

Katarzyna SOBCZYŃSKA-WÓJCIK<sup>1</sup>

## JAKOŚĆ WÓD ODTWORZONEGO ZBIORNIKA NOWE WŁÓKI JAKO WSKAŹNIK SKUTECZNOŚCI TEGO ZABIEGU

### QUALITY OF WATERS OF THE RESTORED NOWE WŁÓKI RESERVOIR AS AN INDICATOR OF THE EFFECTIVENESS OF RESTORATION

**Abstrakt:** Badano dynamikę zmian jakości wody w czasie trzyletnich obserwacji w latach 2005-2007 w odtworzonym, przepływowym zbiorniku wodnym na terenach rolniczych. Analiza zawartości składników chemicznych i parametrów fizycznych posłużyła do określenia stopnia zaawansowania trofii w jeziorze po 25 latach od jego odtworzenia. Próbkę wody do badań laboratoryjnych pobierano raz w miesiącu przez trzy lata. Analizy laboratoryjne wykonywano według powszechnie stosowanej metodyki. Jezioro Nowe Włóki w 25 lat po jego odtworzeniu funkcjonuje jako stabilny ekosystem, którego wody wg kryteriów Kudelskiej należały do II i III klasy jakości, co wskazuje, że odtwarzanie jezior jest racjonalne i może przyczynić się do poprawy zasobów wodnych kraju.

**Słowa kluczowe:** renaturyzacja zbiorników, wskaźniki fizykochemiczne, trofia

Opanowanie nadmiernego spływu związków biogenych wprowadzanych do jezior z użytkowanych rolniczo zlewni wymaga wielu zabiegów, obejmujących wprowadzanie agrotechniki dostosowanej do zróżnicowanej rzeźby obszarów polodowcowych oraz zaprzestanie likwidacji zagłębień śródpolnych, licznie występujących w krajobrazie młodogłacjalnym [1].

Działania planistyczne powinny zmierzać zarówno do tworzenia nowych zbiorników w krajobrazie, jak również przywracania akwenów istniejących dawniej, a z różnych przyczyn zlikwidowanych [2].

Wśród metod przywracania utraconej sprawności funkcjonowania ekosystemów zdegradowanych w wyniku niewłaściwej, rabunkowej gospodarki ludzkiej szczególnie dużą popularność zarówno wśród przyrodników, jak i osób zajmujących się planowaniem przestrzennym zdobywają koncepcje renaturyzacji. Działania te sprowadzają się do spontanicznego lub stymulowanego przywrócenia elementom struktury możliwie zbliżonej do stanu przed ich antropogenną degradacją [3].

Celem przeprowadzonych badań było określenie dynamiki zmian jakości wody w czasie trzyletnich obserwacji w latach 2005-2007 w odtworzonym, przepływowym zbiorniku wodnym na terenach rolniczych. Analiza zawartości składników chemicznych i parametrów fizycznych ma posłużyć do określenia stopnia zaawansowania trofii w jeziorze po 25 latach od jego odtworzenia.

#### **Materiał i metody badań**

Badaniami objęto jezioro Nowe Włóki, które zostało zlikwidowane przez obniżenie poziomu wód w XIX wieku, a następnie odtworzone na początku lat 80. XX wieku. Położone jest ono nieopodal miejscowości, od której pochodzi jego nazwa, około 25 km na

<sup>1</sup> Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, pl. Łódzki 2, 10-759 Olsztyn, tel. 89 523 39 92, email: ksw@uwm.edu.pl

północ od Olsztyna, na terenie należącym do gminy Dywity. Gmina ma krajobraz typowy dla obszaru południowego.

Jezioro Nowe Włóki jest zbiornikiem przepływowym, przy czym dopływ wody odnotowywano okresowo, co było podyktowane zmiennymi warunkami meteorologicznymi.

Podczas trzyletnich prac badawczych na gruntach ornych leżących w zlewni jeziora Nowe Włóki były uprawiane: owies na ziarno - w 2005 r., rzepak ozimy - w 2006 r. i pszenżyto ozime - w 2007 r.

Próbki wody do badań laboratoryjnych pobierano raz w miesiącu przez okres trzech lat (2005-2007). Miejsca pobierania zlokalizowano w dwóch punktach ze względu na charakter zbiornika, który składa się z zatoki północnej i południowej. Badania obejmowały analizy wskaźników jakości wody: fosfor ogólny, fosforanowy, mineralne formy azotu, wapń, sod, potas oraz chlorki. Oznaczono także chemiczne zapotrzebowanie na tlen, przewodność elektrolityczną, odczyn (pH), stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie, suchą pozostałość i pozostałość po prażeniu oraz barwę i mętność wody. Analizy laboratoryjne wykonywano według powszechnie stosowanej metodyki Hermanowicza i in. [4]. Skład gatunkowy roślinności oznaczano w terenie na podstawie klucza Rutkowskiego [5].

### Wyniki i ich omówienie

Ilość substancji rozpuszczonych w wodach jeziora Nowe Włóki była bardzo zróżnicowana. Największe różnice i zmienność w ciągu całego okresu badawczego odnotowano w przypadku składników (azot amonowy, azot azotanowy, azot azotynowy oraz fosforany, fosfor ogólny), których zawartość wiąże się z przemianami zachodzącymi w samym zbiorniku oraz z rolniczym użytkowaniem gleby - stosowanym nawożeniem (tab. 1).

Zatoka północna charakteryzowała się znacznie większymi stężeniami suchej pozostałości, pozostałości po prażeniu oraz  $P_{og}$  i  $P-PO_4$ , co może świadczyć o znaczącej roli alochtonicznych źródeł fosforu, wśród których spływy powierzchniowe z terenów zabudowanych zaliczane są do najważniejszych. Ta część jeziora usytuowana jest na terenie zlewni, gdzie występują budynki gospodarcze. Stosunkowo duże stężenia fosforu ogólnego (średnio  $0,26 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  w części południowej i  $0,35 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  w północnej), na poziomie hipertrofii Nurnberga [6], wyraźnie wskazują na stan przeżyźnienia omawianego obiektu. Przy tak dużych stężeniach można już mówić o całkowitym zaniku mechanizmów samoregulacji poziomu produkcji pierwotnej poprzez ograniczenie dostępności fosforu w środowisku [7]. Duża zmienność składników pokarmowych wynikała również z faktu intensywności pobierania ich przez roślinność wodną (mozga trzciniowata, trzcina pospolita, skrzyp bagienny, pałka szerokolistna, fitoplankton) i lądową, licznie występującą w zbiorniku, bądź zmniejszonej sorpcji biologicznej.

W ciągu trzyletnich badań najmniejszą zmienność i małą zawartość miały składniki rozpuszczalne (Na, K, Cl) oraz odczyn pH i przewodność elektrolityczna. Wartości tych parametrów były bardzo zbliżone do wartości odnotowywanych dla małych zbiorników wodnych Pojezierza Olsztyńskiego, usytuowanych w zlewniach odłogowanych. Konfrontując natomiast te dane ze stężeniami występującymi w wodach na terenach użytkowanych ornie, są one odpowiednio 3-krotnie mniejsze dla sodu, 6-krotnie dla potasu

i 2-krotnie dla chloru [8], co może być skutkiem braku wykorzystania badanej zlewni pod względem rolniczym we wcześniejszych latach.

Tabela 1  
Zmienność wartości wskaźników jakości wody jeziora Nowe Włóki w latach 2005-2007

Wskaźnik/ Indicator	Basen główny/Main basin				Zatoka północna/Northern bay			
	Rok/Year				Rok/Year			
	2005	2006	2007	Średnia/Average 2005-2007	2005	2006	2007	Średnia/Average 2005-2007
Sucha pozostaość/Dry residue [mg·dm <sup>-3</sup> ]	220	211	198	210	246	235	225	235
				140÷348*				184÷332*
Pozostaość po prażeniu Residue after roasting [mg·dm <sup>-3</sup> ]	145	136	109	130	168	160	142	157
				48÷299*				60÷300*
Przewodność elektrolityczna Electrolytic conductance [μS·dm <sup>-3</sup> ]	265	269	222	252	319	284	272	292
				110÷331*				101÷368*
ChZT <sub>Cr</sub> Chemical demand for oxygen Cr	61,5	56,5	54,6	57,5	53,4	59,4	44,2	52,3
				37,4÷142,3*				25,6÷136,0*
Tlen rozpuszczony Dissolved oxygen [mg·dm <sup>-3</sup> ]	10,0	9,5	11,1	10,2	9,9	9,2	11,2	10,1
				6,8÷13,3*				2,8÷15,4*
Odczyn pH pH reaction	8,2	7,8	8,1	8,0	8,3	8,0	8,2	8,2
				7,1÷9,2*				7,3÷9,0*
Mętność Opacity [FTU]	10	13	12	11,6	7	9	8	8,0
				2÷48*				1÷31*
Barwa Colour [mg Pt·dm <sup>-3</sup> ]	133	102	131	122	113	115	101	110
				43÷261*				48÷167*
N-NH <sub>4</sub> [mg·dm <sup>-3</sup> ]	0,29	0,28	0,15	0,24	0,23	0,50	0,10	0,28
				0,02÷1,06*				0,02÷0,89*
N-NO <sub>3</sub> [mg·dm <sup>-3</sup> ]	0,11	0,08	0,12	0,10	0,16	0,12	0,21	0,16
				0,02÷0,22*				0,03÷0,74*
N-NO <sub>2</sub> [mg·dm <sup>-3</sup> ]	0,006	0,014	0,004	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
				0,0004÷0,078*				0,001÷0,016*
N <sub>mineralny</sub> Mineral N [mg·dm <sup>-3</sup> ]	0,40	0,36	0,27	0,27÷0,47	0,34	0,39	0,62	0,34÷0,62
				0,34				0,45
P-PO <sub>4</sub> [mg·dm <sup>-3</sup> ]	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,12	0,02	0,06
				0,002÷0,08*				0,003÷1,07*
P <sub>ogólny</sub> [mg·dm <sup>-3</sup> ]	0,21	0,22	0,35	0,26	0,26	0,38	0,41	0,35
				0,04÷0,78*				0,04÷2,27*
K [mg·dm <sup>-3</sup> ]	4,1	2,4	2,4	3,0	3,9	4,1	3,6	3,9
				0,9÷17,4*				1,0÷4,9*
Ca [mg·dm <sup>-3</sup> ]	42,8	42,5	42,8	42,7	51,6	44,5	52,2	49,4
				25,2÷79,2*				22,3÷116,0*
Na [mg·dm <sup>-3</sup> ]	4,7	4,4	3,7	4,3	5,2	5,1	4,3	4,9
				3,2÷9,6*				2,1÷6,3*
Cl <sup>-</sup> [mg·dm <sup>-3</sup> ]	6	7,5	8	7,2	6	7,3	8	7,1
				5÷17*				4÷10*

\* Zakres wartości max i min., N<sub>mineralny</sub> = (NH<sub>4</sub> + N-NO<sub>3</sub>)

Tabela 2

Jakość badanych wód w latach 2005-2007 wg kryteriów oceny wód jeziornych (wytyczne Kudelska i in., 1994)

Wskaźniki Indicator	Pora roku oraz miejsce pobrania Season and sampling site	Jezioro Nowe Włóki/Nowe Włóki Lake											
		Płoso główne południowe Main southern basin		Zatoka północna Northern bay		Płoso główne południowe Main southern basin		Zatoka północna Northern bay		Płoso główne południowe Main southern basin		Zatoka północna Northern bay	
		2005				2006				2007			
		war- tość value	pkt pts	war- tość value	pkt pts	war- tość value	pkt pts	war- tość value	pkt pts	war- tość value	pkt pts	war- tość value	pkt pts
Tlen rozpuszczony Dissolved oxygen [mg·dm <sup>-3</sup> ]	Lato - war- stwa naddena Summer - the bottom stratum	10,56	2	7,83	2	9,85	2	9,95	2	10,67	2	10,15	2
ChZT <sub>Cr</sub> Chemical demand for oxygen <sub>Cr</sub> [mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup> ]	Lato - warstwa po- wierzchniowa Summer - the surface stratum	75,6	4	35,6	3	52,5	4	49,9	3	56,8	4	51,0	4
Fosforany Phosphates [mg P-PO <sub>4</sub> ·dm <sup>-3</sup> ]	Wiosna - warstwa naddenna Spring - the bottom stratum	0,027	2	0,077	3	0,053	3	0,041	3	0,020	1	0,011	1
Fosfor całkowity Total phosphorus [mg P·dm <sup>-3</sup> ]	Wiosna i Lato(śr) - warstwa pow. Spring and summer (average) - the surface stratum	0,195	3	0,225	4	0,267	4	0,205	4	0,321	4	0,455	4
N <sub>mineralny</sub> Mineral N [mg·dm <sup>-3</sup> ]	Wiosna - warstwa pow. Spring - the surface stratum	0,403	3	0,340	2	0,173	1	0,253	2	0,184	1	0,293	2
Przewodność elektrolityczna Electrolytic conductance [μS·cm <sup>-1</sup> ]	Wiosna - warstwa pow. Spring - the surface stratum	278	2	347	3	229	1	258	2	228	1	287	2
Średnia punktacja Average score		2,7		2,8		2,5		2,7		2,2		2,5	
Klasa czystości Water quality class		<b>II</b>		<b>III</b>		<b>II</b>		<b>III</b>		<b>II</b>		<b>II</b>	

N<sub>mineralny</sub>/Mineral N-NH<sub>4</sub> + N-NO<sub>3</sub>

Jednakże mineralizacja wody mierzona jako przewodność, wynosząca średnio  $252 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  w basenie głównym i  $235 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  w zatoce północnej, w stosunku do jezior północnej Polski [9] była mniejsza (dla jezior  $320 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Natomiast średnie stężenie wapnia (odpowiednio 42,7 i 49,4  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) było nieco wyższe od przeciętnych odnotowywanych dla większości jezior północnej Polski. Duże wahania tego składnika wiążą się z możliwością jego wytrącania oraz spływem z obszarów zlewni. Maksymalną wartość 116  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  odnotowano dla zatoki północnej w kwietniu 2007 roku, który był rokiem wilgotnym.

Bardzo małe zróżnicowanie wskaźników (sucha pozostałość, popiół oraz ChZT) w ciągu kolejnych lat, co potwierdza odchylenie standardowe, wskazywałoby na stabilny charakter zbiornika.

W ciągu całego okresu badawczego woda w zatoce północnej miała większe wartości wskaźników decydujących o jej jakości (średnia od 2,5 do 2,8), co należy tłumaczyć mało korzystnym sposobem użytkowania terenu w tej części zlewni - obecność zabudowań wiejskich (tab. 2).

W 2007 roku całe jezioro zaliczono do II klasy jakości, należy to utożsamiać z rokiem wilgotnym, a tym samym z wysokimi stanami wód (wówczas poziom wody był wyższy o około 14 cm), w efekcie czego mogło nastąpić rozcieńczenie wodami opadowymi. Mimo iż stężenia P i N, dwóch głównych składników przyczyniających się do degradacji zbiorników wodnych, wskazują, według kryteriów Nurnberga [6], na stan hipertrofii.

Badania wykazały, że takie wskaźniki, jak: ChZT, sucha pozostałość, popiół, potas, wykazywały niewielką tendencję spadkową w kolejnych latach badań. Natomiast  $\text{N-NH}_4$ ,  $\text{N-NO}_2$ ,  $\text{PO}_4$  miały głównie charakter zmian tylko sezonowych. Pozostałe parametry miały niewielkie różnice w ciągu trzech kolejnych lat. Jezioro Nowe Włóki w 25 lat po jego odtworzeniu funkcjonuje jako stabilny ekosystem, którego wody wg kryteriów Kudelskiej [10] należały do II i III klasy jakości, co wskazuje, że odtwarzanie jezior jest racjonalne i może przyczyniać się do poprawy zasobów wodnych kraju (tabele 1, 2).

## Wnioski

1. W ciągu 3 lat badań jakości wód odtworzonego jeziora stwierdzono, że wartości ChZT, przewodności elektrolitycznej, pozostałości po prażeniu, potasu i sodu wykazywały tendencję spadkową. Największą zmienność odnotowano dla wszystkich form azotu i fosforu.
2. Stężenia N i P, dwóch głównych składników przyczyniających się do degradacji zbiorników wodnych, wskazują na stan hipertrofii odtworzonego zbiornika.
3. Zagrożeniem dla jakości wód jeziora Nowe Włóki, podobnie jak dla innych jezior polimiktycznych, są zwiększone spływy powierzchniowe ze zlewni oraz mieszanie się wód, które powoduje dyspersję osadów dennych i przechodzenie biogenów do wody.
4. Spośród badanych wskaźników  $\text{P}_{\text{og}}$  i ChZT (zarówno w części północnej i południowej jeziora) w całym okresie badawczym wpływały na pogorszenie jakości wód określonej wg wytycznych monitoringu jezior.
5. Jezioro Nowe Włóki, w 25 lat po jego odtworzeniu, funkcjonuje jako stabilny ekosystem, którego wody należały do III/II klasy jakości, co wskazuje, że odtwarzanie jezior jest racjonalne i może przyczyniać się do poprawy zasobów wodnych kraju.

## Podziękowanie

Praca zrealizowana w ramach projektu badawczego finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego numer NN 305267934.

## Literatura

- [1] Lossow K. i Więclawski F.: *Migracja podstawowych pierwiastków pożywkowych z gleb, użytkowanych rolniczo do wód powierzchniowych*. Biul. Inform. ART, Olsztyn, 1991, **31**, 123-133.
- [2] Koc J., Sobczyńska-Wójcik K. i Skwierawski A.: *Azot w wodzie odtworzonego zbiornika na obszarach wiejskich*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 2006, (513), 217-226.
- [3] Puchalski W.: *Perspektywy rekultywacji wód: Unaturalnianie struktur czy optymalizacja funkcjonalna*. Przegł. Przyrod., 1996, **VII**(3-4), 187-198.
- [4] Hermanowicz W., Dojlido J., Dożańska W., Koziorowski B. i Zerbe J.: *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*. Wyd. Arkady, Warszawa 1999.
- [5] Rutkowski L.: *Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej*. WN PWN, Warszawa 1998.
- [6] Nurnberg, G.K.: *Trophic state of clear and colored, soft- and hard-water lakes with special consideration of nutrients, anoxia, phytoplankton and fish*. Lakes Reser. Manage., 1996, **12**, 432-447.
- [7] Sobczyńska-Wójcik K. i Skwierawski A.: *Dynamics of phosphorus concentrations in the Walters of recreated reservoirs in rural areas*. Ecol. Chem. Eng., 2007, **14**(12), 1261-1270.
- [8] Skwierawski A. i Szyperek U.: *Wpływ rolnictwa na jakość wody w małych zbiornikach wodnych Pojezierza Olsztyńskiego*. Fragm. Agronom., 2002, **XIX**(2[74]), 233-244.
- [9] Korycka A.: *Charakterystyka chemicznego składu w jeziorach północnej Polski*. Roczn. Nauk Roln., ser. H, 1989, (3[102]), 7-12.
- [10] Kudelska D., Cydzik D. i Soszka H.: *Wytyczne monitoringu podstawowego jezior*. PIOŚ, Bibl. Monitor. Środow., Warszawa 1994.

## QUALITY OF WATERS OF THE RESTORED NOWE WŁÓKI RESERVOIR AS AN INDICATOR OF THE EFFECTIVENESS OF RESTORATION

**Abstract:** The aim of the research was to establish the dynamics of the changes in water quality during three-year observations in the years 2005-2007 in a restored flow-through reservoir situated on agricultural lands. The purpose of the analysis of the content of chemical ingredients is to determine the advancement of trophism in the lake 25 years after its restoration. Water samples for the laboratory tests were collected once a month for three years. The laboratory analyses were conducted according to the generally used methodology of Hermanowicz et al. Nowe Włóki Lake, 25 years after its restoration, functions as a stable ecosystem whose waters according to the criteria established by Kudelska were classified as quality class II and II. It proves that restoration of lakes is rational and can contribute to the improvement of the country's water supplies.

**Keywords:** renaturalisation of reservoirs, physical and chemical indicators, trophism