10	0,06	3298	1752	806	2,74	0,003
SO ₄ ²⁻	27	23	3581	1469	523	4,91	0,000
Ca ²⁺	22	19	3207	1843	897	2,29	0,022
Mg ²⁺	4,3	3,9	3101	1949	1003	1,55	0,121
Na ⁺	4,7	4,4	2819,5	2230,5	1166,5	-0,41	0,681
K ⁺	1,5	2,4	2303	2747	650	-4,01	0,000
Cl ⁻	8	6	3298	1752	806	2,95	0,003
Fe	0,19	0,11	3271,5	1778,5	632,5	3,28	0,006

* – wytłuszczenie wartości statystyki oznacza, że różnice są statystycznie istotne / bold type indicates significant differences

Wartości pH w obu okresach badawczych cechowała najmniejsza zmienność losowa, ponieważ współczynniki zmienności w okresie badań wyniosły poniżej 10%. Natomiast największy rozrzut wartości w zbiorach danych empirycznych stwierdzono w przypadku substancji biogenych (N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, PO₄³⁻) i żelaza, których wartości współczynników zmienności kształtowały się w obu okresach w granicach 59–125%. W przypadku azotu amonowego i azotanowego, wapnia, magnezu, sodu,

chlorków oraz żelaza współczynnik ten był większy w latach 2010–2011, natomiast w odniesieniu do fosforanów i potasu w latach 1995–1996. Stwierdzono, że największe różnice w wartościach współczynników zmienności wystąpiły w przypadku chlorków, azotu amonowego i azotanowego (odpowiednio o 3,1, 2,1 i 1,7 razy większe wartości w drugim okresie) oraz fosforanów, dla których współczynnik ten był prawie 1,5-krotnie większy w pierwszym okresie badań (tabela 2).

Średnie wartości badanych wskaźników fizykochemicznych, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska [14], pozwoliły w obu okresach zakwalifikować wody cieku Rzyki G do I klasy stanu bardzo dobrego. Natomiast w wyniku porównania pojedynczych oznaczeń z wartościami granicznymi dla poszczególnych klas jakości stwierdzono, że w latach 1995–1996 stężenia azotu amonowego w 5 z 57 prób kwalifikowały wodę do II klasy, a 3 do stanu poniżej dobrego. Stężenie fosforanów w dwóch terminach zakwalifikowano do II klasy, a raz przekroczyło wartość graniczną tej klasy. W przypadku azotu azotanowego, aż w 20 z 57 terminów badawczych, stężenia kwalifikowały wodę do II klasy. W drugim okresie badań, we wszystkich próbkach, wartości wskaźników fizykochemicznych nie przekraczały dopuszczalnych wartości I klasy stanu bardzo dobrego.

5. Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników badań można sformułować następujące wnioski:

1. W wyniku zwiększenia powierzchni trwale zadarnionych kosztem areалу gruntów ornych, poprawiły się parametry fizykochemiczne wody powierzchniowej. Statystycznie istotnie zmniejszyły się stężenia substancji biogennych (azotu amonowego i azotanowego oraz fosforanów), siarczanów, chlorków i żelaza.
2. W obu okresach badań wartości średnie wskaźników fizykochemicznych kwalifikowały wody cieku Rzyki G do I klasy stanu bardzo dobrego. Jednak w okresie z dominacją gruntów ornych w strukturze użytkowania, występowały pojedyncze wartości azotu amonowego i fosforanów, które kwalifikowały wody do stanu poniżej dobrego oraz liczne stężenia azotu azotanowego, które przekraczały wartość graniczną dla wód I klasy.

3. Uzyskane wyniki badań potwierdzają korzystny wpływ terenów zadarnionych na jakość wód, a tym samym zasadność stosowania ekotonów wzdłuż cieków i zbiorników wodnych jako barier biogeochemicznych ograniczających migrację składników nawozowych z terenów rolniczych do wód powierzchniowych.
4. Zmniejszenie zagrożenia wód powierzchniowych i podziemnych zanieczyszczeniami obszarowymi pochodzącymi z rolnictwa, a tym samym spełnienie założeń Ramowej Dyrektywy Wodnej dotyczących osiągnięcia oraz utrzymania dobrego stanu i potencjału wód, wymaga nowego podejścia w zakresie kształtowania przestrzeni rolniczej, w tym zmiany sposobu zagospodarowania i użytkowania zlewni mocno urzeźbionych.

Literatura

1. **Bajkiewicz-Grabowska E.:** *Obieg materii w systemach rzeczno-jeziornych*. Warszawa. Wydaw. UW, 274, 2002.
2. **Balcerzak W.P., Rybicki S.M.:** *Ocena stopnia zagrożenia wody eutrofizacją na przykładzie zbiornika zaporowego w Świnnej Porębie*. *Ochrona Środowiska*, 33, 4, 67–69 (2011).
3. **Bogdał A., Ostrowski K.:** *Wpływ rolniczego użytkowania zlewni podgórskiej i opadów atmosferycznych na jakość wód odpływających z jej obszaru*. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, Wyd. Falenty, Tom 7, 2a (20), 59–69 (2007).
4. **Kanownik W.:** *Impact of mountainous areas management system upon biogenes content in surface waters*. *EJPAU*. No 8(2) #11, 2005.
5. **Kanownik W., Kowalik T., Bogdał A., Ostrowski K.:** *Quality categories of stream waters included in the small retention programme in the Malopolska province*. *Polish Journal of Environmental Studies* 22 (1). 159–165 (2013).
6. **Kanownik W., Rajda W.:** *Samooczyszczanie wody potoku Psychowickiego*. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 561. 81–91 (2011).
7. **Kotusz J., Kuszniierz J., Popiolek M., Witkowski A.:** *Ichtyofauna systemu rzeczno Nysy Kłodzkiej*. *Roczniki Naukowe PZW (Rocz. Nauk. PZW)*, Scientific Annual of the Polish Angling Association, t. 22, 5–58 (2009).
8. **Kowalik T., Bogdał A., Kanownik W., Ostrowski K., Rajda W.:** *Quality and functional values of waters flowing away from catchments of planned small storage reservoirs in the Beskid Makowski and Żywiecki Mts*. *Monografia*. Wyd. UR Kraków, 94, 2010.

9. **Kupiec J.:** *Porównanie wyników bilansu fosforu w aspekcie monitorowania zanieczyszczeń ze źródeł rolniczych.* Rocznik Ochrona Środowiska, Tom 12, 785–804 (2010).
10. **Ostrowski K., Bogdał A., Rajda W.:** *Wpływ użytkowania wybranych mikrozwlewni Pogórza Wielickiego na zawartość i sezonową zmienność cech fizyko-chemicznych w wodach odpływających.* Zesz. Nauk. AR Kraków, 420, Inż. Środ. 26, 9–19 (2005).
11. **Podedworna M., Marciniewicz M.:** *Eutrofizacja wód.* Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 7–8, 275–278 (2004).
12. **Policht-Latawiec A., Kapica A.:** *Influence of Hard Coal Mine on Water Quality in the Vistula River.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection) 15, 2640–2651 (2013).
13. **Rogers P.:** *Hydrology and Water Quality.* Changes in Land Use and Land Cover: A global perspective, Cambridge University Press. Cambridge. 1994.
14. **Rozporządzenie Ministra Środowiska** z dnia 09 listopada 2011 roku w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych. Dz. U. Nr 257, poz. 1545.
15. **Sarna S., Jarząbek A.:** *Impact of agricultural utilization of river catchment basins on the surface water quality in the region of the Pogórze Wielickie (Southern Poland).* Proc. 8th Polish and 1st International Scientific-Technological Conference. Water Quality and Water Resources Protection, "Principles of the Rational Water Management", Zakopane-Kościelisko, 93–100 (1998).
16. **Smoroń S.:** *Eutrophication of surface water as an influence of biogenic compounds penetration from the agriculture sources to the Environmental.* Zesz. Eduk. IMUZ, 5, 57–70 (1998).
17. **Sobczyński T., Joniak T.:** *The variability and stability of water chemistry in a deep temperate lake: results of long-term study of eutrophication.* Pol. J. Environ. Stud. 22, 1, 227–237 (2013).
18. **Zydroń A., Hausa P.:** *Analiza zmian struktury władania i użytkowania gruntów po transformacji ustrojowej w Polsce na przykładzie wybranych gmin Wielkopolski.* Rocznik Ochrony Środowiska. (Annual Set The Environment Protection), 12, 909–925 (2010).

Effect of Change of Small Upland Catchment Use on Surface Water Quality Course

Abstract

The aim of the paper was an assessment of the change in the structure of small upland catchment use on quality parameters of water flowing away from its area. The objective was realized through analysis of values and concentrations of selected water physicochemical indices, which were obtained by systematic research conducted during two periods, when the catchment use changed significantly.

The research was conducted in the Rzyki G catchment situated in the Beskid Mały Mountains area, in the village of Rzyki, in the western part of the Malopolska Region. It is the basic catchment of the Wieprzówka river, which flows into the Skawa River in its lower course. The catchment, of 47.50 ha and mean width of 0.525 km, has a slightly elongated, compact shape and clearly formed valley, through which the only watercourse, 0.575 km long Rzyki G is flowing. Mean weighed height of the area is 425 m a.s.l, whereas an average land slope is 12.2%. The catchment is covered by relatively shallow, skeletal and strongly acid dystrophic brown soils, which are characterized by a considerable compactness, high capillary capacity and poor permeability. Rzyki G catchment is of a typically agricultural character. In 1995–1996 the arable lands, covering 68.7% of the total area, prevailed in the structure of agricultural lands. Forests with plantings and grasslands constituted respectively 8.4 and 16.2% of the area. Non-agricultural land occurred sporadically (2.4%), whereas 4.3% of the area was used as built-up area. 15 years later (the period of 2010–2011) the arable land acreage diminished by 46.6%, whereas the share of permanent turf covered area, including grasslands, increased by 29.4%. Also the catchment afforestation rate grew slightly, as well as the built-up area, respectively by 2.7 and 1.7%.

Hydrochemical analyses were conducted in the years 1995–1996 and 2010–2011. Water samples were collected from the Rzyki G watercourse between once and four times a month. pH was measured on-site, whereas the concentrations of ammonium and nitrate nitrogen, phosphates, sulphates, calcium, magnesium, sodium, potassium, chlorides and iron were assessed in laboratory by means of reference methods. The empirical data base was analysed statistically using selected descriptive statistics and non-parametrical U Mann-Whitney's significance test. Water quality was determined on the basis of the domestic executive act, in compliance with 2000/60/WE Directive of the European Parliament and council dated 23 October, 2000. Apart from hydrochemical

analyses, a detailed inventory of the area was conducted during both periods of investigations. Using cartographic materials and GIS tools, the current state of use and physiographic characteristics of the catchment were developed.

On the basis of the data analysis it was found that in result of the change in the catchment area use, from arable lands to permanent turf-covered areas, concentrations of most of the analyzed chemical indices of water in the Rzyki G watercourse, i.e. biogenic substances (N-NH_4^+ , N-NO_3^- , PO_4^{3-}), as well as sulphates and iron decreased significantly. Mean values of the indices allowed to classify the water in both periods to I class of the ecological state, however in single water samples from 1995–1996 period, the values of ammonium nitrogen and phosphate concentrations classified water to the state below good, whereas in case of nitrate nitrogen to II class. Fulfillment of the requirements stated by the Framework Water Directive concerning the achieving and maintenance of good water quality will require a new approach to shaping the agricultural space, including the changes in the way of management and use of strongly sculptured catchments. Obtained research results confirm the advantageous effect of turf covered area on water quality and therefore the advisability of using ecotones along watercourses and water reservoirs as biogeochemical barriers limiting migration of fertilizer components from agricultural areas to surface waters.

Słowa kluczowe: użytkowania terenu zlewni, wskaźniki jakości wody

Key words: catchment land use, water quality parameters