



# WPLYW ROLNICZEGO UŻYTKOWANIA ZLEWNI PODGÓRSKIEJ I OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH NA JAKOŚĆ WÓD ODPLYWAJĄCYCH Z JEJ OBSZARU

**Andrzej BOGDAŁ, Krzysztof OSTROWSKI**

Akademia Rolnicza w Krakowie, Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska

*Słowa kluczowe: jakość wody, odpływ, opad, użytkowanie, zlewnia*

## Streszczenie

W pracy omówiono wyniki trzyletnich badań wpływu rolniczego użytkowania zlewni podgórskiej oraz opadów atmosferycznych na jakość wód odpływających z jej obszaru. W próbkach wody opadowej i powierzchniowej, pobieranych średnio dwa razy w miesiącu, oznaczano: zawiesinę ogólną, pH, amoniak, azotany, fosforany, przewodność elektryczną właściwą, substancje rozpuszczone, siarczany, chlorki, wapń, magnez, mangan i żelazo. Na podstawie analizy wyników stwierdzono, że – z wyjątkiem amoniaku – średnie wartości pozostałych wskaźników były statystycznie istotnie większe w wodach odpływających niż w opadowych. Średnie stężenie amoniaku okazało się natomiast istotnie większe w wodzie opadowej. Ocena jakości wody odpływającej z obszaru zlewni podgórskiej użytkowanej rolniczo wykazała, że wodę tę należy zakwalifikować do IV klasy czystości. O takiej ocenie przesądziły stężenie azotanów i zawartość zawiesiny ogólnej.

## WSTĘP

Gospodarowanie wodą – oprócz racjonalnego wykorzystania jej zasobów – powinno także obejmować ochronę ich jakości w celu zapewnienia warunków zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich. Uważa się, że transformacja rolnictwa musi przebiegać nie tylko w kierunku poprawy warunków społecznych czy też

ekonomicznych, ale również poprawy i zachowania cennych walorów przyrodniczych oraz biologicznej różnorodności krajobrazu rolniczego [MIODUSZEWSKI, NYC, ŻELAZO, 2005].

Woda odpływająca ze zlewni nie występuje w przyrodzie w czystej formie, lecz jest rozcieńczonym roztworem różnych związków chemicznych i zawiesin, których rodzaj i ilość zależy od czynników naturalnych i antropogenicznych. Obecność różnorodnych substancji w wodach powierzchniowych może być spowodowana między innymi wietrzeniem skał, erozją gleb lub rozkładem materii roślinnej. W pracy starano się wykazać, że – podobnie jak w innych rejonach kraju [DURKOWSKI, BURCZYK, KRÓLAK, 2006; SAPEK, SAPEK, PIETRZAK, 2004] – również w warunkach zlewni podgórskiej ważną przyczyną niezadowalającej jakości wód, poza czynnikami naturalnymi, jest sposób zagospodarowania tej zlewni oraz dostarczanie zanieczyszczeń przez opady atmosferyczne.

Badana zlewnia jest użytkowana przede wszystkim rolniczo. Przez użytkownika to rozumie się uprawę i nawożenie pól, chemiczną ochronę roślin, chów zwierząt, a także transport rolniczy oraz funkcjonowanie gospodarstw domowych i zabudowań gospodarczych.

Celem pracy jest ocena wpływu rolniczego użytkowania zlewni podgórskiej oraz opadów atmosferycznych na jakość wód odpływających z jej obszaru.

## WARUNKI BADAŃ, MATERIAŁ I METODY OPRACOWANIA WYNIKÓW

Badania prowadzono w zlewni ciek Włosień, położonej na terenie gminy Wieprz w województwie małopolskim, w mezoregionie Pogórza Wilamowickiego [KONDRACKI, 2002]. Ciek Włosień jest prawostronnym dopływem potoku Siarnica – lewostronnego dopływu rzeki Wieprzówka, uchodzącej do Skawy. Badana zlewnia, o powierzchni 7,04 km<sup>2</sup> jest usytuowana w przedziale hipsometrycznym 268–340 m n.p.m., a średni spadek jej terenu wynosi 4,1%. Na obszarze zlewni występują gleby pylaste, użytkowane rolniczo na powierzchni 555 ha, z czego grunty orne stanowią ponad 68%, a użytki zielone 32%. Zalesienia i zadrzewienia, pokrywające ok. 16% powierzchni zlewni, są zlokalizowane wzdłuż ciek głównego i jego dopływów.

Na terenie zlewni znajduje się 131 gospodarstw domowych, w których zamieszkują 532 osoby. Gęstość zaludnienia wynosi 0,76 os.·ha<sup>-1</sup>. Zabudowania nie posiadają kanalizacji, ścieki bytowe i inwentarskie w 86% gospodarstw są gromadzone w zbiornikach, a po zbiorach ziemiopłodów wywożone na pola uprawne. W pozostałych gospodarstwach ścieki są odprowadzane bezpośrednio do gruntu. Tereny zabudowane są jednak znacznie oddalone od cieków, co wydłuża drogę dopływu zanieczyszczeń do wód powierzchniowych.

Na terenie zlewni prowadzony jest również intensywny chów bydła. Na 70 ha pastwisk należących do gospodarstwa specjalistycznego, położonych w granicach zlewni badanego ciek, wypasa się ok. 240 sztuk bydła i stosuje 250 kg·ha<sup>-1</sup> nawozów mineralnych, uzupełnianych nawozami naturalnymi. W gospodarstwach tradycyjnych, o średniej powierzchni ok. 2,50 ha, dawki nawozów mineralnych wynoszą 90–120 kg·ha<sup>-1</sup> NPK. Oprócz nawozów sztucznych stosuje się również nawożenie obornikiem, gnojowicą i ściekami bytowymi. W tych gospodarstwach uprawia się głównie pszenicę, ziemniaki i buraki pastewne oraz prowadzi chów ok. 205 szt. trzody chlewnej, 57 szt. bydła i ok. 800 szt. drobiu.

W sąsiedniej zlewni, oddalonej ok. 1 km od zlewni ciek Włosień, w której również prowadzono badania, zainstalowano łapacz wody opadowej i deszczomierz Hellmana. Próbkę wody do badań laboratoryjnych pobierano średnio dwa razy w miesiącu, w okresie od listopada 1998 do października 2001 r. Wodę powierzchniową pobierano w profilu hydrometrycznym zlokalizowanym 20 m przed ujściem ciek do potoku Siarnica, a wodę opadową z pojemników, w których gromadziła się po spłynięciu z łapaczy. W obu rodzajach wody, bezpośrednio w terenie, mierzono pH i przewodność elektryczną. W laboratorium, metodami standardowymi, oznaczano: zawiesinę ogólną, amoniak (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), azotany (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fosforany (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), substancje rozpuszczone, siarczany (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), chlorki (Cl<sup>-</sup>), wapń (Ca<sup>2+</sup>), magnez (Mg<sup>2+</sup>), mangan (Mn<sup>2+</sup>) i żelazo (Fe<sup>2+/3+</sup>) [HERMANOWICZ i in., 1999].

Wyniki badań wód opadowych i powierzchniowych scharakteryzowano wybranymi statystykami opisowymi. Wyznaczono: średnią arytmetyczną, zakres danych i współczynnik zmienności. Za pomocą parametrycznego testu *t*-Studenta oceniono natomiast istotność różnic wartości średnich badanych cech między wodami powierzchniowymi i opadowymi oraz między półroczem zimowym i letnim w tym samym rodzaju wód [OSTASIEWICZ, RUSNAK, SIEDLECKA, 1999]. Ponadto oceniono jakość wody odpływającej, zgodnie z Rozporządzeniem... [2004].

## WYNIKI BADAŃ

### OPADY ATMOSFERYCZNE

Opady atmosferyczne pomierzone na własnym posterunku opadowym, usytuowanym na wysokości 298,0 m n.p.m., porównano z opadami średnimi z wielolecia ze stacji IMGW w Gierałtowicach, położonej na wysokości 285 m n.p.m. i oddalonej 5 km od zlewni.

Opady w latach hydrologicznych okresu badań były zróżnicowane. Najniższy opad (703 mm) wystąpił w 1999, a najwyższy (1 172 mm) w 2001 r. Średnia roczna suma opadów z trzyletniego okresu obserwacji (912 mm) była większa od średniej z wielolecia o 45 mm, co pozwoliło uznać ten okres za przeciętny pod względem opadów [KACZOROWSKA, 1962]. W pierwszym roku (1999) opad był o 164 mm niższy od normy wieloletniej i stanowił 81% jej wartości, co kwalifikuje ten

rok do suchych. W drugim roku (2000) opad był tylko o 5 mm niższy od średniej, stanowiąc 99% normy, przez co rok ten należał do przeciętnych pod względem opadów. W trzecim roku (2001) odnotowano opady wyższe o 305 mm od średniej, co odpowiada 135% normy i kwalifikuje ten rok do bardzo wilgotnych. Sumy opadów z okresów zimowych (XI–IV) stanowiły w poszczególnych latach badań ok. 1/3 sumy rocznej (31,6–36,7%). Półrocza zimowe (XI–IV) i letnie (V–X) miały identyczny charakter, jak lata hydrologiczne i zmieniały się od suchych w 1999 do bardzo wilgotnych w 2001 r.

### ANALIZA WARTOŚCI BADANYCH WSKAŹNIKÓW

Średnie stężenia badanych składników chemicznych i właściwości fizykochemicznych, z wyjątkiem amoniaku, były większe w wodzie odpływającej niż opadowej (tab. 1). Różnice wszystkich trzynastu wskaźników w obu rodzajach wody okazały się istotne statystycznie. Najmniejsze różnice wystąpiły w przypadku pH, fosforanów i manganu, ponieważ w odpływie były one odpowiednio tylko o 25, 77 i 60% większe od stwierdzonych w wodzie opadowej. Stężenia zawiesiny ogólnej, azotanów, substancji rozpuszczonych, siarczanów i żelaza oraz wartości przewodności elektrycznej stanowiły grupę wskaźników, które średnio były kilkakrotnie większe w wodzie odpływającej. Ponad dziesięciokrotnie większe średnie stężenie w odpływie stwierdzono w przypadku chlorków, wapnia i magnezu. Średnie stężenie amoniaku było natomiast około czterokrotnie większe w wodzie opadowej.

W badaniach uzyskano znaczny rozrzut wartości analizowanych wskaźników. W grupie wskaźników fizycznych współczynnik zmienności pH był ponad 3,5, a zawiesiny ogólnej 1,1 razy większy w opadzie niż w odpływie. Wśród wskaźników biogennych amoniak jako jedyny wykazał większą zmienność stężenia w wodzie odpływającej, osiągając 1,4 razy większy współczynnik niż w wodzie opadowej. Stężenie azotanów miało tylko nieznacznie większy rozrzut wartości w opadzie, a zmienność stężenia fosforanów, mimo niewielkiej różnicy średnich, była blisko dwukrotnie większa. Zmienność wskaźników zasolenia była, średnio dla tej grupy, około czterokrotnie większa w wodach opadowych, osiągając od nieco ponad 2 (przewodność elektryczna właściwa i siarczany) do 6 (substancje rozpuszczone) razy większe wartości współczynnika niż w odpływie. W grupie metali stężenie manganu zmieniało się nieznacznie bardziej (1,3), a żelaza dwukrotnie bardziej w opadzie niż w odpływie (tab. 1).

Różnice średnich wartości siedmiu wskaźników między półroczem zimowym i letnim w wodzie opadowej okazały się statystycznie nieistotne, natomiast pozostałych sześciu były istotnie większe w półroczu zimowym (rys. 1). W wodzie odpływającej istotnie większe średnie stężenie azotanów i manganu stwierdzono w półroczu zimowym, a fosforanów i przewodności elektrycznej właściwej w letnim. Wartości pozostałych dziewięciu wskaźników nie różniły się istotnie.

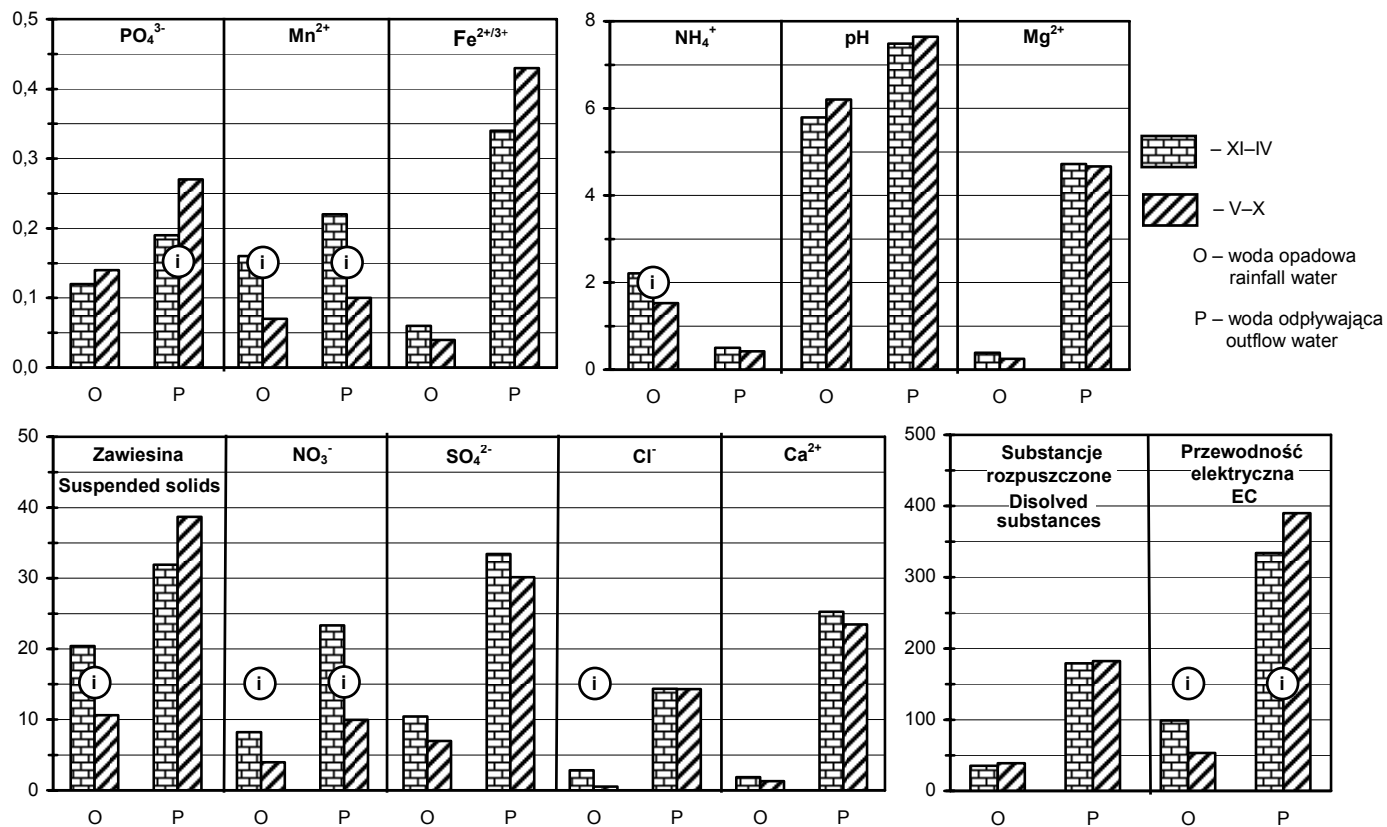
**Tabela 1.** Średnie i ekstremalne stężenia ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) składników rozpuszczonych w wodzie opadowej i odpływającej, wartości fizyko-chemicznych cech wody oraz współczynniki zmienności i statystyczna istotność różnic między wartościami średnimi

**Table 1.** Mean and extreme concentrations ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) of dissolved substances in rainfall and outflowing water, physico-chemical characteristics of water, variability coefficients and significance of differences between the mean values

Właściwości fizykochemiczne Physico-chemical characteristics	Woda opadowa Rainfall water			Woda odpływająca Outflowing water			Istotność różnic Significance of differences	
	średnia mean	zakres range	$V$ %	średnia mean	zakres range	$V$ %	$t$	$t_{0,05}$
Zawiesina ogólna Total suspended solids	14,2	1,2–74,0	107,6	35,5	0,8–148,0	94,8	3,447	
pH, –	6,05	4,05–8,40	15,7	7,56	7,00–8,37	4,4	11,295	
$\text{NH}_4^+$	1,78	0,00–4,18	53,4	0,46	0,04–1,48	73,5	9,782	
$\text{NO}_3^-$	5,52	0,89–19,09	64,0	16,31	0,49–66,42	52,1	3,651	
$\text{PO}_4^{3-}$	0,13	0,00–0,62	112,3	0,23	0,05–0,69	58,3	3,350	1,986
Przewodność elektryczna EC, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ Electrical conductivity EC, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	70	12–180	58,1	364	227–599	27,1	16,330	( $df=92$ )
Substancje rozpuszczone Dissolved substances	37,6	1,4–162,0	91,7	180,8	96,0–248,0	15,3	21,976	
$\text{SO}_4^{2-}$	8,22	1,65–22,10	72,4	31,69	12,77–69,42	31,0	12,524	
$\text{Cl}^-$	1,35	0,00–7,70	142,4	14,34	5,10–23,50	24,9	19,411	
$\text{Ca}^{2+}$	1,45	0,00–4,26	88,1	24,16	13,47–39,72	25,9	15,590	2,006
$\text{Mg}^{2+}$	0,29	0,01–1,04	89,7	4,69	2,88–6,54	17,9	22,166	( $df=53$ )
$\text{Mn}^{2+}$	0,10	0,00–0,40	100,0	0,16	0,00–0,56	79,4	2,105	1,986
$\text{Fe}^{2+/3+}$	0,05	0,00–0,21	116,0	0,39	0,04–1,00	56,4	8,772	( $df=92$ )

Objaśnienia:  $V$  – współczynnik zmienności,  $df$  – liczba stopni swobody, różnica istotna, gdy  $\alpha = 0,05$ ,  $t > t_{0,05}$ .

Explanations:  $V$  – variability coefficient,  $df$  – degrees of freedom, difference significant at  $\alpha = 0.05$ ,  $t > t_{0,05}$ .

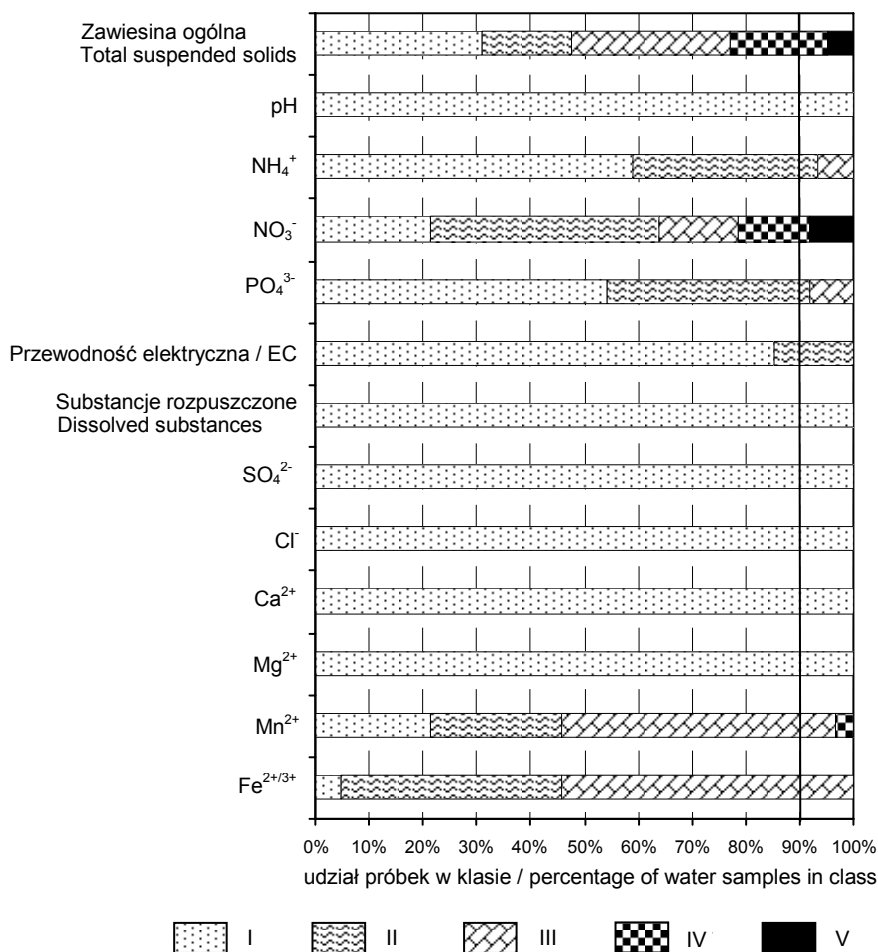


Rys. 1. Średnie stężenie składników chemicznych ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), pH i przewodność elektryczna właściwa ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) wody opadowej i odpływającej w sezonie zimowym (XI–IV) i letnim (V–X); *i* – różnica istotna, gdy  $\alpha = 0,05$

Fig. 1. Mean concentration of chemical components ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), pH and EC ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) of rainfall and outflowing water during winter (XI–IV) and summer season (V–X); *i* – differences in the means significant at  $\alpha = 0.05$

## OCENA JAKOŚCI WODY ODPLYWAJĄCEJ

Po porównaniu wartości badanych wskaźników w wodzie odpływającej z wartościami normowymi obliczono częstotliwość ich występowania w poszczególnych klasach czystości wód powierzchniowych [Rozporządzenie..., 2004]. Na tej podstawie ustalono, że wartości pH, stężenie substancji rozpuszczonych, siarczanów, chlorków, wapnia i magnezu w żadnym terminie oznaczeń nie przekroczyły wartości granicznych dla I klasy (rys. 2). Natomiast wartości przewodności elektrycznej właściwej, a także stężenia amoniaku i fosforanów – mimo że osiągały wartości



Rys. 2. Częstotliwość (%) występowania wartości badanych wskaźników w poszczególnych klasach jakości wody; I–V – klasy czystości wody

Fig. 2. Frequency (%) of occurrence of studied indicator values in particular classes of water quality; I–V – classes of water quality

odpowiadające III klasie, ale z częstotliwością mniejszą niż 10% – zgodnie z Rozporządzeniem... [2004] kwalifikowały wodę do II klasy czystości. Ze względu na stężenie żelaza i manganu wodę można zaliczyć do III klasy. Na pogorszenie jakości wód odpływających z obszaru zlewni najsilniej wpływała zawiesina ogólna i azotany. Obydwa te wskaźniki osiągały wartości odpowiadające V klasie czystości wód, jednak z częstotliwością mniejszą niż 10% i dlatego ze względu na te wskaźniki wodę można zaliczyć do IV klasy.

Ogólna ocena jakości wody odpływającej ze zlewni potoku Włosień wykazała, że z trzynastu badanych cech fizykochemicznych sześć kwalifikowało wodę do I klasy, trzy do II, dwie do III oraz dwie do IV klasy czystości wód powierzchniowych (rys. 2). Można zatem uznać, że woda odpływająca z obszaru badanej zlewni jest niezadowolającej jakości (IV klasa).

## PODSUMOWANIE

Wśród wskaźników fizycznych tylko zawiesina ogólna powodowała pogorszenie jakości wody odpływającej, jednak z ponad 30-procentową częstotliwością wartości tego wskaźnika nie przekraczały wartości granicznej dla I klasy czystości wód, co świadczy, że zwiększenie jego stężenia było spowodowane przez występujące okresowo czynniki naturalne lub antropogeniczne. Wartości pH w odpływie odpowiadały wodzie czystej, a w opadzie również nie odbiegały znacząco od wartości notowanych w wodzie czystej.

Wśród wskaźników biogenych stężenie amoniaku było tylko nieznacznie większe w półroczu letnim, co – zgodnie z prawidłowością, że w wodach czystych jego stężenie jest mniejsze latem [DOJLIDO, 1995] – świadczy o występowaniu zanieczyszczenia wody odpływającej z tej zlewni. Większe średnie stężenie fosforanów niż w wodach źródłanych Karpat [SMOROŃ, 1998] świadczy także o ich antropogenicznym pochodzeniu. Potwierdza to również istotnie większe stężenie tego składnika w półroczu letnim, bo – jak podaje HERAMOWICZ i in. [1999] – czyste wody powierzchniowe zawierają więcej fosforanów zimą niż latem. Do zanieczyszczenia wód odpływających fosforanami, oprócz spływów z pól uprawnych i pastwisk, przyczyniły się w pewnym stopniu również opady atmosferyczne. Występowanie fosforanów w wodzie opadowej może wynikać z położenia zlewni na wschód od śląskiego okręgu przemysłowego, co w warunkach przeważających zachodnich wiatrów powoduje przenoszenie zanieczyszczeń z masami powietrza nad powierzchnię zlewni, na którą docierają z opadami. Średnie stężenie azotanów w wodzie odpływającej było istotnie większe w półroczu zimowym. Może to być skutkiem jesiennego nawożenia azotem, co w warunkach ograniczonego pobierania tego składnika przez rośliny oraz słabego wiązania przez kompleks sorpcyjny gleb powoduje jego intensywniejsze wypłukiwanie [DOJLIDO, 1995; RAJDA, NATKANIEC, 2000; ŻMUDA, 1994].



Małe stężenie substancji rozpuszczonych, siarczanów, chlorków, wapnia i manganu w odpływie ma związek z zasobnością gleby w te składniki oraz przepływem wody przez łąki i zadrzewienia [FALKOWSKI, KUKUŁKA, KOZŁOWSKI, 1996; GÓRNIAK, ZIELIŃSKI, 1998]. Stężenie tych składników wpływa między innymi na przewodność elektryczną właściwą, której wartości przekroczyły wartości graniczne dla I klasy czystości tylko z 15-procentową częstotliwością.

Statystycznie istotnie większe stężenie manganu w półroczu zimowym, zarówno w wodach opadowych, jak i odpływających, świadczy, że wykorzystywanie do ogrzewania węgla i mułu węglowego powoduje w tym okresie emitowanie do atmosfery pyłów, które zawierają znaczne ilości tlenków manganu zanieczyszczających wody opadowe [DOJLIDO, 1995]. Badania wykazały ponadto, że korzystniejsze warunki do wymywania manganu z podłoża występują właśnie w półroczu zimowym. Występowaniu manganu zwykle towarzyszy żelazo wymywane ze skał i gleby.

## WNIOSKI

1. Średnie wartości badanych wskaźników były statystycznie istotnie większe w wodach odpływających, z wyjątkiem amoniaku, którego średnie stężenie okazało się istotnie większe w wodzie opadowej.

2. Zmienność badanych wskaźników była znaczna w obu rodzajach wód, przy czym większą stwierdzono w wodzie opadowej, jedynie stężenie amoniaku było silnie zróżnicowane w wodzie odpływającej.

3. W wodzie opadowej średnie wartości przewodności elektrycznej właściwej, zawartości zawiesiny ogólnej, stężenia amoniaku, azotanów, chlorków i manganu były istotnie większe w półroczu zimowym. Średnie wartości pozostałych wskaźników nie różniły się istotnie w półroczu zimowym i letnim.

4. W wodzie odpływającej średnie stężenie azotanów i manganu było istotnie większe w półroczu zimowym, a fosforanów i wartości przewodności elektrycznej właściwej w półroczu letnim, natomiast wartości pozostałych wskaźników nie różniły się istotnie.

5. Ocena jakości wód odpływających wykazała, że wody te należy zakwalifikować do IV klasy czystości, tj. do wód o niezadowalającej jakości. O takiej ocenie przesądziło stężenie azotanów i zawartość zawiesiny ogólnej.

6. Rolnicze użytkowanie zlewni podgórskiej, w tym intensywny chów bydła, oraz zanieczyszczenia pochodzące z opadów atmosferycznych są przyczyną niezadowalającej jakości wód odpływających z jej obszaru.

## LITERATURA

- DOJLIDO J. R., 1995. Chemia wód powierzchniowych. Białystok: Wydaw. Ekon. Środ. ss. 342.
- DURKOWSKI T., BURCZYK P., KRÓLAK B., 2006. Ocena odpływu składników nawozowych ze zlewni rolniczych jeziora Miedwie w okresie restrukturyzacji rolnictwa. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 6 z. 2 (18) s. 51–63.
- FALKOWSKI M., KUKUŁKA I., KOZŁOWSKI S., 1996. Łąka jako bariera ekologiczna migracji składników mineralnych do wód (powierzchniowych i gruntowych). Roczn. AR Pozn. nr 284 Ser. Rol. 47 s. 97–103.
- GÓRNIAK A., ZIELIŃSKI P., 1998. Wpływ lesistości zlewni na jakość wód rzecznych województwa Białostockiego. W: Przyrodnicze i techniczne problemy gospodarowania wodą dla zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich. Konf. Nauk. Prz. Nauk. SGGW 16 s. 231–241.
- HERMANOWICZ W., DOJLIDO J. R., DOŻAŃSKI W., KOZIOROWSKI B., ZERBE J., 1999. Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Warszawa: Arkady ss. 556.
- KACZOROWSKA Z., 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. Pr. Geogr. IG PAN 33 ss. 112.
- KONDRACKI J., 2002. Geografia regionalna Polski. Warszawa: PWN ss. 440.
- MIODUSZEWSKI W., NYC K., ŻELAZO J., 2005. Zasoby wodne w obszarach wiejskich. Post. Nauk Rol. nr 3/315 s. 3–19.
- OSTASIEWICZ R., RUSNAK Z., SIEDLECKA U., 1999. Statystyka. Elementy teorii i zadania. Wrocław: Wydaw. AE ss. 385.
- RAJDA W., NATKANIEC J., 2000. Fizykochemiczne cechy wód powierzchniowych mikrozelewni rolniczej i osadniczo-rolniczej. Zesz. Nauk. AR Krak. 370 Inż. Środ. 20 s. 5–13.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód. Dz. U. 2004 nr 32 poz. 284.
- SAPEK A., SAPEK B., PIETRZAK S., 2004. Strategie ograniczenia zanieczyszczeń wody, atmosfery i gleby w świetle międzynarodowych projektów rolno-środowiskowych realizowanych w IMUZ. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 4 z. 2b (12) s. 259–280.
- SMOROŃ S., 1998. Przenikanie substancji biogenych ze źródeł rolniczych do środowiska – czynnik eutrofizacji wód powierzchniowych. Zesz. Edukac. 5. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 57–70.
- ŻMUDA R., 1994. Wymywanie składników chemicznych z obszaru dwóch zlewni w Sudetach Wschodnich o różnym użytkowaniu. Roczn. AR Pozn. 266 Ser. Melior. Inż. Środ. 14 s. 171–176.

*Andrzej BOGDAŁ, Krzysztof OSTROWSKI*

### **THE INFLUENCE OF AGRICULTURAL USE OF SUBMONTANE CATCHMENT AND PRECIPITATIONS ON THE QUALITY OF OUTFLOWING WATERS**

*Key words: catchment, land use, outflow water, rainfall water, water quality*

#### **S u m m a r y**

The paper discusses results of a three-year study on the effect of precipitations and agricultural utilization of a submontane catchment on the quality of waters flowing away from catchment area. Total suspended solids, pH, ammonium, nitrates, phosphates, conductivity, dissolved solids, sulphates, chlorides, calcium, magnesium, manganese and iron were analysed in atmospheric precipitation and surface water samples collected twice a month. Analysis of the results revealed that except

for ammonium, the mean values of other indices were significantly higher in the outflowing waters than in the precipitation waters. Mean concentration of ammonium was significantly higher in the precipitation water. Waters flowing out of the agriculturally used submontane catchment should be classified to the IV quality class. Concentrations of total suspended solids and nitrates were the reason of such evaluation.

---

Recenzenci:

*prof. dr hab. Józef Koc*

*prof. dr hab. Andrzej Sapek*

Praca wpłynęła do Redakcji 01.10.2007 r.

**Tabela 1.** Średnie i ekstremalne stężenia ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) składników rozpuszczonych w wodzie opadowej i odpływającej, wartości fizyko-chemicznych cech wody oraz współczynniki zmienności i statystyczna istotność różnic między wartościami średnimi

**Table 1.** Mean and extreme concentrations ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) of dissolved substances in rainfall and outflowing water, physico-chemical characteristics of water, variability coefficients and significance of differences between the mean values

Właściwości fizykochemiczne Physico-chemical characteristics	Woda opadowa Rainfall water			Woda odpływająca Outflowing water			Istotność różnic Significance of differences	
	średnia mean	zakres range	$V$ %	średnia mean	zakres range	$V$ %	$t$	$t_{0,05}$
Zawiesina ogólna Total suspended solids	14,2	1,2–74,0	107,6	35,5	0,8–148,0	94,8	3,447	
pH, –	6,05	4,05–8,40	15,7	7,56	7,00–8,37	4,4	11,295	
$\text{NH}_4^+$	1,78	0,00–4,18	53,4	0,46	0,04–1,48	73,5	9,782	
$\text{NO}_3^-$	5,52	0,89–19,09	64,0	16,31	0,49–66,42	52,1	3,651	
$\text{PO}_4^{3-}$	0,13	0,00–0,62	112,3	0,23	0,05–0,69	58,3	3,350	1,986
Przewodność elektryczna EC, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ Electrical conductivity EC, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	70	12–180	58,1	364	227–599	27,1	16,330	( $df=92$ )
Substancje rozpuszczone Dissolved substances	37,6	1,4–162,0	91,7	180,8	96,0–248,0	15,3	21,976	
$\text{SO}_4^{2-}$	8,22	1,65–22,10	72,4	31,69	12,77–69,42	31,0	12,524	
$\text{Cl}^-$	1,35	0,00–7,70	142,4	14,34	5,10–23,50	24,9	19,411	
$\text{Ca}^{2+}$	1,45	0,00–4,26	88,1	24,16	13,47–39,72	25,9	15,590	2,006
$\text{Mg}^{2+}$	0,29	0,01–1,04	89,7	4,69	2,88–6,54	17,9	22,166	( $df=53$ )

