

Hydrochemiczne uwarunkowania realizacji programu małej retencji na terenach górskich i podgórskich

**Krzysztof Ostrowski, Włodzimierz Rajda, Tomasz Kowalik,
Włodzimierz Kanownik, Andrzej Bogdał**

*Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kollątaja w Krakowie
Al. A. Mickiewicza 24/28, 30–059 Kraków*

*e-mail: rmostrow@cyf-kr.edu.pl, rmrajda@cyf-kr.edu.pl, rmkowali@cyf-kr.edu.pl,
rmkanown@cyf-kr.edu.pl, rmbogdal@cyf-kr.edu.pl*

Słowa kluczowe: zasoby wodne, jakość wód powierzchniowych, mała retencja

Zasoby wodne

Woda jest podstawowym czynnikiem kształtującym środowisko oraz wpływającym na życie i zdrowie człowieka [6]. Racjonalne gospodarowanie jej zasobami jest więc nieodzowne dla wielofunkcyjnego rozwoju obszarów wiejskich, prowadzącego do poprawy warunków życia lokalnych społeczności [7]. Zapewnienie odpowiedniej ilości i jakości wody w naszym kraju wymaga działań zmierzających do zwiększenia dostępności jej użytecznych zasobów, ponieważ pod tym względem Polska zajmuje przedostatnie miejsce wśród krajów europejskich [19]. Przyczyną tego jest między innymi bardzo mała pojemność zbiorników retencyjnych, nie przekraczająca 6% średniego rocznego odpływu [3].

Tereny górskie i podgórskie dorzecza górnej Wisły, stanowiące 15% powierzchni kraju, dostarczają 29% zasobów wód powierzchniowych. Odpływy na tych terenach charakteryzują się dużą zmiennością w czasie. Wody podziemne stanowią tu zaledwie 14% zasobów tych wód w Polsce, gdyż flisz karpacki charakteryzuje się niską wydajnością poziomów wodonośnych. W przeliczeniu na jednego mieszkańca Polski średnie roczne zasoby wodne wynoszą około 1580 m^3 , a dla terenów górskich i podgórskich regionu karpackiego około 2720 m^3 , tj. o 1140 m^3 (ponad 72%) więcej niż średnio dla całego kraju [19].

Dużym problemem jest też niska jakość wód powierzchniowych. Podlegają one znacznym wpływom antropogenicznym, ograniczającym dostępność wody dobrej jakości. W wyniku monitoringu rzek w ostatnich latach stwierdzono, że:

- w żadnym z 1544 punktów pomiarowo-kontrolnych nie występowały wody I klasy,
- w 34 punktach (2%) wody spełniały wymagania II klasy,
- w 548 (36%) – III klasy,
- w 662 (43%) – IV klasy,
- w 300 punktach (19%) wody należały do V klasy.

Na jakość wód powierzchniowych negatywnie wpływa przemysł, rolnictwo i osadnictwo. Analiza danych monitoringowych wskazuje, że w Polsce głównym źródłem nadmiernego zanieczyszczenia staje się obecnie gospodarka komunalna.

Program małej retencji

Jednym ze sposobów rozwiązywania niełatwych problemów gospodarki wodnej mogą być różnego rodzaju działania przyrodniczo-techniczne i organizacyjne, sprzyjające gromadzeniu wody, opóźniające odpływ i zwiększające jej dostępność dla gospodarki, w tym dla produkcji rolniczej i kształtowania krajobrazu, określane ogólnie jako mała retencja wodna. Realizacja programu małej retencji pozwoli na gromadzenie wody dla odbiorców pozostających poza dużymi systemami wodnymi, a także na rozwiązanie lokalnych, istotnych problemów ekologicznych i społecznych. W atrakcyjnych turystycznie terenach, gdzie brak jest warunków do uprawiania rekreacji wodnej, funkcję tę mogłyby pełnić małe zbiorniki wodne, które mogą ponadto poprawić walory krajobrazu. Przy zachowaniu cech rekreacyjnych zbiorniki mogłyby pełnić również inne funkcje gospodarcze i społeczne [4, 5]. Można więc przyjąć, że zbiorniki wodne małej retencji są pożądane na terenach wiejskich.

Wychodząc naprzeciw potrzebom zwiększenia lokalnej retencji wód powierzchniowych firma HYDROPROJEKT KRAKÓW Sp. z o.o. opracowała w 2004 roku, na zlecenie władz samorządowych „Program małej retencji województwa małopolskiego”. Obejmuje on wstępne projekty 69 małych zbiorników, w zlewniach najczęściej kilku do kilkunastu km² (w tym 4 poldery), o pojemnościach od 12 tys. m³ (Łętownia 2) do 1774 tys. m³ (Gosprzydowa 2). Zaplanowano je w różnych rejonach województwa, głównie, na terenach wiejskich. Ich łączna pojemność wynosi około 50 mln m³, pojemność wyrównawcza – 20 mln m³, a koszt około 912 mln PLN [12].

Zbiorniki te są planowane głównie na ciekach, na których nie była i nie jest prowadzona systematyczna ocena jakości wód. Badania jakości wód są konieczne, ponieważ zlewnie małych cieków, narażone są na wpływy antropogeniczne związane z działalnością rolniczą, osadnictwem o nie uporządkowanej gospodarce wodno-ściekowej, a także z innego rodzaju działalnością gospodarczą.

Z dotychczasowych badań hydrochemicznych w małych zlewniach na terenach górskich i podgórskich wynika, że nawet przy ich częściowym osadniczym zagospo-

darowaniu zanieczyszczenie wód odpływających było większe niż w zlewniach rolniczych [1, 2, 9, 14, 15, 16]. Wykazano, że zanieczyszczenie wody wzrastało poniżej osiedla wiejskiego [11], a tym bardziej poniżej kilkunastotysięcznego miasta [10]. Stwierdzono też, że zanieczyszczenie wody wzrastało stopniowo, gdy trasa ciekłu przebiegała kolejno przez tereny o rosnącej antropopresji – wiejskie, podmiejsko-osadnicze i zurbanizowane (duże miasto). Miało to miejsce nawet wówczas, gdy w zlewni znajdowały się czynniki, ale nie w pełni sprawne oczyszczalnie ścieków [13].

Ponadto wykazano [8], że na właściwości fizyko-chemiczne wód odpływających z małych zlewni istotny wpływ ma gęstość zaludnienia zlewni, stopień zabudowy terenu, udział gruntów ornych, obsada zwierząt gospodarskich oraz poziom nawożenia mineralnego i organicznego. Do niskiej jakości kwalifikowały wodę najczęściej stężenia NO_3^- i NH_4^+ oraz O_2 rozpr., Mn^{+2} i BZT₅, [14, 15], a w niektórych zlewniach także zawiesiny, których duże stężenie może być związane z potencjałem erozyjnym bogato urzeźbionych zlewni podgórskich i górskich [17].

Ocena jakości wód na podstawie systematycznych badań w różnych warunkach użytkowania małych zlewni górskich i podgórskich

W 2004 roku, w porozumieniu z Małopolskim Zarządzeniem Melioracji i Urzędzeń Wodnych, rozpoczęto wstępne badania jakości wód w wybranych małych ciekach, na których planowana jest budowa zbiorników objętych programem małej retencji [12]. Badania takie, jak wykazano powyżej i stwierdzono w opracowanym Programie, są konieczne dla podejmowania działań ochronnych przed zanieczyszczeniem i eutrofizacją wód w planowanych zbiornikach.

Celem badań jest ocena oddziaływania czynników naturalnych i antropogenicznych na jakość wód odpływających z obszaru niekontrolowanych małych zlewni górskich i podgórskich. Systematyczne badania rozpoczęto w 2007 roku w 12 zlewniach, w których planowana jest budowa zbiorników małej retencji. Przy typowaniu obiektów kierowano się zróżnicowanym zagospodarowaniem powierzchni zlewni. Wybrano po 4 zlewnie w 3 różnych rejonach województwa małopolskiego, na terenie powiatów krakowskiego i wielickiego – rejon 1, tarnowskiego – rejon 2 i suskiego rejon 3 (rys. 1). Wyniki badań mogą być wykorzystane do podejmowania decyzji przy planowaniu, projektowaniu i eksploatacji zbiorników.

Spośród 12 obiektów najmniejszą powierzchnię ma, najwyżej położona i o największym spadku terenu, zlewnia zbiornika Łętownia. Powierzchnię największą ma zlewnia zbiornika Janowice. Najniżej położona jest zlewnia zbiornika Piekary o średnim spadku tylko o 0,1% większym od najmniejszego, stwierdzonego w zlewni zbiornika Tonie. Największą pojemność będzie miał zbiornik Skrzyszów, a najmniejszą Bystra (tab. 1).

Tabela 1. Charakterystyka badanych zlewni i pojemność (V) planowanych zbiorników małej retencji przy NPP (opracowanie własne)

Nazwa zlewni (zbiornika)	Pow. zlewni [km ²]	Charakter użytkowania	Zakres wysokości [m n.p.m.]	Średni spadek terenu [%]	V [tys. m ³]
Szczyrzawy (Piekary)	6,26	osadniczo-rolnicze	210–277	4,2	515,0
Sudoł (Tonie)	14,69	osadniczo-rolnicze	221–373	4,1	73,2
Wilga (Janowice)	22,93	osadniczo-leśno-rolnicze	263–426	11,1	258,2
Sudoł Dominikański (Węgrzce)	6,69	rolniczo-osadnicze	235–320	7,1	203,5
Korzeń (Skrzyszów)	9,65	leśno-rolnicze + zabudowa rozproszona	231–397	10,9	982,7
Rygliczanka (Bistuszowa)	7,21	leśno-rolnicze + zabudowa rozproszona	236–358	15,4	337,0
Wolninka (Joniny)	7,10	leśno-rolnicze + zabudowa rozproszona	255–376	14,7	473,5
Uniszowski (Uniszowa)	5,07	rolniczo-leśne + nieliczna zabudowa	234–534	17,5	467,0
Głaza (Sidzina)	8,94	rolniczo-leśne + nieliczna zabudowa	515–787	18,0	138,6
Mostowy Potok (Bystra)	6,35	rolniczo-leśne + nieliczna zabudowa	493–1018	21,2	58,1
Osielczyk (Osielec)	4,92	rolniczo-leśne	427–810	22,2	102,0
Bąbola (Łętownia)	3,25	rolniczo-leśne	528–841	22,5	210,0

Dwie spośród 12 zlewni charakteryzują się użytkowaniem osadniczo-rolniczym, jedna – rolniczo-osadniczym, jedna – osadniczo-leśno-rolniczym, trzy – leśno-rolniczym z rozproszoną zabudową, trzy – rolniczo-leśnym z nieliczną zabudową oraz dwie – rolniczo-leśnym.

Oznaczenia wybranych wskaźników jakości wody wykonywano raz w miesiącu, w przekrojach pomiarowo-kontrolnych usytuowanych w miejscach planowanych zapór zbiorników. Bezpośrednio w terenie mierzono: temperaturę wody, pH, stężenie tlenu rozpuszczonego i stopień nasycenia tlenem, a także przewodność elektryczną właściwą, natomiast w laboratorium oznaczano: zawiesinę ogólną, fosforany (PO_4^{3-}), amoniak (NH_4^+), azotyny (NO_2^-), azotany (NO_3^-), substancje rozpuszczone, siarczany (SO_4^{2-}), chlorki (Cl^-), wapń (Ca^{2+}), magnez (Mg^{2+}), żelazo ogólne ($\text{Fe}^{2+/3+}$), mangan (Mn^{2+}), chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT-Mn) i biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT₅). Stężenia metali ciężkich (Cr, Zn, Cd, Cu, Ni, Pb) oraz liczebność bakterii coli i coli typu kałowego oznaczano raz na kwartał.

Dla każdej zlewni opracowano parametry morfometryczne, fizjograficzne i hydrograficzne oraz określono warunki glebowe i użytkowanie terenu. Uwarunkowania społeczno-gospodarcze oraz potencjalne źródła zanieczyszczeń wód ustalono na podstawie badań ankietowych przeprowadzonych w granicach badawczych zlewni.

Jakość wód odpływających oceniono zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 roku, obowiązującym w okresie podejmowania badań [18].

Tabela 2. Ocena jakości wód powierzchniowych badanych potoków (opracowanie własne)

Wskaźniki jakości wody	Klasy ¹ jakości wody [18]											
	Szczy- rzawy	Wilga	Sudół Dominikański	Sudół	Korzeń	Uni- szowski	Rygli- czanka	Wolninka	Bąbola	Osiel- czyk	Mostowy	Głaza
Fizyczne												
temperatura	I	I	I	V	I	I	I	I	I	I	I	I
zawiesiny ogólne	III	III	V	III	II	II	II	II	II	II	II	II
pH	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Tlenowe												
tlen rozpuszczony	I	I	V	V	I	I	I	I	I	I	I	I
BZT ₅	II	I	V	V	I	I	I	II	I	I	I	I
ChZT-Mn	III	III	IV	III	III	III	III	III	II	II	II	III
Biogenne												
NH ₄ ⁺	I	I	V	V	I	I	I	I	I	I	I	I
NO ₃ ⁻	IV	II	II	III	II	II	II	II	I	I	I	I
NO ₂ ⁻	III	III	III	IV	II	II	II	III	I	I	I	I
PO ₄ ³⁻	II	II	V	V	II	II	II	I	I	I	I	I
P _{og.}	I	I	V	V	I	I	I	I	I	I	I	I
Zasolenia												
przewodność	I	III	III	III	I	I	I	I	I	I	I	I
substancje rozpuszczone	II	III	III	III	II	II	II	II	I	I	I	I
Cl ⁻	I	I	II	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Ca ²⁺	II	II	III	III	II	II	II	II	II	II	II	II
Mg ²⁺	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
SO ₄ ²⁻	I	I	II	III	I	I	I	I	I	I	I	I
Metale, w tym ciężkie												
Fe ^{2+/3+}	III	III	III	III	III	III	IV	III	II	II	II	III
Mn ²⁺	III	II	III	III	III	III	III	III	I	I	I	I
Chrom (Cr)	I	I	I	IV	I	I	I	I	I	I	I	I
Cynk (Zn)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Kadm (Cd)	II	III	IV	IV	II	II	II	II	I	I	I	I
Miedź (Cu)	I	I	I	IV	I	I	I	I	II	II	I	I
Nikiel (Ni)	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Ołów (Pb)	III	I	IV	IV	I	I	I	I	I	I	I	I
Bakterie coli katowe	I	III	III	III	III	II	III	II	II	I	I	III
Bakterie coli	I	III	III	III	III	I	II	II	II	I	I	II

¹ I klasa – wody o bardzo dobrej jakości, II klasa – wody dobrej jakości, III klasa – wody zadowalającej jakości, IV klasa – wody niezadowalającej jakości, V klasa – wody złej jakości

Wstępne wyniki wykazały, że wody odpływające ze zlewni o użytkowaniu rolniczo-leśnym (Osielczyk, Bąbola) oraz rolniczo-leśnym z nieliczną zabudową (Mostowy Potok), należą do II, dobrej klasy jakości. Wody cieków w zlewniach rolniczo-leśnych z nieliczną zabudową (Głaza, Uniszowski), tylko z powodu trzech wskaźników kwalifikują się do III, zadawalającej klasy jakości. Także wody zlewni osadniczo-leśno-rolniczej (Wilga) i leśno-rolniczych z zabudową rozproszoną (Korzeń, Wolninka), kwalifikują się do III klasy, ale w zlewniach tych większa liczba badanych wskaźników, niż w zlewniach potoków Głaza i Uniszowski, osiągała wartości w granicach II lub III klasy. Wody zlewni osadniczo-rolniczej (Szczyrzawy) z powodu azotanów, a zlewni leśno-rolniczej z zabudową rozproszoną (Rygliczanka) z powodu związków żelaza kwalifikują się do IV, niezadawalającej klasy jakości. Najgorszą jakością charakteryzują się wody odpływające ze zlewni rolniczo-osadniczej (Sudół Dominikański) i osadniczo-rolniczej (Sudół). Wody tych zlewni należą do V złej klasy jakości z powodu stężeń tlenu rozpuszczonego, BZT_5 , NH_4^+ , PO_4^{3-} i P_{og} . Ponadto większość pozostałych wskaźników w tych zlewniach osiąga wartości w granicach III lub IV klasy jakości (tab. 2).

Tylko 4 wskaźniki, tj. temperatura, pH, Mg i Zn w żadnej zlewni nie przekraczały normy odpowiadającej I klasie jakości wód powierzchniowych. Podobnie tlen rozpuszczony, amoniak, fosfor ogólny, przewodność i siarczany, za wyjątkiem zlewni potoków Sudół Dominikański i Sudół, również nie przekraczały wartości normowych dla I klasy. Natomiast stężenia chlorków tylko w zlewni Sudół Dominikański, a niklu w zlewni Sudół kwalifikowały wodę do drugiej klasy jakości. Chrom tylko w wodzie zlewni Sudół osiągał stężenia w granicach klasy czwartej (tab. 2).

Wnioski

Na podstawie analizy wyników badań wód małych zlewni wybranych potoków na terenach górskich i podgórszych stwierdzono, że:

- najsilniejszy negatywny wpływ na jakość tych wód ma zagospodarowanie terenu o dużym udziale osadnictwa,
- w żadnej z badanych zlewni nie stwierdzono wody pierwszej klasy jakości,
- w przypadku złej jakości wody w zlewniach, gdzie planowana jest budowa zbiorników małej retencji, konieczne jest podjęcie działań zmierzających do jej poprawy.

Literatura

- [1] Bogdał A. 2004. Wpływ rolnictwa i osadnictwa wiejskiego na kształtowanie jakości wód powierzchniowych w mikrozlewniach podgórskich. Rozprawa doktorska. Maszynopis AR Kraków: 171 ss.
- [2] Kanownik W., Pijanowski Z. 2002. Jakość wód powierzchniowych w górskich mikrozlewniach rolniczo-leśnych. *Acta Sci. Pol., ser. Formatio Circumictus* 1–2(1–2): 61–70.
- [3] Majewski W. 1997. Powódzie a gospodarka wodna. Forum Naukowo-Techniczne – POWÓDŹ 1997. Ustroń k. Wisły, 10–12 IX 1997. Wyd. IMGW, Warszawa: 379–384.
- [4] Mioduszewski W. 1998. Woda jako czynnik zagrożenia w krajobrazie rolniczym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 459: 43–69.

- [5] Mioduszewski W. 1999. Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym. Wydawnictwo IMUZ, Falenty: 165 ss.
- [6] Mioduszewski W. 2003. Mała Retencja. Ochrona zasobów wodnych środowiska naturalnego. Poradnik. Wydawnictwo IMUZ Falenty: 20 ss.
- [7] Mosiej J., Somorowski Cz. 2001. Aktualne problemy gospodarowania wodą w rolnictwie dla zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich. *Wiad. Mel. i Łąk.* 1: 2–7.
- [8] Natkaniec J. 2004. Czynniki antropogeniczne a jakość wód odpływających z mikrozelewni w terenie podgórskim i górskim. Rozprawa doktorska. Maszynopis AR Kraków: 146 ss.
- [9] Ostrowski K., Bogdał A., Rajda W. 2005. Wpływ użytkowania wybranych mikrozelewni Pogórza Wielickiego na zawartość i sezonową zmienność cech fizyko-chemicznych w wodach odpływających. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 420, ser. *Inżynieria Środowiska* 26: 9–19.
- [10] Ostrowski K., Bogdał A., Rajda W., Policht A. 2005. Wpływ zabudowy miejskiej na jakość wody w potoku podgórskim. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 420, ser. *Inżynieria Środowiska* 26: 21–29.
- [11] Pijanowski Z., Kanownik W. 2002. Wpływ wiejskich obszarów zabudowanych na zawartość substancji chemicznych w wodach Trybskiej Rzeki (Spisz Polski). *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 393, ser. *Inżynieria Środowiska* 23: 43–51.
- [12] Program Małej Retencji Województwa Małopolskiego. 2004. Załącznik nr 1 do Uchwały nr XXV/344/04 Sejmiku Województwa Małopolskiego z 25 października 2004 r. Maszynopis Hydroprojekt Sp. z o.o., Kraków: 47 ss.
- [13] Rajda W., Kanownik W. 2005. Wpływ czynników antropogenicznych na jakość wody w potoku na terenie podmiejskim i zurbanizowanym. *Wiad. Mel. i Łąk.* 4: 176–180.
- [14] Rajda W., Natkaniec J. 2001. Jakość wody odpływającej z mikrozelewni podgórskiej o zróżnicowanym użytkowaniu. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 382, ser. *Inżynieria Środowiska* 21: 33–40.
- [15] Rajda W., Natkaniec J. 2001. The impact of select forms of antropopresion on quality of surface waters. *Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW*, ser. *Land Reclamation* 31: 65–74.
- [16] Rajda W., Natkaniec J., Bogdał A. 2002. Jakość wody odpływającej ze zurbanizowanej mikrozelewni podmiejskiej o zróżnicowanym użytkowaniu. *Acta Sci. Pol.*, ser. *Formatio Circumietus*: 1–2(1–2): 49–60.
- [17] Rajda W., Ostrowski K., Bogdał A. 2001. Zawartość wybranych składników fizykochemicznych w wodzie opadowej i odpływającej z mikrozelewni leśnej. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 382, ser. *Inżynieria Środowiska* 21: 21–31.
- [18] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanów wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód. *Dz. U.* Nr 32, poz. 284.
- [19] Zieliński J., Słota H., Madej P., Korol R., Konieczny R., Grela J. 1996. Stan i wykorzystanie zasobów wód powierzchniowych Polski. Materiały Badawcze, ser. *Gospodarka Wodna i Ochrona Wód* 20. Wydawnictwo IMGW, Warszawa.

Hydrochemical conditionings for realization of small retention programme on mountain and submontane areas

Keywords: water resources, quality of surface waters, small retention

Summary

Results of research on the influence of natural and anthropogenic factors on the quality of waters flowing away from small mountain and submontane catchments, in which construction of small retention reservoirs was planned, have been presented in the paper. The research was conducted in 12 catchments situated in Malopolska province. Two of them are characterized by settlement-agricultural management, one is ag-

gricultural-settlement catchment, one is settlement-forest-agricultural catchment, three are described as forest-agricultural with scattered built-up areas, three were characterized by agricultural-forest management with sparsely built-up areas and two by agricultural-forest management. Assessments of selected water quality indices were conducted once a month. The water temperature, pH, dissolved oxygen concentration and degree of oxygen saturation, and electrical conductivity were measured in situ, whereas total suspended solids, phosphates (PO_4^{3-}), ammonium (NH_4^+), nitrites (NO_2^-), nitrates (NO_3^-), sulphates (SO_4^{2-}), chlorides (Cl^-), calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), total iron ($\text{Fe}^{2+/3+}$) and manganese (Mn^{2+}), as well as biochemical oxygen demand (BOD_5) were determined in laboratory. Concentrations of heavy metals (Cr, Zn, Cd, Cu, Ni and Pb), coliform bacteria count and fecal coliform bacteria count were assessed once in three months. The quality of waters outflowing from the catchments was estimated according to the Regulation of the Minister of the Natural Environment dated 11 February, 2004. The results demonstrated that water flowing away from 3 catchments belong to class II – good quality, water from 5 catchments to class III – satisfactory quality and water from 2 catchments belong to class IV – unsatisfactory quality. The worst quality (class V – bad quality) characterized waters flowing away from 2 catchments where the proportion of settlements was the highest, as compared with the others.