

## Eutroficzne wskaźniki zanieczyszczeń w odpływie rzeczonym z małej zlewni rolniczej

### Abstract

**Nutrients in runoff from a small agricultural watershed.** Selected results of water pollution measurements of runoff from a small agricultural watershed is presented in the paper. Concentration of nutrients in runoff, sampled once a week during two and half year period, at two stream gauging stations has been compared with water quality standards currently used in Poland. The area of the lowland watershed above two gauging stations is 23.4 km<sup>2</sup> and 82.4 km<sup>2</sup>, respectively. The land use is dominated by arable land (small grain and potatoes), however forest cover 20% and 40.5% of the contributing area of the watershed, above the two gauges. Sandy soils are the dominant soil type in the watersheds. Low concentration of inorganic nitrogen, significant one of organic nitrogen and high concentration of dissolved as well as total phosphorus has been found in the runoff from the watershed.

*Key words: nutrients, diffuse pollution, small agricultural watersheds.*

### Wprowadzenie

Zanieczyszczenia obszarowe (rozproszone) są ważnym źródłem dostających się do wód powierzchniowych związków azotu i fosforu, wywołujących procesy eutrofizacji w jeziorach i zbiornikach wodnych. Związki te dostają się do cieków wraz z wodami gruntowymi oraz ze spływem powierzchniowym i mogą wy-

stępować jako związki rozpuszczone lub nierozpuszczone (występujące w zawiesinie). Te ostatnie dostarczane są do cieków w dużych ilościach, głównie w czasie spływów powierzchniowych, a ich ilość często wiązana jest funkcyjnie z ilością erodowanej gleby bądź natężeniem transportu rumowiska unoszonego (McDowell i in. 1984; Baker 1985; Garbrecht, Sharply 1992; Ng i in. 1993). Formy azotu i fosforu w wodach powierzchniowych przedstawiono w tabelach 1 i 2 (McCutcheon i in. 1992; McCutcheon 1993).

W artykule scharakteryzowano jakość wód rzeki Zagożdżonki z uwagi na stężenie eutroficznych wskaźników zanieczyszczeń, tj. związków azotu (organicznego, amonowego, azotanowego, azotynowego i ogólnego) oraz fosforu (rozpuszczonego i ogólnego), na podstawie prób pobieranych raz w tygodniu (zwykle w poniedziałek rano) w profilach Czarna i Płachty Stare, z okresu od lipca 1993 do października 1995. Przedstawione wyniki stanowią fragment opracowywanych badań terenowych, przeprowadzonych w Katedrze Budownictwa Wodnego SGGW w ramach projektu badawczego KBN pt. „Jakość i zmaczenie odpływu z małej zlewni rolniczej”.

Formy azotu występującego w wodach powierzchniowych (wg McCutcheona, 1993; za McCutcheonem i in. 1992)

Azot ogólny				
Azot organiczny		Azot nieorganiczny		
rozpuszczony	w zawiesinie		azot amonowy – NH <sub>4</sub>	azotyny NO <sub>2</sub>
	detrytus	plankton	sorbowany	rozpuszczony
<div style="border: 1px solid black; width: 200px; margin: 0 auto; height: 15px;"></div> azot dostępny dla fitoplanktonu				

Formy fosforu występującego w wodach powierzchniowych (wg McCutcheona, 1993; za McCutcheonem i in. 1992)

Fosfor ogólny			
Rozpuszczony		W zawiesinie	
ortofosforany	organiczny złożony	organiczny	nieorganiczny
		detrytus	plankton
<div style="border: 1px solid black; width: 150px; margin: 0 auto; height: 15px;"></div> fosfor dostępny dla fitoplanktonu			

### Charakterystyka zlewni i przepływów oraz metodyka badań

Rzeka Zagożdżonka jest lewobrzeżnym dopływem Wisły mającym swe ujście w okolicach Kozienic. Objęty badaniami obszar górnej części zlewni rzeki Zagożdżonki należy, wg podziału fizyczno-geograficznego do Równiny Radomskiej wchodzącej w skład Wzniesienia Południowomazowieckiego. Powierzchnia zlewni do rozpatrywanych profili pomiarowych wynosi:

- do Czarnej 23,4 km<sup>2</sup>
- do Płacht Starych 82,4 km<sup>2</sup>.

Na obszarze użytkowanych rolniczo zlewni cząstkowych, powyżej rozpatrywanych profili nie występują fermy hodowlane, zakłady przemysłowe czy systemy kanalizacji zbiorowej, uznawane

powszechnie za punktowe źródła zanieczyszczeń.

Średnie roczne sumy opadu i odpływu dla tego obszaru z wielolecia (1963–1994) wynoszą odpowiednio ok. 610 i 110 mm (Modelowanie wpływu..., 1995), przy czym w latach hydrologicznych 1993–1995 odpowiednie wartości dla Płacht Starych wynosiły 611 i 85 mm.

Zlewnia rzeki Zagożdżonki jest zlewnią nizinną. Średnie spadki głównych cieków wynoszą od 2,5 do 3,5‰. Lokalne depresje (tereny bezodpływowe) nie mające wpływu na proces kształtowania się odpływu bezpośredniego i na wydatek rumowiska stanowią znaczącą część obszaru zlewni i wynoszą ok. 17% do profilu Czarna i ok. 24% do profilu Płachty Stare.

Grunty orne zajmują ok. 70% i 47,5% powierzchni hydrologicznie aktywnej części zlewni po omawiane profile, a lasy odpowiednio 20% i 40,5%. Gleby piaszczyste są dominującym rodzajem gleb.

Okres lat hydrologicznych 1993–1995, z uwagi na wartości przepływów średnich rocznych, był okresem raczej suchym, a lata hydrologiczne 1991 i 1992, tj. poprzedzające omawiany okres, były najbardziej suchymi z okresu 1963–1995. Przepływy średnie roczne w profilu Płachty Stare w okresie badań wynosiły odpowiednio 0,218 m<sup>3</sup>/s, 0,180 m<sup>3</sup>/s i 0,265 m<sup>3</sup>/s, przy średnim z wielolecia 1963–1995 wynoszącym 0,290 m<sup>3</sup>/s. Przepływy średnie z okresu 1993–1995 wynosiły 0,221 m<sup>3</sup>/s w Płachtach Starych i 0,075 m<sup>3</sup>/s w Czarnej.

Analizy chemiczne pobieranych prób wody przeprowadzane były w Laboratorium Jakości Wody i Ścieków ZTS „Pro-nit” w Pionkach, wg norm ogólnie przyjętych (Hermanowicz 1984). Oznaczane były następujące związki azotowe: azot organiczny N-org; azot amonowy N-NH<sub>4</sub>; azot azotanowy N-NO<sub>3</sub>, azot

azotynowy N-NO<sub>2</sub> oraz fosfor rozpuszczony PO<sub>4</sub> i fosfor ogólny P.

## Wyniki badań

W tabeli 1 podano kryteria klasyfikacji jakości wód śródlądowych, tj. dopuszczalne wartości analizowanych wskaźników zanieczyszczeń dla trzech klas czystości, natomiast w tabeli 2 zestawiono wyniki klasyfikacji prób pobieranych w przedziałach cotygodniowych w Czarnej i Płachtach Starych w okresie od lipca 1993 r. do października 1995 r. Część z podanych tu wyników badań, przeprowadzonych do końca roku hydrologicznego 1994, a także wyniki analiz pomiarów wykonanych od marca 1991 r. do lipca 1993 r. (nie obejmujących jednakże oceny stężeń fosforu ogólnego), w odniesieniu do kryteriów jakości wód powierzchniowych, obowiązujących do roku 1991, przedstawiono we wcześniejszym opracowaniu (Banasik i in. 1995).

W wymienionych profilach pobrano odpowiednio 116 i 114 prób wody do przeprowadzenia oceny stężeń podanych wskaźników zanieczyszczeń. Wyniki kla-

TABELA 1. Dopuszczalne wartości wybranych wskaźników zanieczyszczeń śródlądowych wód powierzchniowych ustalone w Rozporządzeniu Ministra OŚZNiL z 1991 r.

Dla klasy czystości	Dopuszczalne zanieczyszczenie wód [mg/dm <sup>3</sup> ]						
	azotem				fosforem		
	organi- cznym <sup>a</sup> N <sub>org</sub>	amono- wym N-NH <sub>4</sub>	azotano- wym N-NO <sub>3</sub>	azotyno- wym N-NO <sub>2</sub>	ogólnym N	rozpusz- czonym PO <sub>4</sub>	ogólnym P
I	(1,0 <sup>b</sup> )	1,0	5,0 (1,5)	0,02	5,0	0,2	0,1
II	(2,0)	3,0	7,0	0,03	10,0	0,6 (0,5)	0,25
III	(10,0)	6,0	15,0	0,06	15,0	1,0	0,4

<sup>a</sup>Brak danych o zanieczyszczeniach dopuszczalnych w ww. Rozporządzeniu.

<sup>b</sup>Wartości w nawiasach pochodzą z wcześniej obowiązujących przepisów Rozporządzenia Rady Ministrów z 1970, 1975 i 1987 r. (za Romanem 1989).

TABELA 2. Liczba prób spełniających kryteria klas czystości (podanych w tabeli 1) przy rozpatrywaniu poszczególnych zanieczyszczeń oddzielnie oraz wszystkich analizowanych łącznie

Rok hydrologiczny	Profil	Przepływ śr. roczny [m <sup>3</sup> /s]	Liczba prób	Klasa czystości	Liczba prób spełniających kryteria							
					poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń							łącznie <sup>a</sup>
					N <sub>org</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N ogół.	PO <sub>4</sub>	P ogół.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1993	Czarna	0,060	17	I	0	17	17	16	17	0	0	0
				II	16	0	0	1	0	13	1	1
				III	1	0	0	0	0	4	4	4
				poza kl.	0	0	0	0	0	0	12	12
	Płachty Stare	0,218	17	I	0	17	17	16	17	2	0	0
				II	14	0	0	1	0	12	3	2
				III	3	0	0	0	0	3	5	6
				poza kl.	0	0	0	0	0	0	9	9
1994	Czarna	0,060	51	I	7	50	50	50	45	3	0	0
				II	32	1	1	0	6	29	4	4
				III	12	0	0	1	0	15	19	19
				poza kl.	0	0	0	0	0	4	28	28
	Płachty Stare	0,180	50	I	3	50	50	50	48	4	0	0
				II	37	0	0	0	2	32	10	10
				III	10	0	0	0	0	13	24	24
				poza kl.	0	0	0	0	0	1	16	16
1995	Czarna	0,105	48	I	2	47	48	47	47	3	0	0
				II	26	1	0	1	1	35	9	9
				III	20	0	0	0	0	10	28	28
				poza kl.	0	0	0	0	0	0	11	11
	Płachty Stare	0,265	47	I	2	47	47	46	45	4	0	0
				II	27	0	0	1	2	30	11	11
				III	18	0	0	0	0	13	23	23
				poza kl.	0	0	0	0	0	0	13	13
1993–1995	Czarna	0,075	116	I	9	114	115	113	109	6	0	0
				II	74	2	1	2	7	77	14	14
				III	33	0	0	1	0	29	51	51
				poza kl.	0	0	0	0	0	4	51	51
	Płachty Stare	0,221	114	I	5	114	114	112	110	10	0	0
				II	78	0	0	2	4	74	24	23
				III	31	0	0	0	0	29	52	53
				poza kl.	0	0	0	0	0	1	38	38

<sup>a</sup>Przy klasyfikacji łącznej brano pod uwagę jedynie wskaźniki wymienione w kolumnach od 7 do 12.

syfikacji prób zestawione w tabeli 2 wskazują na:

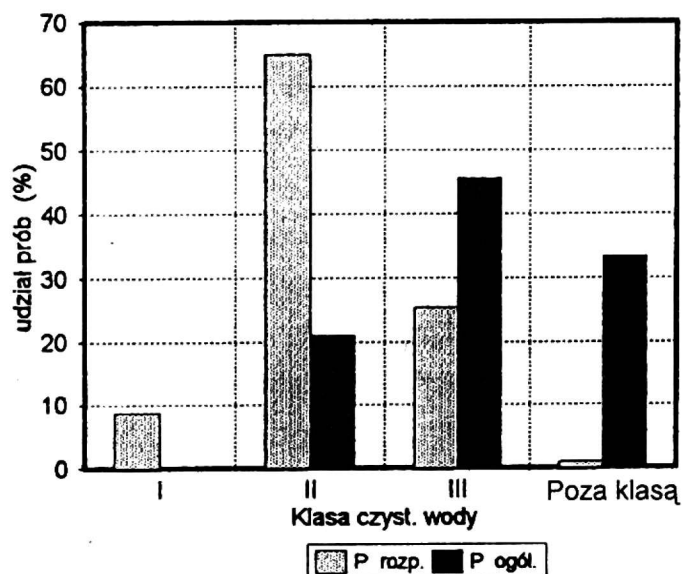
- znaczne zanieczyszczenie wód rzeki Zagożdżonki azotem organicznym (oceny dokonano w odniesieniu do uprzednio obowiązujących kryteriów

- jakości wód powierzchniowych, gdyż w Rozporządzeniu Ministra OŚZNiL z 1991 r. nie podaje się dopuszczalnych stężeń tego wskaźnika);
- niską zawartość nieorganicznych związków azotowych takich jak, azotu

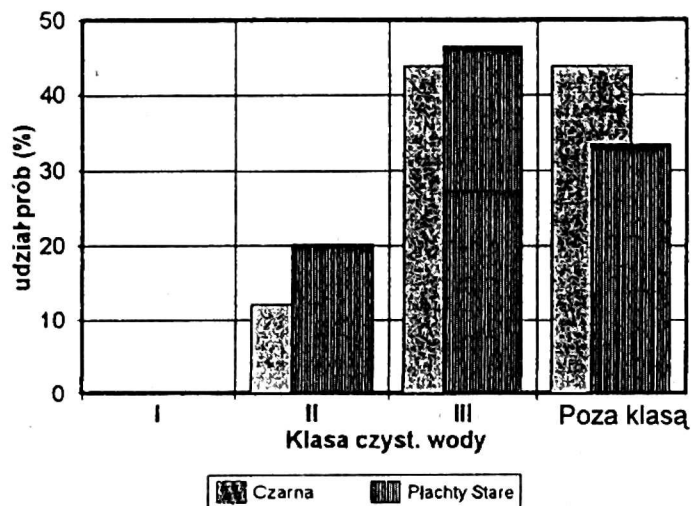
amonowego – N-NH<sub>4</sub> (łącznie w 114 próbach na 116 pobranych w Czarnej i we wszystkich 114 pobranych w Płachtach Starych stwierdzono stężenie nie większe niż dopuszczalne dla I klasy czystości), azotu azotanowego – N-NO<sub>3</sub>, (w pobranych próbach, z wyjątkiem jednej próby z Czarnej zaliczonej do II klasy jakości, stwierdzono stężenie nie większe niż dopuszczalne dla I klasy czystości), azotu azotynowego – N-NO<sub>2</sub> (jedynie pięć prób, trzy w Czarnej i dwie w Płachtach Starych, nie spełniło kryterium wymaganego dla I klasy czystości);

- wysokie zanieczyszczenie wód fosforem rozpuszczonym i fosforem ogólnym (zaledwie 6 prób pobranych w Czarnej i 10 w Płachtach Starych posiadało stężenia fosforu rozpuszczonego nie większe niż dopuszczalne dla I klasy czystości, natomiast z uwagi na stężenie fosforu ogólnego żadna z pobranych prób nie spełniała kryterium I klasy, a ponad 80% prób nie spełniało także wymagań II klasy czystości wód).

Z danych zestawionych w tabeli 2 wynika, iż o ogólnej, niskiej klasyfikacji jakości wód rzeki Zagożdżonki decyduje głównie duża, względem wartości dopuszczalnych dla poszczególnych klas czystości wody, zawartość fosforu ogólnego. Klasyfikację odpływu ze zlewni z uwagi na stężenia fosforu ogólnego i fosforu rozpuszczonego w profilu Płachty Stare przedstawiono na rysunku 1. Klasyfikację łączną jakości odpływu dla rozpatrywanych profili, przeprowadzoną na podstawie prób pobieranych od lipca 1993 r. do



RYSUNEK 1. Klasyfikacja jakości wód rzeki Zagożdżonki w Płachtach Starych od lipca 1993 do października 1995, z uwagi na stężenie fosforu rozpuszczonego i ogólnego



RYSUNEK 2. Klasyfikacja łączna jakości odpływu rzecznoego ze zlewni Zagożdżonki w profilach Czarna i Płachty Stare od lipca 1993 r. do października 1995 r.

października 1995 r. przedstawiono na rysunku 2.

Podsumowując przedstawione wyniki stwierdzić można, że w odpływie z górnej części zlewni Zagożdżonki występują znaczące zawartości azotu organicznego oraz wysokie zawartości fosforu rozpuszczonego (fosforanów) i ogólnego. Zanieczyszczenia fosforem, a szczególnie wysokie zawartości fosforu ogólnego spr-

wiają, że odpływy nie spełniają kryteriów I klasy czystości wód, a zaledwie w ok. 12% w Czarnej i 20% w Płachtach Starzych zaliczane być mogą do II klasy.

Wyniki badań potwierdzają, że odpływy z obszarów rolniczych i terenów wiejskich mogą charakteryzować się dużym stopniem zanieczyszczenia wód, pomimo braku punktowych źródeł zanieczyszczeń.

## Literatura

- BAKER D.B. 1985: *Regional water quality impacts of intensive row-crop agriculture: A lake Erie basin case study*. J. of Soil and Water Conservation, Nonpoint Water Pollution – A special issue, Vol. 40; nr 1; 125–132.
- BANASIK K., RUDZKA E., ŚMIETANKA A. 1995: *Wyniki badań stężeń związków azotu, fosforu i żelaza w odpływie rzeczonym z górnej części zlewni Zagożdżonki*. Mat. na sympoz. „Monitorowanie i modelowanie procesów hydrologicznych w zmieniającym się środowisku”, Pionki, 4–5.09.95; 41–46.
- GARBRECHT J., SHARPLY A.N. 1992: *Sediment-phosphorus relations in watersheds*. Mat. 5th International Symposium on River Sedimentation – Sediment Management, Karlsruhe, Vol. II; 601–610.
- HERMANOWICZ W., 1984. *Chemia sanitarna*. Arkady, Warszawa.
- Modelowanie wpływu działalności człowieka na wezbrania opadowe i transport rumowiska w małych zlewniach rolniczych. Raport z badań MR/USDA-90-51. Kat. Bud. Wod. SGGW 1995.
- MCCUTCHEON S.C. 1993: *Water Quality Modeling: Biogeochemical Cycles in Rivers*. CRC Press, Boca Raton, Floryda.
- MCCUTCHEON S.C., MARTIN J.L., BARNWELL T.O. 1992. *Water quality*. [w:] Hand-  
book of Hydrology, red. D.R. Maidment, McGraw-Hill, Inc., Nowy Jork.
- McDOWELL L.L., WILLIS G.H., MURPHREE C.E. 1984: *Plant nutrient yields in runoff from a Mississippi Delta watershed*. Trans. ASAE; 1059–1066, 1073.
- NG H.Y.F., MAYER T., MARSALEK J. 1993: *Phosphorus transport in runoff from a small agricultural watershed*. Wat. Sci. Tech. „Diffuse Pollution”, red. H. Olem, Vol. 28; 451–460.
- ROMAN M. 1989: *Ewolucja zasad klasyfikacji wód powierzchniowych i warunków odprowadzania do nich ścieków w Polsce*. Mat. na symp. „Metody badań i oceny jakości wód powierzchniowych”, Polski Komitet ds. IAWPRC przy IMiGW, Warszawa, 5–35.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 9.06.1970 r. w sprawie norm dopuszczalnych zanieczyszczeń i warunków wprowadzania ścieków do wody i do zlewni. Dz. U. nr 17 z 1970 r., poz. 144.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 29.11.1975 r. w sprawie klasyfikacji wód, warunków jakim powinny odpowiadać ścieki oraz kar pieniężnych za naruszanie tych warunków. Dz. U. nr 41 z 1975 r., poz. 214.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 21.12.1987 r. w sprawie klasyfikacji wód, warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki oraz kar pieniężnych za naruszanie tych warunków. Dz. U. nr 4, poz. 248.
- Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dn. 5.11.1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi. Dz. U. nr 116 z 1991 r., poz. 503.

### Adresy autorów

K. Banasik  
Katedra Budownictwa Wodnego SGGW  
02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166  
E. Rudzka, A. Śmietanka  
Laboratorium Jakości Wody i Ścieków  
ZTS PRONIT, Pionki