

Paweł SKONIECZEK<sup>1</sup>, Józef KOC<sup>2</sup> i Marcin DUDA<sup>2</sup>

## WPLYW ZBIORNIKÓW RETENCYJNYCH W OCHRONIE JEZIOR PRZED ZANIECZYSZCZENIAMI SPŁYWAJĄCYMI Z OBSZARÓW WIEJSKICH

### EFFECT OF RETENTION RESERVOIRS IN PROTECTING LAKES FROM RUNOFF POLLUTION IN RURAL AREAS

**Abstrakt:** Badania nad wpływem zbiornika retencyjnego w ochronie jezior przed spływem zanieczyszczeń ze zlewni rolniczych prowadzono w okresie dwóch lat hydrologicznych 2005/2006. Do badań szczegółowych wytypowano zbiornik retencyjny znajdujący się w dolinie końcowego biegu strugi Sząbruk położonej w północno-wschodniej Polsce, w makroregionie Pojezierza Mazurskiego i mezoregionie Pojezierza Olsztyńskiego. Badana zlewnia składa się z części leśnej i rolniczej. W dolnej części strugi Sząbruk znajduje się zbiornik retencyjny zamknięty groblą i mniczem. Odływ ze zbiornika kierowany jest końcowym odcinkiem strugi Sząbruk do Jeziora Wulpińskiego. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, iż średnie stężenie suchej masy, substancji mineralnych oraz  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  w wodach odpływających z badanych zlewni cząstkowych zależało od sposobu i intensyfikacji użytkowania, w zlewniach rolniczych były wyższe niż w odpływie ze zlewni leśnych. W wyniku przepływu wody przez zbiornik retencyjny następował spadek stężenia suchej masy, substancji mineralnych oraz  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  względem zlewni rolniczych, będących przyczyną zanieczyszczeń obszarowych. Ładunek suchej masy, substancji mineralnych,  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  odprowadzany z obszaru zlewni był uzależniony od sposobu jej zagospodarowania. Największy odpływ ładunku badanych wskaźników z jednostki powierzchni stwierdzono w zlewni rolniczych. Zbiornik retencyjny tworzy skuteczną barierę dla zanieczyszczeń obszarowych, redukując ładunek suchej masy o 91%, substancji mineralnych o 92%,  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$  o 88%.

**Słowa kluczowe:** zbiornik retencyjny, redukcja zanieczyszczeń

## Wprowadzenie

W krajobrazie rolniczym za największe zagrożenie jakości wody uważa się spływy powierzchniowe i podziemne biogenów z pól uprawnych [1, 2]. Ilość wynoszonych ze zlewni pierwiastków biogenych zależy także od sposobu jej użytkowania, udziału pól w całkowitej powierzchni zlewni oraz intensywności rolnictwa, w tym wielkości nawożenia [3, 4]. Stosowanie dużych ilości nawozów mineralnych i organicznych prowadzi do wzbogacenia gleb w składniki pokarmowe. Rośliny nie są w stanie ich w pełni wykorzystać, a ich nadmiar poprzez spływ powierzchniowy bądź z wodami gruntowymi dostaje się do jezior. Obszary rolnicze, obok przemysłu i gospodarki komunalnej, są przedstawiane jako jedno z głównych źródeł eutrofizacji wód. Jedną z metod ograniczenia spływu biogenów jest tworzenie barier biogeochemicznych dla spływających zanieczyszczeń i biogenów poprzez budowę zbiorników retencyjnych wykorzystywanych również jako stawy. Proces samooczyszczania zachodzący w zbiorniku retencyjnym polega na przekształceniu związków organicznych w związki nieorganiczne, przy udziale bakterii,

<sup>1</sup> Zakład Technologii Produkcji Roślin Okopowych, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin - PIB, ul. Powstańców Wielkopolskich 10, 85-090 Bydgoszcz, tel. 52 581 69 20, email: p.skonieczek@ihar.bydgoszcz.pl

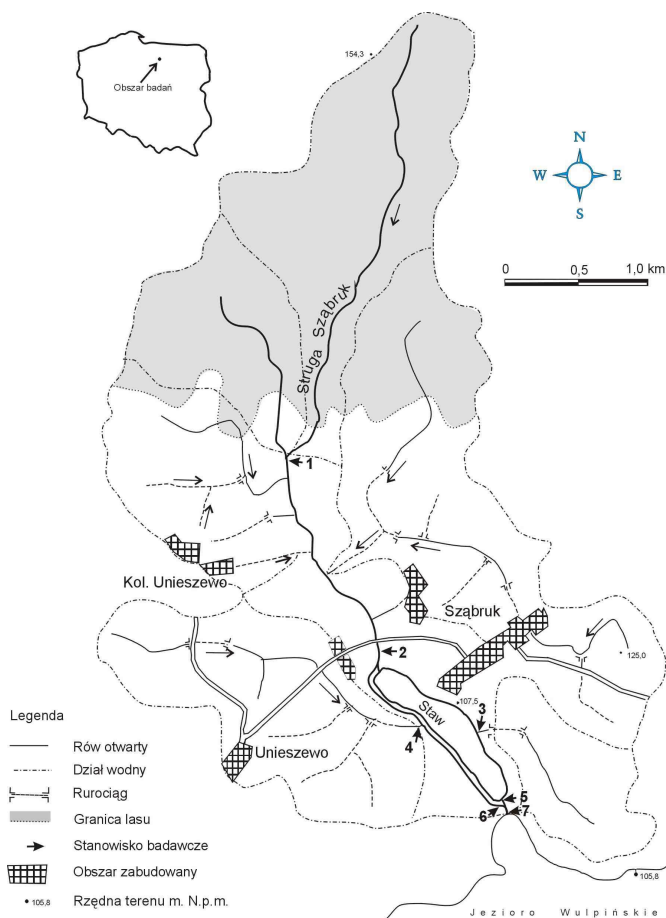
<sup>2</sup> Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, pl. Łódzki 2, 10-719 Olsztyn, tel. 89 523 38 97, email: katemel@uwm.edu.pl

kosztem pobierania z wody tlenu [5, 6] oraz na zatrzymaniu i przechwyceniu zanieczyszczeń przez roślinność wodną [7].

Celem niniejszej pracy było wykazanie znaczenia funkcjonowania zbiornika retencyjnego jako bariery przechwytyjącej zanieczyszczenia pochodzenia antropogenego (sucha masa, substancje mineralne,  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$ ) przenikające do wód powierzchniowych z obszaru zlewni rolniczej oraz określenie roli tego zbiornika w ochronie pobliskiego jeziora.

## Material i metody

Badania nad znaczeniem zbiornika retencyjnego w przemieszczaniu substancji niesionych z wodą w zlewni rolniczej prowadzono w okresie dwóch lat hydrologicznych 2005/2006.



Rys. 1. Lokalizacja stanowisk badawczych w zlewni strugi Sząbruk

Fig. 1. Location of study sites on the Sząbruk stream

Do badań szczegółowych wytypowano zbiornik retencyjny położony w dolinie końcowego biegu strugi Sząbruk zlokalizowanej w północno-wschodniej Polsce, w makroregionie Pojezierza Mazurskiego i mezoregionie Pojezierza Olsztyńskiego. Zlewnia strugi Sząbruk składa się z części leśnej i rolniczej. Powierzchnia zlewni wynosi 13,2 km<sup>2</sup>, w tym część zalesiona - 4,4 km<sup>2</sup>, co stanowi 33% całkowitej powierzchni zlewni. Do czerwca 2005 r. odprowadzane były do strugi ścieki z 2 podczyszczalni ścieków. W dolnej części doliny strugi Sząbruk znajduje się zbiornik retencyjny wykonany przed 30 laty. Odpływ został zamknięty groblą i mniczem, tworząc zbiornik retencyjny o powierzchni 24,80 ha i maksymalnej głębokości 1,51 m. Odpływ ze zbiornika kierowany jest końcowym odcinkiem strugi Sząbruk do Jeziora Wulpińskiego, w którym wody ze zbiornika i rowu opaskowego mieszają się.

Prowadzone badania obejmowały pomiary hydrologiczne oraz analizy laboratoryjne. Pomiary przepływu wykonywano poniżej zlewni leśnej, na dopływie do stawu i rowu opaskowego, na odpływie ze zbiornika i rowu opaskowego oraz na dopływie do Jeziora Wulpińskiego. Mierzono również odpływy z dwóch zlewni drenarskich, zasilających bezpośrednio zbiornik retencyjny i rów opaskowy. Pomiary wykonywano raz w tygodniu przy użyciu elektromagnetycznego miernika przepływu firmy VALEPORT, przy małym przepływie (poniżej 2 dm<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>) stosowano metodę wolumetryczną. Próbkę wód do analiz fizykochemicznych pobierano raz na dwa miesiące z 7 wybranych stanowisk (rys. 1) i oznaczano w nich: suchą masę (sucha pozostałość) - metodą suszenia w temperaturze 105°C, substancję mineralną (pozostałość po prażeniu) - metodą prażenia w temp. 550°C, chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT<sub>Cr</sub>) - metodą dwuchromianową. Badania te wykonywano zgodnie z ogólnie przyjętymi metodami [8].

Ładunki substancji odpływających ze zlewni, rowu opaskowego i stawu obliczono jako sumę iloczynu ich zawartości w wodach i odpowiadających im średnich miesięcznych przepływów.

## Wyniki badań

W wyniku przeprowadzonych badań zauważono, iż stężenie suchej masy, substancji mineralnych oraz ChZT<sub>Cr</sub> analizowane w poszczególnych odcinkach strugi Sząbruk, na dopływie i odpływie ze zbiornika retencyjnego, rowie opaskowym oraz dopływie do Jeziora Wulpińskiego było w dużym stopniu zróżnicowane i zależało od rodzaju poszczególnych zlewni cząstkowych.

Na podstawie średnich stężeń suchej masy, substancji mineralnych i ChZT<sub>Cr</sub> (tab. 1) oraz po obliczeniu średnich przepływów w poszczególnych punktach badawczych sporządzono tabelaryczne zestawienie średnich ładunków i ładunków jednostkowych (tab. 2).

Wody strugi Sząbruk powyżej zbiornika retencyjnego zostały podzielone, w wyniku czego część wód płynęła bezpośrednio do zbiornika, a część do rowu opaskowego, do zbiornika retencyjnego dopływało 6003 mg · s<sup>-1</sup> suchej masy, 4105 mg · s<sup>-1</sup> substancji mineralnych oraz 459 mg O<sub>2</sub> · s<sup>-1</sup> ChZT<sub>Cr</sub>, pozostałe 1676 mg · s<sup>-1</sup> suchej masy, 809 mg · s<sup>-1</sup> substancji mineralnych i ChZT<sub>Cr</sub> w ilości 124 mg O<sub>2</sub> · s<sup>-1</sup> trafiało do rowu opaskowego. Ze zbiornika retencyjnego odpływało 853 mg · s<sup>-1</sup> suchej masy, 515 mg · s<sup>-1</sup> substancji mineralnych i ChZT<sub>Cr</sub> w ilości 82 mg O<sub>2</sub> · s<sup>-1</sup>. Biorąc pod uwagę, iż do zbiornika

dopływał dodatkowo ładunek z sieci drenarskiej w ilości  $2261 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1}$  suchej masy,  $1823 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1}$  substancji mineralnych oraz  $122 \text{ mg O}_2 \cdot \text{s}^{-1}$  ChZT<sub>Cr</sub>, redukcja ładunku wynosiła: 91% suchej masy, 92% substancji mineralnych i 88% ChZT<sub>Cr</sub>.

Tabela 1

Średnie stężenie suchej masy, substancji mineralnych oraz średnie wartości ChZT<sub>Cr</sub> w poszczególnych punktach badawczych

Table 1

The average concentrations of dry matter and mineral matter, and the average values of COD<sub>Cr</sub> at sampling sites

Nr stano-wiska	Wyszczególnienie	Sucha masa [mg · dm <sup>-3</sup> ]	Substancja mineralna [mg · dm <sup>-3</sup> ]	ChZT <sub>Cr</sub> [mgO <sub>2</sub> · dm <sup>-3</sup> ]
1	Struga Sząbruk poniżej zlewni leśnej	233	161	12,6
2	Struga Sząbruk powyżej zbiornika retencyjnego	286	183	21,7
3	Dopływ ze zlewni drenarskiej do zbiornika (zlewnia rolnicza)	635	512	34,4
4	Dopływ ze zlewni drenarskiej do rowu opaskowego (zlewnia rolnicza)	656	572	38,7
5	Odpyływ ze zbiornika retencyjnego	275	166	26,4
6	Odpyływ z rowu opaskowego	470	386	34,2
7	Dopływ do Jeziora Wulpińskiego	317	229	29,9

Tabela 2

Średnie ładunki i ładunki jednostkowe suchej masy, substancji organicznej i ChZT<sub>Cr</sub>

Table 2

Average and unit loads of dry matter, organic substance and COD<sub>Cr</sub>

Nr	Wyszczególnienie	Średni ładunek [mg · s <sup>-1</sup> ]			Ładunek jednostkowy [kg · ha <sup>-1</sup> · rok <sup>-1</sup> ]		
		Sucha masa	Substancja mineralna	ChZT <sub>Cr</sub> *	Sucha masa	Substancja mineralna	ChZT <sub>Cr</sub> **
1	Struga Sząbruk poniżej zlewni leśnej	1864	1288	101	443	305	24
2	Struga Sząbruk powyżej zbiornika retencyjnego	7679	4914	583	252	161	19
3	Dopływ ze zlewni drenarskiej do zbiornika (zlewnia rolnicza)	2261	1823	122	865	698	47
4	Dopływ ze zlewni drenarskiej do rowu opaskowego (zlewnia rolnicza)	3523	3072	208	524	457	31
5	Odpyływ ze zbiornika retencyjnego	853	515	82	-	-	-
6	Odpyływ z rowu opaskowego	7213	5924	525	-	-	-
7	Dopływ do Jeziora Wulpińskiego	8066	6439	607	135	97	13

\* mgO<sub>2</sub> · s<sup>-1</sup>; \*\* kg O<sub>2</sub> · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup>

W rowie opaskowym, zasilanym znacznym ładunkiem zanieczyszczeń spływających ze zlewni typowo rolniczej, nastąpił wzrost o 77% suchej masy, 86% substancji mineralnych i 76% ChZT<sub>Cr</sub> względem dopływającej do niego wody ze strugi.

W wyniku funkcjonowania układu zbiornik retencyjny i rów opaskowy do Jeziora Wulpińskiego w ciągu badanego okresu wpływało:  $8066 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1}$  suchej masy,  $6439 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1}$  substancji mineralnych oraz  $607 \text{ mg O}_2 \cdot \text{s}^{-1}$  ChZT<sub>Cr</sub>, z czego ładunek jednostkowy suchej masy wynosił  $135 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ , substancji mineralnych  $97 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  i ChZT<sub>Cr</sub>  $13 \text{ kg O}_2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ .

### Wnioski

1. Średnie stężenie suchej masy, substancji mineralnych oraz ChZT<sub>Cr</sub> w wodach odpływających ze zlewni cząstkowych zależy od sposobu i intensyfikacji użytkowania, w przypadku zlewni rolniczych odwadnianych siecią drenarską były wyższe niż w przypadku odpływu ze zlewni leśnych.
2. Ładunek suchej masy, substancji mineralnych, ChZT<sub>Cr</sub> odprowadzany z obszaru zlewni był uzależniony od sposobu jej zagospodarowania. Największym dopływem badanych parametrów z jednostki powierzchni charakteryzowała się zdrenowana zlewnia rolnicza, dostarczając  $865 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  suchej masy,  $698 \text{ mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  substancji mineralnych  $47 \text{ mg O}_2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  ChZT<sub>Cr</sub>.
3. W wyniku przepływu wody przez zbiornik retencyjny następował spadek stężenia suchej masy o 91%, substancji mineralnych 92%, oraz 88% ChZT<sub>Cr</sub> w stosunku do dopływów.

### Literatura

- [1] Koc J, Nowicki Z. Przyrodnicze i Techniczne Problemy Ochrony i Kształtowania Środowiska Rolniczego. 1997;91-97.
- [2] Kajak Z. Hydrologia-Limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych. Warszawa: Wyd Nauk PWN; 2001.
- [3] Koc J. Roczn AR Poznań. 1998;307(52):101-106.
- [4] Koc J, Skwierawski A. Zesz Probl Post Nauk Roln. 2004;499:125-130.
- [5] Stańczykowska A. Ekologia naszych wód. Warszawa: WSiP; 1997.
- [6] Koc J, Tucholski S, Skonieczek P. Zesz Probl Nauk Roln. 2004;499:135-142.
- [7] Wiater J. J Elementol. 2005;10(3):843-849.
- [8] Hermanowicz W, Dojlido J, Dożańska W, Koziorowski B, Zerze J. Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Warszawa: Arkady; 1999.

## EFFECT OF RETENTION RESERVOIRS IN PROTECTING LAKES FROM RUNOFF POLLUTION IN RURAL AREAS

Department of Land Improvement and Environmental Protection, University of Warmia and Mazury in Olsztyn

**Abstract:** The effect of a retention reservoir in lakes protection against the runoff from agricultural catchments was studied during two hydrological years 2005/2006. Detailed investigations were carried out on a retention reservoir situated in a valley, in the lower course of the Szabruk stream in north-eastern Poland, in the Masurian Lakeland macroregion and the Olsztyn Lakeland mesoregion. The catchment area of the Szabruk stream consists of an agricultural and an afforested part. The retention reservoir located in the lower course of the Szabruk stream is enclosed by a dike and is equipped with an outlet box. The outflow from the reservoir passes through the terminal section of the Szabruk stream to Lake Wulpińskie. The average concentrations of dry matter and mineral matter, and the average values of COD<sub>Cr</sub> in the outflow from the studied catchment were determined by the type and intensity of land use, and they were higher in the agricultural catchment than in the afforested catchment. The concentrations of dry matter and mineral matter, and the values of COD<sub>Cr</sub> decreased following the passage of the stream's waters through the retention reservoir, compared with the agricultural catchment. The loads of dry matter,

mineral matter and COD<sub>Cr</sub> in the outflow from the analyzed catchment were determined by the type of land use. The highest unit loads were noted in the agricultural catchment. The retention reservoir was found to be an effective barrier to pollutants, reducing the loads of dry matter (by 91%), mineral matter (by 92%) and COD<sub>Cr</sub> (by 88%).

**Keywords:** retention reservoir, reduction of pollutants