

WŁODZIMIERZ RAJDA, WŁODZIMIERZ KANOWNIK

## CECHY FIZYKO-CHEMICZNE I ŹRÓDŁA ZANIECZYSZCZEŃ WODY POTOKU NA TERENIE ZURBANIZOWANYM

### PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND SOURCES OF POLLUTION OF STREAM WATER IN URBANISED AREA

Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska Akademii Rolniczej w Krakowie

*Abstract:* The water of a small stream flowing through an urbanised area was analysed to establish its usefulness for filling the ponds to be created in the local leisure park. The quality of water was assessed directly by determining fifteen physicochemical characteristics, among them the concentrations of biogenic compounds and mineral components. Water samples were taken at seven dates from six points located along the course of the stream. According to seven of the indicators studied, the stream water falls into the 5th purity class. The values of those indicators varied with time and distance along the stream. The water showed a very limited self-purifying ability and in its present state it cannot be used for filling the ponds.

*Słowa kluczowe:* teren zurbanizowany, potok, cechy wody, ocena.

*Keywords:* urbanised area, stream, water properties, assessment.

## WSTĘP

Z wielu badań wynika, że w mikrozwlewniach na terenach podgórskich i górskich, nawet w tych częściowo tylko związanych z osadnictwem o nieuporządkowanej gospodarce wodno-ściekowej, zanieczyszczenie wód odpływających wzrastało w porównaniu z wodami mikrozwlewni rolniczych [Rajda, Natkaniec 2001, 2001a; Rajda, i in. 2002; Kanownik, Pijanowski 2002]. Jakość wody w takich mikrozwlewniach wyróżniała się niekorzystnie na tle zbliżonej do natury mikrozwlewni leśnej [Rajda i in. 2001]. W niektórych badaniach stwierdzono również, że zanieczyszczenie wody w ciekach wzrastało poniżej osiedla wiejskiego [Pijanowski, Kanownik 2002], a tym bardziej poniżej zurbanizowanego terenu kilkunastotysięcznego miasteczka przemysłowego [Ostrowski i in. 2005]. Natomiast inne badania wykazały, że wzrastało ono stopniowo wówczas, gdy trasa takiego cieku przebiegała kolejno przez tereny o rosnącej

antropopresji – wiejskie, podmiejskie-osadnicze i zurbanizowane dużego miasta. Miało to miejsce nawet wówczas, gdy w zlewni znajdowały się czynne, ale nie w pełni sprawne oczyszczalnie ścieków [Rajda, Kanownik 2005].

W przeprowadzonych wcześniej w Katedrze badaniach udowodniono, że czynniki związane z osadnictwem, takie jak: liczba mieszkańców na jednostkę powierzchni mikrozwlewni, liczba budynków i mieszkań, stopień zabudowy terenu, udział powierzchni gruntów ornych, obsada zwierząt gospodarskich oraz ilość nawozów mineralnych i organicznych mają istotny wpływ na stężenia niektórych składników chemicznych i niektóre cechy fizyko-chemiczne wód odpływających.

Można więc założyć, że niekorzystne będą również cechy jakościowe wody odpływającej w objętym badaniami potoku Drwinka w zlewni zlokalizowanej w zurbanizowanych, peryferyjnych dzielnicach Krakowa. Przedstawione w niniejszej pracy wstępne wyniki badań dotyczą poznania i weryfikacji zależności między antropogenicznymi czynnikami środowiska a jakością wód odpływających. Praktycznym aspektem pracy jest ocena przydatności wody Drwinki do zasilania oczek wodnych w Parku im. A. i E. Jerzmanowskich w dzielnicy Prokocim w Krakowie, których odnowę zalecają władze Dzielnicy obecnemu właścicielowi Parku.

## MATERIAŁ I METODY






Część zlewni Drwinki na czterokilometrowym odcinku cieką od źródeł do przekroju poniżej Parku ma powierzchnię 5,12 km<sup>2</sup>. Znajduje się ona na terenie południowo-wschodnich dzielnic Krakowa, w których zlokalizowano osiedla mieszkaniowe (rys. 1). Zlewnia charakteryzuje się gęstą siecią dróg; między innymi przecina ją ulica Wielicka o dużym nasileniu ruchu samochodowego, stanowiąca część trasy E 40 prowadzącej z Krakowa w kierunku wschodnim.

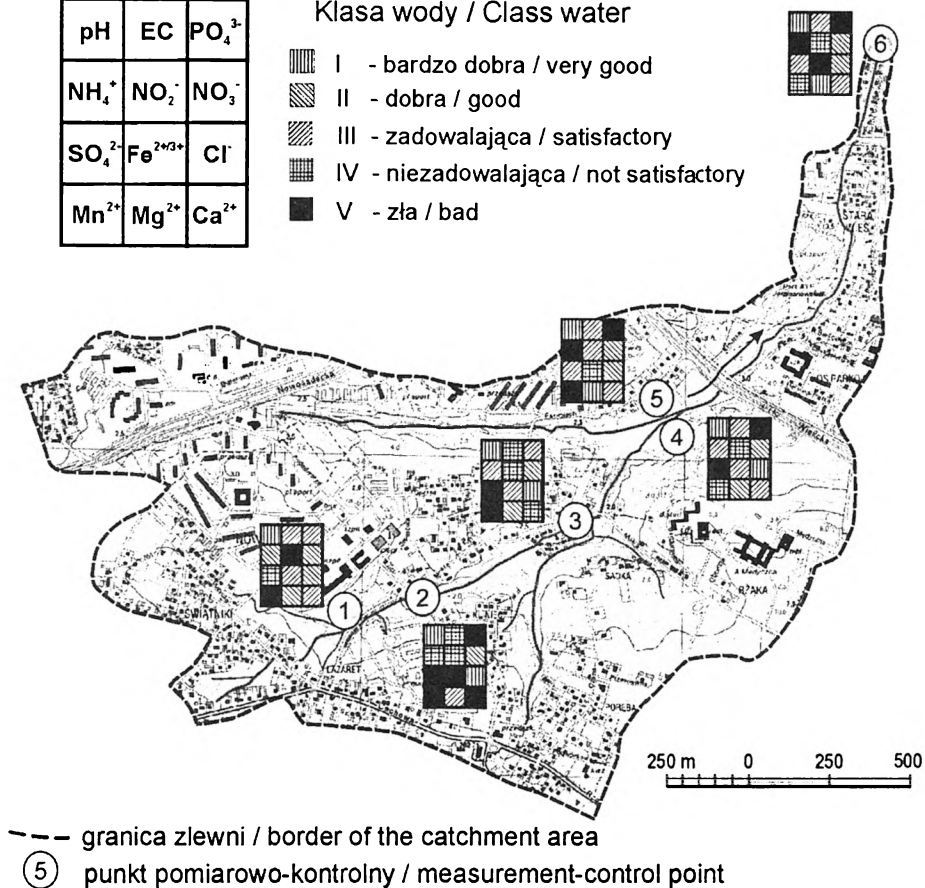
W ramach wstępnych badań rozpoznano teren zlewni wzdłuż cieką. Na cieką w miejscach dostępnych, najczęściej przy skrzyżowaniach z ulicami zlokalizowano sześć punktów kontrolnych (rys. 1). Bezpośrednio w terenie oznaczono w nich, w siedmiu terminach od maja do października 2003 roku pH i przewodność elektrolityczną właściwą wody (EC) oraz pobrano próbki do analiz laboratoryjnych [Hermanowicz i in. 1999]. Czystość wody określono na podstawie dwunastu spośród piętnastu badanych wskaźników, stosując pięciostopniową skalę obowiązującą w Rozporządzeniu [2004]. Odczyn i konduktywność mierzono pH-metrem CP-104 i konduktometrem CC-102 firmy ELMETRON. W laboratorium metodami standardowymi [Hermanowicz i in. 1999] oznaczono: suchą pozostałość, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> i Fe<sup>2+/3+</sup>.

Punkt kontrolny 1. znajdował się w źródłowej części biegu przy połączeniu kilku mniejszych cieków (rys. 1). W bezpośrednim sąsiedztwie tego punktu znajduje się szkółka roślin ozdobnych. Punkt 2. wybrano 500 m poniżej; na odcinku od 1. do 2. punktu znajduje się wylot kanału burzowego. Punkt 3. zlokalizowano w odległości 1100 m od punktu 2. W tej części zlewni teren jest zabudowany domkami jednorodzinnymi usytuowanymi w pobliżu koryta potoku. W bezpośrednim sąsiedztwie punktu 3. znajdowały się niekontrolowane wysypiska gruzu i materiałów odpadowych. W odległości 800 m od punktu 3. i poniżej

pH	EC	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe <sup>2+/3+</sup>	Cl <sup>-</sup>
Mn <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>

## Klasa wody / Class water

-  I - bardzo dobra / very good
-  II - dobra / good
-  III - zadowalająca / satisfactory
-  IV - niezadowalająca / not satisfactory
-  V - zła / bad



RYSUNEK 1. Użytkowanie zlewni i klasy wody potoku Drwinka

FIGURE 1. The utilization catchment area and classes water stream of Drwinka

ujścia jednego z większych dopływów zlokalizowano punkt 4. (rys. 1), natomiast punkt 5. wybrano na tymże dopływie powyżej jego ujścia do Drwinki. Punkt 6. zlokalizowano na północ od ulicy Wielickiej, poniżej granicy Parku w odległości 2100 m od punktu 4. W poszczególnych punktach określono średnie i graniczne wartości wskaźników oraz klasę czystości wody.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Podczas wstępnego przeglądu stwierdzono, że teren zlewni jest źródłem zanieczyszczeń wody Drwinki. Mogą one pochodzić z zabudowań, z licznych wysypisk śmieci i materiałów odpadowych zlokalizowanych często na brzegach ciek – oraz ze spalania paliw płynnych i gazowych w mieszkaniach i pojazdach. W trakcie wizji terenowej ustalono, że otulina ciek jest także miejscem spalania kłopotliwych odpadów. Na

powierzchni wody w cieku stwierdzono występowanie piany, widoczne było metaliczne zabarwienie, a w otoczeniu wyczuwalny przykry zapach. Organoleptyczne obserwacje zostały potwierdzone wynikami pomiarów terenowych i oznaczeń laboratoryjnych.

Konduktywność wskazująca na ogólne zasolenie wody utrzymywała się w całym okresie badawczym na wysokim poziomie (tab. 1). Jej maksymalne wartości, powyżej  $1800 \mu\text{S}\times\text{cm}^{-1}$ , występowały w punktach 2. i 3., natomiast minimalne – w punkcie 5. na dopływie do cieku głównego oraz w źródłowej partii potoku (punkt 1.). Liczbowe wartości tego wskaźnika kwalifikowały wodę według Rozporządzenia [2004] do III. i IV. klasy czystości (rys. 1). Poniżej punktu 1. konduktywność nieznacznie wzrastała (punkty 2. i 3.), zaś w dół potoku w punktach 4. i 6. lekko się zmniejszała. Świadczyło to o słabej tendencji do samooczyszczania.

Odczyn wody utrzymywał się w przedziale pH 6,85 do 8,44. U źródeł średnia wartość pH była nieco mniejsza niż poniżej, a ekstremalne wartości w żadnym z punktów nie wykroczyły poza granice normatywne dla wód I klasy czystości (rys. 1).

Hipoteza o złej jakości wody potwierdziła się przede wszystkim ze względu na stężenia składników chemicznych. Stężenie  $\text{NO}_3^-$  i  $\text{Cl}^-$  na całej długości potoku nie przekraczało wprawdzie wartości granicznej dla wód klasy II., zaś  $\text{Mg}^{2+}$  – dla klasy III. (ale tylko w punkcie 2.), w innych miejscach składniki te kwalifikowały wodę do klasy II. lub I. Wyniki pomiarów terenowych i oznaczeń laboratoryjnych wykazały jednak, że spośród dwunastu składników badanych w tej pracy, które między innymi są uwzględniane przy klasyfikacji wód, aż siedem ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+/3+}$  i  $\text{Ca}^{2+}$ ) wpłynęło na przypisanie wodzie klasy V. (w poszczególnych punktach różna ich liczba), co oznacza całkowitą jej dyskwalifikację. W punkcie 2., w którym jakość wody była najgorsza, o dyskwalifikacji decydowało 5 składników, w pozostałych mniej (rys. 1).

Z danych wynika (tab. 1), że najmniejszą stabilność stężeń wykazywały:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  i  $\text{Fe}^{2+/3+}$ , to jest składniki, które w poszczególnych punktach przyczyniały się do zakwalifikowania wody do III. i IV. klasy, a nawet do klasy V. (rys. 1). Podobną rolę odgrywały bardziej stabilne, jednak na wysokim poziomie stężenia  $\text{SO}_4^{2-}$  i  $\text{Ca}^{2+}$ .

Spśród sześciu punktów kontrolnych przyczyną dyskwalifikacji wody w czterech punktach były  $\text{PO}_4^{3-}$  i  $\text{Mn}^{2+}$ , w trzech punktach  $\text{SO}_4^{2+}$ , w dwu  $\text{NH}_4^+$  i  $\text{Fe}^{2+/3+}$ , a  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{NO}_2^-$  tylko w jednym punkcie (rys. 1).

Uzyskane wyniki są potwierdzeniem wcześniejszych badań [Kanownik, Pijanowski 2002; Ostrowski i in. 2005; Ostrowski i in. 2005a; Rajda, Natkaniec 2001, 2001a; Rajda i in. 2002; Rajda, Kanownik 2005] nad wpływem różnych form antropopresji na wody powierzchniowe, a więc ogólnie biorąc warunków zbliżonych do występujących w zlewni Drwinki, gdzie wody odpływające kwalifikowały się do pozaklasowych z powodu wysokiego stężenia  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  i  $\text{SO}_4^{2-}$ . Ponadto w przypadku jednej badanej wcześniej mikrozewni, do niskiej jakości kwalifikowały wodę dodatkowo stężenia  $\text{NO}_3^-$  i  $\text{NH}_4^+$  oraz  $\text{O}_{2 \text{ rozp.}}$  [Rajda, Natkaniec 2001a], zaś w innym przypadku stężenia  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{O}_{2 \text{ rozp.}}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  i BZT<sub>5</sub> [Rajda, Natkaniec 2001; Rajda i in. 2002]. W wodzie odpływającej z mikrozewni rolniczej nie stwierdzono we wcześniejszych badaniach ponadnormatywnego stężenia  $\text{PO}_4^{3-}$ , duże zaś było stężenie  $\text{NO}_2^-$  i  $\text{NO}_3^-$  oraz zawiesiny, a małe  $\text{O}_{2 \text{ rozp.}}$  [Rajda, Natkaniec 2001a]. W wodach z mikrozewni prawie całkowicie zalesionej żaden ze składników biogenych ujętych w przytaczanych

TABELA 1. Przedziały i średnie wartości wskaźników jakości wody w potoku Drwinka  
 TABLE 1. Intervals and mean values of water quality properties

Cecha – Property		Punkt kontrolny – Control point					
		1	2	3	4	5	6
pH		7,28-8,44 7,82	6,85-7,88 7,29	7,25-7,75 7,44	7,38-7,81 7,50	7,08-7,67 7,45	7,17-7,60 7,39
EC [mS×cm <sup>-1</sup> ]		1136-1423 1201	1153-1882 1538	1354-1807 1561	1061-1497 1282	870-1320 1077	1210-1428 1308
SP	mg×dm <sup>-3</sup>	674-1092 798	920-1438 1136	870-1362 1104	700-1042 884	530-654 595	746-1004 831
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		0,36-0,86 0,60	1,08-2,44 1,77	0,36-1,26 0,76	0,21-1,98 1,00	0,36-24,11 8,33	1,50-7,02 3,66
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		0,33-1,25 0,69	0,33-0,82 0,53	0,01-0,82 0,38	0,30-0,79 0,50	0,01-0,36 0,18	0,33-0,89 0,61
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		3,72-6,82 5,31	3,10-7,17 5,59	2,83-7,84 5,74	3,72-8,19 5,45	4,21-14,88 7,67	4,34-6,91 6,12
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>		0,11-0,49 0,33	0,48-1,02 0,69	0,27-0,50 0,34	0,49-1,93 1,11	0,22-7,88 3,44	0,56-3,76 1,83
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		58-256 138,0	280-400 331,8	159-370 286,9	179-396 257,7	49-185 101,7	144-228 181,5
Fe <sup>2+/3+</sup>		0,32-0,91 0,64	1,16-2,51 1,88	0,03-0,77 0,31	0,02-0,55 0,29	0-1,77 0,82	0,16-2,09 0,59
Cl <sup>-</sup>		95-140 115,3	19-67 49,9	39-67 55,5	66-78 71,2	86-133 101,1	116-160 132,6
K <sup>+</sup>		22,5-32,4 27,67	17,4-25,2 21,67	17,2-22,6 20,17	14,3-18 16,16	5,6-15,1 8,76	10,9-12,4 11,54
Mn <sup>2+</sup>		0,40-1,13 0,66	0,84-1,66 1,29	0,18-1,05 0,64	0,09-0,66 0,35	0,06-1,8 0,71	0,19-0,64 0,40
Na <sup>+</sup>	65,6-93,6 76,64	40,6-75,1 50,23	43,0-66,9 49,51	45,4-76,6 52,56	50-75 57,56	57-78,2 64,18	
Mg <sup>2+</sup>	22,4-47,4 32,81	24,2-54,9 38,46	26,1-44,9 37,36	20,7-35,4 28,47	20,8-24,4 22,34	16,1-22,5 20,15	
Ca <sup>2+</sup>	90-182 120,7	135-473 186,8	129-269 177,3	105-200 148,3	72-116 79,6	102-131 118,0	

EC – przewodność elektrolityczna właściwa / Electroconductivity, SP – sucha pozostałość / Dry residue

badaniach, jak i w badaniach wody Drwinki nie występował, poza zawiesiną, w stężeniach dyskwalifikujących wodę [Rajda i in. 2001]. Zauważalne różnice między wynikami uzyskanymi w tej pracy a wynikami niektórych wcześniejszych badań dotyczą  $\text{SO}_4^{2-}$  i  $\text{Ca}^{2+}$ , które nie wpływały istotnie na pogorszenie jakości wody z wyjątkiem pochodzącej z dolnego biegu potoku Sudół w innej dzielnicy Krakowa [Rajda, Kanownik 2005]. We wcześniejszych badaniach czynnikiem dyskwalifikującym były także zawiesiny. Ich nadmierne stężenie było uwarunkowane dużym potencjałem erozyjnym badanych, bogato urzeźbionych mikrozewni podgórskich i górskich.

Ze względu na złożoność procesów powodujących pogarszanie jakości wody i trudne do identyfikacji źródła zanieczyszczeń, określenie udziału wyodrębnionych czynników środowiska wpływających na te procesy wymagałoby prowadzenia badań o rozbudowanej metodycie obejmującej także monitorowanie zanieczyszczeń atmosfery oraz poznanie dróg przedostawania się zanieczyszczeń do wód, do czego byłoby niezbędne wyposażenie mikrozewni w rejestrującą aparaturę kontrolno-pomiarową.

## WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że:

1. Zurbanizowana zlewnia potoku Drwinka znajduje się pod presją licznych czynników antropogenicznych, wskutek tego jej wody zostały zdegradowane; zadecydowało o tym między innymi wysokie stężenie  $\text{NH}_4^+$  i  $\text{NO}_2^-$ , a nawet  $\text{Ca}^{2+}$ . W największym stopniu na złą jakość wody wpłynęło stężenie  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  i  $\text{Fe}^{2+/3+}$ , przy czym  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  decydowały o jej degradacji w większości punktów kontrolnych.
2. Ze względu na znaczną, trwającą wiele lat presję antropogeniczną Drwinka wykazuje stosunkowo słabą zdolność samooczyszczania. Przywrócenie walorów użytkowych jej wody wymagałoby eliminacji trwałych i okresowych źródeł zanieczyszczeń; bez tego inicjacja procesu samooczyszczania nie będzie możliwa.
3. W obecnym stanie woda Drwinki nie nadaje się do zasilania oczek i sieci wodnej, które miałyby pełnić funkcje krajobrazowe i rekreacyjne na terenie planowanego do odbudowy Parku im. A. i E. Jerzmanowskich.

## LITERATURA

- HERMANOWICZ W., DOJLIDO J., DOŻAŃSKA W., KOZIOROWSKI B., ZERBE J. 1999: Fizyko-chemiczne badania wody i ścieków. Arkady, Warszawa: 37–294.
- KANOWNIK W., PIJANOWSKI Z. 2002: Jakość wód powierzchniowych w górskich mikrozewniach rolniczo-leśnych. *Acta Sci. Pol., ser. Form. Circ.* 1–2 (1–2): 61–70.
- OSTROWSKI K., BOGDAŁ A., RAJDA W., POLICHT A. 2005: Wpływ zabudowy miejskiej na jakość wody w potoku podgórskim. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, nr 420 ser. Inż. Środ.* 26: 21–29.
- OSTROWSKI K., BOGDAŁ A., RAJDA W. 2005a: Wpływ użytkowania wybranych mikrozewni Pogórza Wielickiego na zawartość i sezonową zmienność cech fizyko-chemicznych w wodach odpływających. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, nr 420, ser. Inż. Środ.* 26: 9–19.

- PIJANOWSKI Z., KANOWNIK W. 2002: Wpływ wiejskich obszarów zabudowanych na zawartość substancji chemicznych w wodach Trylskiej Rzeki (Spisz Polski). *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, nr 393, ser. Inż. Środ. 23: 43–51.
- RAJDA W., KANOWNIK W. 2005: Wpływ czynników antropogenicznych na jakość wody potoku na terenie podmiejskim i zurbanizowanym. *Wiad. Mel. i Łąk.* 4 (407): 176–180.
- RAJDA W., OSTROWSKI K., BOGDAŁ A. 2001: Zawartość wybranych składników fizykochemicznych w wodzie opadowej i odpływającej z mikrozelewni leśnej. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, nr 382, ser. Inż. Środ. 21: 21–31.
- RAJDA W., NATKANIEC J. 2001: Jakość wody odpływającej z mikrozelewni podgórskiej o zróżnicowanym użytkowaniu. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, nr 382, ser. Inż. Środ. 21: 33–40.
- RAJDA W., NATKANIEC J. 2001a: The impact of select forms of antropopression on quality of surface waters. *Ann. Warsaw Agricult. Univ. – SGGW, Land Reclam.* 31: 65–74.
- RAJDA W., NATKANIEC J., BOGDAŁ A. 2002: Jakość wody odpływającej ze zurbanizowanej mikrozelewni podmiejskiej o zróżnicowanym użytkowaniu. *Acta Sci. Pol., ser. Form. Circ.* 1–2 (1–2): 49–60.
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA. 2004: W sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód, z dnia 11 lutego 2004 roku. *Dz. U.* z 2004 r. Nr 32, poz. 284.

*Prof. dr hab. Włodzimierz Rajda*  
*Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska AR w Krakowie*  
*Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków,*  
*e-mail: rmrajda@cyf-kr.edu.pl*