

ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY WARTOŚCIAMI WSKAŹNIKÓW ZANIECZYSZCZENIA A OBJĘTOŚCIĄ PRZEPŁYWU W MAŁYCH CIEKACH ¹

Krzysztof Pulikowski

Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Wstęp

Woda jest tym elementem środowiska, który jest najbardziej narażony na degradację w wyniku rozwoju gospodarczego i cywilizacyjnego. Ochrona wód przed zanieczyszczeniem, a w szczególności zasobów wykorzystywanych do zaopatrzenia ludności, jest jednym z podstawowych zadań współczesnej nauki i techniki. Główna trudność polega na identyfikacji przyczyn zanieczyszczenia wód jak również opracowaniu metod pozwalających na precyzyjne określenie udziału poszczególnych rodzajów źródeł zanieczyszczeń w ogólnym bilansie ładunków zanieczyszczeń.

W literaturze spotyka się dość zróżnicowane poglądy dotyczące przyczyn pogarszania jakości wody. Jedni autorzy wiążą ten proces nierozdzielnie z rozwojem przemysłu i gospodarki komunalnej, natomiast inni upatrują przyczyny zanieczyszczenia wód w rozwoju rolnictwa, m.in. przez zastosowanie nawożenia mineralnego i środków ochrony roślin [PULIKOWSKI i in. 2001]. Źródła azotu wprowadzanego do środowiska i ich udział w Polsce przedstawia się następująco: żywność importowana 1%, wiązania biologiczne 6%, importowane pasze 10%, spalanie paliw oraz przemysł 22% i rolnictwo 61% [NADANY 2001]. Według tych danych wynikałoby, że gospodarka komunalna ma znaczenie marginalne, w praktyce wszystkie te czynniki najczęściej występują nierozłącznie, więc ich identyfikacja staje się utrudniona [PULIKOWSKI i in. 2001].

Charakterystyka obiektu i metody badań

Badania dotyczące składu wód i objętości przepływów w małych zlewniach rolniczych prowadzono w latach 1999–2001. Jedna ze zlewni jest położona w podgórskiej części Dolnego Śląska, na obiekcie doświadczalnym Stare Bogaczowice położonym w Sudetach Środkowych. Badania prowadzono w zlewni B o powierz-

¹ Badania realizowane były w ramach projektu badawczego nr 5 P06H 04517 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych.

chni $F_B = 29$ ha. Zlewnia ta jest położona 430–540 m n.p.m. na północnych i północno-wschodnich stokach, grunty orne w znacznej części odwadniane za pomocą drenowania, stanowią około 80% jej powierzchni. Gleby obiektu zaliczają się do glin średnich i ciężkich. W górnej części zlewni B wydzielono mniejszą zlewnię A o powierzchni $F_A = 6,6$ ha. Przekrój A został tak umiejscowiony aby wody z sieci drenarskiej były wprowadzane pomiędzy przekrojami pomiarowymi A i B, co pozwoliło na wydzielenie dwóch zlewni: A położonej w górnej części stoku, odwadnianej tylko za pomocą rowu i zlewni B, w której część gruntów ornych jest odwadniana za pomocą drenowania.

Druga zlewnia D o powierzchni $F_D = 100,7$ ha jest położona na Nizinie Śląskiej na obiekcie doświadczalnym Szewce k/Wrocławia. Zlewnia ta obejmuje obszar, który w latach 1973–1990 był nawadniany ściekami m. Wrocławia. Na tym obiekcie występują gleby brunatne, wytworzone głównie z piasków słabo gliniastych, gliniastych oraz glin średnich. W górnej części zlewni D wydzielono mniejszą zlewnię C o powierzchni $F_C = 51,2$ ha obejmującą głównie nieużytki i niewielką ilość gruntów ornych. Przekrój C został tak umiejscowiony, aby wydzielić część zlewni D obejmującą grunty orne odwadniane za pomocą drenowania, a wody z sieci drenarskiej były wprowadzane pomiędzy przekrojami pomiarowymi C i D.

Badania terenowe obejmowały stałą rejestrację poziomów wody w 4 przekrojach pomiarowych A, B, C i D, w których są zainstalowane przelewy trójkątne Thomsona. Próbkę wód do analiz pobierano przeciętnie raz w miesiącu, równocześnie mierząc objętość przepływu. Analizy fizykochemiczne wybranych wskaźników zanieczyszczeń wykonano powszechnie stosowanymi metodami, zgodnie z obowiązującymi normami w Laboratorium Wód i Ścieków, Instytutu Kształowania i Ochrony Środowiska AR we Wrocławiu.

W celu określenia zależności między wartościami podstawowych wskaźników zanieczyszczeń (C) a objętością przepływu (Q) uzyskane wyniki badań z lat hydrologicznych 1999/2000 i 2000/2001 poddano analizie statystycznej. Liczebność serii pomiarowych wynosiła 23 z wyjątkiem przekroju A, dla którego liczebność była nieco mniejsza i wynosiła 16 (w tym przekroju w okresie letnim występowały okresy bezodpływowe). Do wykonania obliczeń wykorzystano program Statistical Graphics System [KRZYKOWSKI 1991]. Zastosowano model liniowy:

$$C = a + b \cdot Q \quad (1)$$

jak i inne, dające się do niego sprowadzić:

$$C = a \cdot Q^b \quad (2)$$

$$C = \exp(a + b \cdot Q) \quad (3)$$

$$C = \frac{1}{a + b \cdot Q} \quad (4)$$

Jako kryterium wyboru zależności przyjęto maksymalną wartość bezwzględną współczynnika korelacji (r). Równocześnie za pomocą testu t-Studenta testowano następującą hipotezę:

$$H_0 : b = 0 - \text{przyjmując poziom istotności } \alpha = 0,05$$

Przyjęcie hipotezy $H_0 : b = 0$ (gdy $\alpha_{\text{obs}} > 0,05$) oznacza, że najlepiej dopasowana krzywa jest nachylona pod niewielkim kątem i wartość zmiennej za-

łejnej (C) w małym stopniu zależy od wartości zmiennej niezależnej (Q). W takim przypadku należy przyjąć hipotezę o braku zależności, natomiast odrzucenie hipotezy pozwala stwierdzić istnienie zależności przy wcześniej założonym poziomie istotności ($\alpha = 0,05$).

Wyniki i dyskusja

Wyznaczenie ładunku zanieczyszczeń wynoszonych z poszczególnych zlewni stanowi podstawę do określenia udziału poszczególnych zlewni cząstkowych, a pośrednio sposobów ich użytkowania, w ogólnym bilansie zanieczyszczeń wód powierzchniowych. Wymaga to zmierzenia ilości wody odprowadzanej z danej zlewni w określonym czasie oraz stężeń zawartych w niej zanieczyszczeń. O ile ustalenie objętości odprowadzanej wody nie stanowi dużego problemu, to wyznaczenie reprezentatywnych wartości wskaźników zanieczyszczenia jest dość kłopotliwe, a przede wszystkim pracochłonne i kapitałochłonne. Najdokładniejsze wyniki uzyskujemy przy zastosowaniu pomiarów ciągłych co w przypadku oznaczania składu jest bardzo kosztowne, w związku z tym poszukuje się metod pozwalających ustalić wartości wskaźników na podstawie możliwie najmniejszej liczby analiz, np. kilkunastu.

Jednym ze sposobów ustalania stężeń charakterystycznych jest metoda stężeń miarodajnych, opierająca się na istnieniu ujemnej korelacji między stężeniami zanieczyszczeń a objętością przepływu, uzyskanej na podstawie badań wody w Odrze [MAŃCZAK 1972]. Również badania prowadzone w zlewniach górskich potwierdzały istnienie tej zależności [PAWLIK-DOBROWOLSKI 1983].

W pracy przedstawiono zależności uzyskane dla rowów melioracyjnych, w których przepływ w czasie pobierania próbek wody do analiz wynosił odpowiednio: dla przekroju A – $0,01 \div 0,33 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; dla przekroju B – $0,03 \div 12,82 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; dla przekroju C – $0,21 \div 1,38 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ i dla przekroju D – $0,60 \div 5,74 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (tab. 1-4).

W przypadku przekroju A istotną korelację (na poziomie $\alpha = 0,05$) uzyskano jedynie dla siarczanów, pozostałe zależności były nieistotne, co więcej, dla niektórych wskaźników uzyskiwano korelację dodatnią (tab. 1). Dla przekroju B (położonego poniżej gruntów ornych odwadnianych za pomocą drenowania) uzyskano nieco więcej istotnych zależności. W przypadku takich wskaźników jak: azot organiczny, wapń, magnez i siarczany były to korelacje ujemne potwierdzające słuszność metody stężeń miarodajnych. Natomiast w przypadku: zawiesin, tlenu rozpuszczonego, azotu azotanowego i fosforu, uzyskano istotne korelacje dodatnie. Ma to prawdopodobnie związek z tym, że wzrost przepływu wynika ze zwiększonych spływów powierzchniowych, co powoduje wzrost stężenia zawiesin, jak również z występowaniem w tym czasie zwiększonych odpływów drenarskich, które dostarczają do cieków wodę zasobną w azot azotanowy i fosfor.

Również w przypadku zlewni nizinnej uzyskano wyniki potwierdzające małą przydatność tej metody dla małych cieków. Istotne zależności, przy ujemnym współczynniku korelacji, uzyskano jedynie dla zawiesin i sodu w przekroju C. Znacznie więcej wskaźników wykazywało istotne korelacje dodatnie: przewodnictwo właściwe i azot azotanowy – dla obu przekrojów, fosfor (dla przekroju C) oraz: sucha pozostałość ogólna, tlen rozpuszczony, azot ogólny, magnez i siarczany dla przekroju D.

Tabela 1; Table 1

Typ zależności pomiędzy wartością wskaźników zanieczyszczenia a objętością przepływu, dla której uzyskano największy współczynnik korelacji – przekrój A
 Type of dependence with the highest correlation coefficient between pollution indices and flow volume – section A

Lp. No	Wskaźniki Indices	Zakres zmienności Range of variety (mg·dm ⁻³)	Nr modelu Model No	Współczynnik korelacji r Correlation coefficient r	Hipoteza Hypothesis H ₀ : b = 0
1.	Przewodnictwo właściwe; Electrical conductivity	179–335 μS·cm ⁻¹	1	-0,2854	-*)
2.	Sucha pozostałość ogólna; Total dry matter	234–446	4	-0,1252	-
3.	Zawiesiny ogólne; Total suspension	0,6–77,0	2	0,3399	-
4.	Tlen rozpuszczony; Dissolved oxygen	6,8–12,6	2	-0,1717	-
5.	BZT ₃ ; BOD ₃	0,6–4,2	2	0,3763	-
6.	ChZT _{Mn} ; COD _{Mn}	1,2–7,3	2	0,1113	-
7.	ChZT _{Cr} ; COD _{Cr}	1,8–19,9	2	0,1621	-
8.	Azot ogólny; Total nitrogen	10,3–16,9	4	-0,3012	-
9.	Azot organiczny; Organic nitrogen	1,1–7,8	2	-0,1420	-
10.	Azot amonowy; Ammonium nitrogen	0,01–0,14	4	0,3486	-
11.	Azot azotanowy; Nitrate nitrogen	5,9–12,3	4	-0,2422	-
12.	Fosforany; Phosphates	0,01–0,08	1	0,4726	-
13.	Fosfor; Phosphorus	0,10–0,50	1	0,4894	-
14.	Potas; Potassium	0,8–2,5	2	0,3475	-
15.	Sód; Sodium	3,6–7,8	1	-0,3639	-
16.	Wapń; Calcium	52,1–120,7	3	-0,3208	-
17.	Magnez; Magnesium	10,5–22,6	4	-0,3672	-
18.	Siarczany; Sulphates	43–190	4	-0,5331	+**)
19.	Chlorki; Chlorides	16–26	4	-0,3606	-

*) – hipoteza przyjęta – zależność nieistotna na poziomie $\alpha = 0,05$; accepted hypothesis – insignificant dependence at the level $\alpha = 0,05$

**)+ hipoteza odrzucona – zależność istotna na poziomie $\alpha = 0,05$; rejected hypothesis – significant dependence at the level $\alpha = 0,05$

Dla żadnego z badanych wskaźników nie uzyskano istotnych ujemnych korelacji we wszystkich przekrojach. Większość istotnych korelacji wskazuje na wzrost wartości składników zanieczyszczenia wraz ze wzrostem objętości przepływu, a zdecydowana większość wskaźników wykazuje brak jakiegokolwiek związku z wielkością przepływu.

Badania prowadzone w nieco większych zlewniach rolniczych zarówno na terenach nizinnych [WITKOWSKI 1990; ŁOMOTOWSKI 1992] jak podgórskich [HUS 1994] również potwierdzają brak związku między objętością przepływu a stopniem zanieczyszczenia wody. Potwierdza to nieprzydatność metody stężenie-przepływ do określania stężeń charakterystycznych, jak również określania wielkości ładunku wynoszonego z małych zlewni rolniczych. Metoda ta także budzi wątpliwości w przypadku większych rzek. W latach sześćdziesiątych zależności między stężeniem

substancji zanieczyszczającej a przepływem występowały w wielu rzekach polskich. Obecnie jednak, w miarę wzrostu zanieczyszczeń obszarowych (spływy z powierzchni ziemi, opady atmosferyczne), zależności takie w większości przypadków nie występują. Obliczone więc na podstawie tej zasady stężenia miarodajne nie mogą być wiarygodną wartością oceniającą jakość wody [DOJLIDO, WOYCIECHOWSKA 1999]. Pewnego rodzaju potwierdzeniem braku związku stężenia z wielkością przepływu są dość ściśle związki ładunku zanieczyszczeń z wielkością przepływu, a więc przepływ jest decydującym czynnikiem kształtującym wielkość ładunku wynoszonego ze zlewni [ILNICKI, IWANISZYNEC 1999]. Należałoby równocześnie poddać analizie zależność ładunek-stężenie i wtedy np. na podstawie współczynnika determinacji ustalić w jakim stopniu wielkość przepływu a w jakim wartości stężenia decyduje o wielkości ładunku zanieczyszczeń wynoszonych ze zlewni.

Tabela 2; Table 2

Typ zależności pomiędzy wartością wskaźników zanieczyszczenia a objętością przepływu, dla której uzyskano największy współczynnik korelacji – przekrój B

Type of dependence with the highest correlation coefficient between pollution indices and flow volume – section B

Lp. No	Wskaźniki Indices	Zakres zmienności Range of variety (mg·dm ⁻³)	Nr modelu Model No	Współczynnik korelacji r Correlation coefficient r	Hipoteza Hypothesis H ₀ : b = 0
1.	Przewodnictwo właściwe Electrical conductivity	184–385 μS·cm ⁻¹	1	-0,2059	-*)
2.	Sucha pozostałość ogólna; Total dry matter	344–456	1	-0,0289	-
3.	Zawiesiny ogólne; Total suspension	1,1–35,4	1	0,6342	+**)
4.	Tlen rozpuszczony; Dissolved oxygen	8,2–13,0	2	0,4663	+
5.	BZT ₅ ; BOD ₅	1,0–2,8	2	-0,1070	-
6.	ChZT _{Mn} ; COD _{Mn}	1,5–6,7	1	0,1263	-
7.	ChZT _{Cr} ; COD _{Cr}	3,9–29,0	4	-0,1510	-
8.	Azot ogólny; Total nitrogen	7,6–29,5	2	0,4551	-
9.	Azot organiczny; Organic nitrogen	0,1–10,5	3	-0,6489	+
10.	Azot amonowy; Ammonium nitrogen	0,01–0,18	4	-0,2140	-
11.	Azot azotanowy; Nitrate nitrogen	5,5–24,7	1	0,6466	+
12.	Fosforany; Phosphates	0,01–0,08	2	0,1266	-
13.	Fosfor; Phosphorus	0,05–0,65	1	0,5369	+
14.	Potas; Potassium	0,9–2,3	4	0,1883	-
15.	Sód; Sodium	5,2–8,5	2	0,2026	-
16.	Wapń; Calcium	74,9–136,0	4	-0,6123	+
17.	Magnez; Magnesium	13,6–29,4	4	-0,5121	+
18.	Siarczany; Sulphates	48–196	2	-0,4980	+
19.	Chlorki; Chlorides	16–34	4	-0,1458	-

*) – hipoteza przyjęta – zależność nieistotna na poziomie $\alpha = 0,05$; accepted hypothesis – insignificant dependence at the level $\alpha = 0,05$

***) + hipoteza odrzucona – zależność istotna na poziomie $\alpha = 0,05$; rejected hypothesis – significant dependence at the level $\alpha = 0,05$

Tabela 3; Table 3

Typ zależności pomiędzy wartością wskaźników zanieczyszczenia a objętością przepływu, dla której uzyskano największy współczynnik korelacji – przekrój C

Type of dependence with the highest correlation coefficient between pollution indices and flow volume – section C

I.p. No	Wskaźniki Indices	Zakres zmienności Range of variety (mg·dm ⁻³)	Nr modelu Model No	Współczynnik korelacji r Correlation coefficient r	Hipoteza Hypothesis $H_0: b = 0$
1.	Przewodnictwo właściwe Electrical conductivity	173–77 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	2	0,6618	+**)
2.	Sucha pozostałość ogólna; Total dry matter	520–677	3	-0,1422	*)
3.	Zawiesiny ogólne; Total suspension	8,0–56,4	4	-0,4997	+
4.	Tlen rozpuszczony; Dissolved oxygen	2,8–12,0	1	0,2935	-
5.	BZT ₅ ; BOD ₅	1,0–5,4	4	0,2935	-
6.	ChZT _(Mn) ; COD _(Mn)	3,0–18,6	1	-0,2043	-
7.	ChZT _(Cr) ; COD _(Cr)	11,4–63,1	1	-0,0746	-
8.	Azot ogólny; Total nitrogen	3,5–13,3	1	0,2002	-
9.	Azot organiczny; Organic nitrogen	1,7–10,1	2	-0,3798	-
10.	Azot amonowy; Ammonium nitrogen	0,01–2,3	2	0,3078	-
11.	Azot azotanowy; Nitrate nitrogen	0,1–8,6	3	0,6331	+
12.	Fosforany; Phosphates	0,01–0,08	1	-0,2095	-
13.	Fosfor; Phosphorus	0,15–1,10	3	0,5758	+
14.	Potas; Potassium	11,5–63,6	1	-0,1770	-
15.	Sód; Sodium	23,5–104,7	1	-0,4352	+
16.	Wapń; Calcium	81,0–149,6	2	-0,0791	-
17.	Magnez; Magnesium	14,3–23,3	2	-0,3816	-
18.	Siarczany; Sulphates	126–198	2	-0,3948	-
19.	Chlorki; Chlorides	48–134	2	0,0682	-

*) – hipoteza przyjęta - zależność nieistotna na poziomie $\alpha = 0,05$; accepted hypothesis – insignificant dependence at the level $\alpha = 0,05$

***) + hipoteza odrzucona – zależność istotna na poziomie $\alpha = 0,05$; rejected hypothesis – significant dependence at the level $\alpha = 0,05$

W związku z powyższym wydaje się celowe określenie wartości stężeń charakterystycznych zanieczyszczeń w oparciu o wyniki badań składu wody w okresie pełnego cyklu hydrologicznego, wykonanych przy różnych wielkościach przepływu. Wyznaczone w ten sposób wartości poszczególnych wskaźników należy uznać za odpowiednie dla całego roku hydrologicznego, niezależnie od wahań wielkości przepływu. Metodą spełniającą te założenia jest metoda stężeń gwarantowanych [DOJLIDO, WOYCIECHOWSKA 1999]. Do celów porównawczych (np. klasyfikacji) można wykorzystać wartości wskaźników o określonym prawdopodobieństwie, np. 90%.

Oddzielny problem stanowi wyznaczenie stężeń wykorzystywanych do obliczania ładunków zanieczyszczeń wnoszonych z małych zlewni rolniczych. W tym przypadku należy rozważyć wykorzystanie, np. stężeń o prawdopodobieństwie 50%, wartości mediany lub średniej arytmetycznej; wymaga to jednak przeanaliz-

zowania długich serii pomiarowych pozwalających określić, dla której wartości stężenia obliczone ładunki będą najbardziej zbliżone do wartości uzyskanych z pomiarów bezpośrednich.

Tabela 4; Table 4

Typ zależności pomiędzy wartością wskaźników zanieczyszczenia a objętością przepływu, dla której uzyskano największy współczynnik korelacji – przekrój D

Type of dependence with the highest correlation coefficient between pollution indices and flow volume – section D

Lp. No	Wskaźniki Indices	Zakres zmienności Range of variety (mg·dm ⁻³)	Nr modelu Model No	Współczynnik korelacji r Correlation coefficient r	Hipoteza Hypothesis $H_0: b = 0$
1.	Przewodnictwo właściwe Electrical conductivity	169–680 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	1	0,4462	+**)
2.	Sucha pozostałość ogólna; Total dry matter	470–718	1	0,7039	+
3.	Zawiesiny ogólne; Total suspension	3,2–45,0	1	-0,2849	*)
4.	Tlen rozpuszczony; Dissolved oxygen	6,0–14,4	2	0,4715	+
5.	BZT ₅ ; BOD ₅	0,8–3,0	2	-0,2135	-
6.	ChZT _(Mn) ; COD _(Mn)	3,1–7,6	2	-0,3525	-
7.	ChZT _(Cr) ; COD _(Cr)	5,0–37,7	1	-0,2971	-
8.	Azot ogólny; Total nitrogen	1,7–26,8	1	0,7612	+
9.	Azot organiczny; Organic nitrogen	1,6–11,3	1	-0,1102	-
10.	Azot amonowy; Ammonium nitrogen	0,01–0,32	4	-0,3733	-
11.	Azot azotanowy; Nitrate nitrogen	0,1–24,3	2	0,8052	+
12.	Fosforany; Phosphates	0,01–0,09	2	-0,3471	-
13.	Fosfor; Phosphorus	0,05–0,70	4	-0,2306	-
14.	Potas; Potassium	2,7–23,5	1	-0,4092	-
15.	Sód; Sodium	18,1–51,0	1	-0,1268	-
16.	Wapń; Calcium	93,2–221,7	2	0,2927	-
17.	Magnez; Magnesium	15,3–26,0	2	0,5610	+
18.	Siarczany; Sulphates	87–168	1	0,6655	+
19.	Chlorki; Chlorides	16–81	2	0,2765	-

*) – hipoteza przyjęta – zależność nieistotna na poziomie $\alpha = 0,05$; accepted hypothesis – insignificant dependence at the level $\alpha = 0.05$

**+) + hipoteza odrzucona – zależność istotna na poziomie $\alpha = 0,05$; rejected hypothesis – significant dependence at the level $\alpha = 0.05$

Wnioski

1. W badanych zlewniach rolniczych nie stwierdzono istotnych ujemnych korelacji między wartością podstawowych wskaźników zanieczyszczenia a objętością przepływu.
2. Dla takich wskaźników jak: zawiesiny ogólne, azot azotanowy i fosfor stwierdzono korelacje dodatnie. Świadczy to o tym, że wody dostające się

- do cieków wraz ze spływem powierzchniowym lub systemami drenarskimi są zdecydowanie bardziej zanieczyszczone od wód zasilających cieki w okresach niżówek.
3. W przypadku małych cieków wykorzystanie zależności między wartością wskaźników zanieczyszczenia a objętością przepływu do określenia stanu czystości wód, a tym bardziej ładunków wynoszonych z tych zlewni wydaje się nieuzasadnione.

Literatura

- DOJLIDO J., WOYCIECHOWSKA J. 1999. *Ocena jakości wód rzecznych – propozycja nowej metody*. Gosp. Wodna 4: 142–147.
- HUS S. 1994. *Związek stężenia zanieczyszczeń wód z przepływami w małych potokach górskich*. Roczn. AR w Poznaniu CCLXVIII, Melioracje i Inżynieria Środowiska 15, cz. I: 93–100.
- ILNICKI P., IWANISZYNIĘC P. 1999. *Zależność ładunku azotu odprowadzanego w wodach Odry, Warty i Noteci od ich przepływów*. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 19: 289–298.
- KRZYKOWSKI G. 1991. *Statgraphics – Statystyczna analiza pomiarów*. Wydawnictwo PLJ, Warszawa: 120.
- ŁOMOTOWSKI J. 1992. *Wpływ rolnictwa na jakość wód naturalnych na przykładzie zlewni doświadczalnej Ciesielska Woda*. Zesz. Nauk AR we Wrocławiu 211, Melioracja XL: 353–366.
- MAŃCZAK H. 1972. *Techniczne podstawy ochrony wód przed zanieczyszczeniem*. Wyd. Polít. Wrocławska: 464.
- NADANY P. 2001. *Zanieczyszczenie wód azotem i fosforem pochodzącym z polskiego rolnictwa w świetle seminarium szkoleniowego: „Wpływ niebezpiecznych czynników na zasoby wodne. Ocena ryzyka i strategii przeciwdziałania”*. Informator IMUZ, Wiad. Mel. i Łąk. 1: 29–31.
- PAWLIK-DOBROWOLSKI J. 1983. *Zmiany składu chemicznego wód powierzchniowych pod wpływem zanieczyszczeń obszarowych (w Karpatach Zachodnich)*. Rozp. habilit. IMUZ Falenty: 142.
- PULIKOWSKI K., KOSTRZEWA S., PALUCH J., PARUCH A. 2001. *Odptyw zanieczyszczeń z mikrozewni rolniczej położonej na przedgórzu sudeckim*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 475: 489–496.
- WITKOWSKI D. 1990. *Zmienność stężeń substancji biogenych w wodach odpływających z małych zlewni nizinnych*. Mat. sem. 27 IMUZ Falenty: 191–196.

Słowa kluczowe: zlewnia, woda, stężenie, przepływ, zależność

Streszczenie

W pracy analizowano zależności między wartościami wskaźników zanieczyszczenia a objętością przepływu w małych ciekach. W badanych zlewniach rol-

czych nie stwierdzono istotnych ujemnych korelacji między wartością podstawowych wskaźników zanieczyszczenia a objętością przepływu. Dla takich wskaźników jak: zawiesiny ogólne, azot azotanowy i fosfor stwierdzono korelacje dodatnie. Świadczy to o tym, że wody dostające się do cieków wraz ze spływem powierzchniowym lub systemami drenarskimi są zdecydowanie bardziej zanieczyszczone od wód zasilających cieki w okresach niżówek.

W przypadku małych cieków wykorzystanie zależności między wartością wskaźników zanieczyszczenia a objętością przepływu do określenia stanu czystości wód, a tym bardziej ładunków wynoszonych z tych zlewni wydaje się nieuzasadnione.

DEPENDENCE BETWEEN VALUES OF POLLUTION INDICES AND FLOW VOLUME IN SMALL WATERCOURSES

Krzysztof Pulikowski

Institute of Environmental Development and Protection,
Agricultural University, Wrocław

Key words: catchment area, water, concentration, flow, dependence

Summary

Dependence between values of pollution indices and flow volume in small watercourses was tested in this paper. Negative significant correlation between value of basic pollution indices and flow volume was not found on the tested catchment areas. Positive significant correlation was not found for such indices as: all suspended solids, nitrate nitrogen, phosphorus. It proves that surface water flow and drainage water which outflows off to the watercourses are much more polluted than water outflows in the period during low-bank state.

In the case of the small watercourses the application of the dependence between the pollution indices values and the volume of flow values for the determination of the water purity state, and also for the pollution loads outflowing from these catchments, seems to be not justified.

Dr inż. **Krzysztof Pulikowski**
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska
Akademia Rolnicza
Pl. Grunwaldzki 24
50-363 WROCŁAW
e-mail: pulik@miks.ar.wroc.pl