

Analiza warunków rekreacji w zbiorniku Tresna na podstawie oceny stanu żyzności wody zbiornikowej

Analysis of the recreation conditions in the Tresna reservoir based on the assessment of the fertility state of reservoir water

EWA JACHNIAK

DOI 10.36119/15.2023.12.23

Celem badań była analiza warunków rekreacji w wodach zbiornika Tresna na podstawie oceny stopnia żyzności i jej zmian w wodach zbiornikowych. Ze względu na wodociagową rolę ostatniego zbiornika kaskady rzeki Soły (zbiornik Czaniec), wyżej położone zbiorniki w kaskadzie (Tresna i Porąbka) powinny mieć dobrą jakość wody. Rekreacyjne wykorzystanie zbiornika Tresna również obliuguje do jego ochrony. Stan troficzny wód zbiornikowych oszacowano na podstawie stężeń chlorofilu *a* oraz wielkości biomasy i składu taksonomicznego glonów planktonowych. Badania prowadzono w 2021 r. w sezonie wegetacyjnym w trzech punktach badawczych (rejonie Zarzecza, rejonie wpływu rzeki Łękawki oraz rejonie zapory). Stężenia chlorofilu *a* oraz biomasy były większe w rejonie Zarzecza oraz zapory i latem przekraczały wartości graniczne dla eutrofii, najniższe z kolei w rejonie dopływu rzeki Łękawki do zbiornika (w większości okresu badawczego utrzymywały się one w granicach oligotrofii i mezotrofii). Okresowy wzrost żyzności wody do poziomu eutrofii wskazują, że wody zbiornikowe powinny być kontrolowane, zwłaszcza latem, ze względu na bezpieczeństwo sanitarne osób wypoczywających.

Słowa kluczowe: zbiorniki zaporowe, stan troficzny, glony planktonowe

The aim of this research was to analysis of the recreation conditions in the Tresna reservoir water based on the assessment of the degree of fertility and its changes in the reservoir water. Due to the water supply role of the last reservoir in the cascade of the Soła River (the Czaniec Reservoir), the reservoirs situated higher in the cascade (Tresna and Porąbka) should have good water quality. Recreational use of the Tresna Reservoir also obliges to protect it. The trophic state of reservoir water was estimated on the basis of chlorophyll *a* concentrations and planktonic algae biomass and their taxonomic composition. The research was conducted in 2021 during the growing season at three research points (in the area of Zarzecze, the area of influence of the Łękawka River and the area of the dam). Concentrations of chlorophyll *a* and phytoplankton biomass were higher in the Zarzecze area and the dam area, and in summer period (mainly in August) they exceeded the limit values for eutrophy. In turn, the lowest values were observed in the area of the Łękawka River tributary to the reservoir. In most of the research period, they remained within the oligotrophy and mesotrophy limits. Periodic increase of water fertility to the eutrophy level indicates that the reservoir water should be controlled, especially in summer, due to the sanitary safety of resting people.

Key words: dam reservoirs, state of trophy, planktonic algae

Wprowadzenie

Zbiorniki zaporowe budowane są najczęściej w celach przeciwpowodziowych i retencyjnych. Najczęściej jednak są obiektami wielozadaniowymi, pełniącymi więcej funkcji jednocześnie, m.in. stanowią ochronę przeciwpowodziową, mogą być wykorzystywane rekreacyjnie i hydroenergetycznie oraz do celów wędkarskich i wodociagowych, nawodnieniowych, przeciwpowodziowych, także żeglownych. Stanowią cenny obszar, zwłaszcza na terenach pozbawionych naturalnych zbiorników wodnych [1-5]. Dbałość o jakość wody w takich zbiornikach jest nie-

zmiennie istotna. Postępująca eutrofizacja wielu z nich przyczynia się do degradacji tych zbiorników, zmniejszania pojemności użytkowej, ich zamulania, a w konsekwencji utraty funkcji gospodarczych. Ponadto pogarszają się warunki estetyczne i sanitarne takich zbiorników, często pojawiają się zakwity glonów i sinic, co obniża również walory użytkowe, powodując, że woda staje się niezdadna do celów konsumpcyjnych oraz rekreacyjnych. Groźne są również toksyny wydzielane przez niektóre sinice, powodujące obumieranie ryb, makrobezkręgowców oraz alergię skórne i zapalenia skóry, a także problemy gastryczne u ludzi [4, 6-11].

Kaskada zbiorników zaporowych na Sole usytuowana jest w dolinie rzeki Soły pomiędzy górami Beskidu Śląskiego, Żywieckiego i Małego na południu województwa śląskiego w obszarze Karpat Polskich.

Zbiorniki zaporowe wchodzące w skład kaskady Soły pełnią głównie funkcje przeciwpowodziowe (ze względu na silne okresowo nawalne deszcze oraz występowanie gwałtownych wezbrań Soły w terenie górskim), ale też energetyczne i rekreacyjne (głównie zbiorniki Tresna i Porąbka) oraz wodociagowe (zbiornik Czaniec) [12, 13]. System wodno-gospodarczy całej kaskady określany jest jako hydrowęzeł beskidzki, który pełni wiele

funkcji [2, 14]. Zbiornik Tresna w sposób pośredni pełni także funkcję zaopatrzenia w wodę ludności ze względu na lokalizację w dolnej części kaskady Soły zbiornika Czaniec, pełniącego funkcję wodociągowe [15, 16]. Zbiornik Czaniec dostarcza wodę częściowo dla potrzeb Bielska-Białej, a także dla innych miast zaliczanych do konurbacji śląskiej (m.in. Chorzowa, Rudy Śląskiej, Zabrze oraz Rybnickiego Okręgu Węglowego) [15, 16]. Z uwagi na funkcje wodociągowe ostatniego zbiornika kaskady, ochrona wód zbiornika Tresna przed nadmierną eutrofizacją i jego degradacją jest konieczna. Określenie stopnia zeutrofizowania wód zbiornikowych jest bardzo istotne, ponieważ pozwala zapobiegać lub też walczyć z nadmierną eutrofizacją.

Celem badań była analiza możliwości rekreacyjnego wykorzystania wód zbiornika Tresna na podstawie oceny stopnia żyzności i jej zmian w wodach zbiornikowych, w oparciu o glony planktonowe.

Obszar badań

Zbiornik Tresna wchodzi w skład kaskady rzeki Soły i odznacza się typowo podgórskim charakterem. Jest pierwszym i najwyższym położonym zbiornikiem w kaskadzie, znajduje się w Kotlinie Żywieckiej, którą otaczają zalesione pasma górskie Beskidów: Żywieckiego, Śląskiego i Małego (rys. 1). Cechuje go znaczna głębokość (średnia głębokość wynosi 9,40 m, maksymalna – 28 m) oraz duża maksymalna powierzchnia (964 ha). Parametry hydrologiczno-morfometryczne zbiornika Tresna prezentuje tabela 1.

W kształtowaniu jakości wody zbiornikowej udział mają dopływające rzeki: Soła i Koszarawa (uchodzi do Soły w Żywcu, powyżej zbiornika Tresna), Żylica i Łękawka. Rzeki te przepływają przez gęsto zabudowany teren wielu gmin Żywiecczyny, co powoduje, że niosą one duże ilości zanieczyszczeń, w tym związków biogenych. Zbiornik Tresna jest pierwszym odbiorcą tych zanieczyszczeń, ponieważ stanowi pierwszy zbiornik w kaskadzie.



Rys. 1.
Kaskada rzeki Soły [17] [zmodyfikowano]
Fig. 1. Soła River dam cascade [17] [modified]

Tab. 1. Parametry hydrologiczno-morfometryczne zbiornika [12, 13, 18]
Tab. 1. Hydrological-morphometric parameters of the reservoir [12, 13, 18]

Rodzaj parametru	Dane
Rok rozpoczęcia eksploatacji	1967
Powierzchnia czaszy zbiornika (ha)	964
Pojemność całkowita (mln m ³)	98,11
Pojemność użytkowa (mln m ³)	54,65
Średnia głębokość (m)	9,40
Maksymalna głębokość (m)	28
Czas retencji wody (doby)	59
Wysokość zapory (m n.p.m.)	39
Normalny poziom piętrzenia (m n. p. m.)	341,65
Maksymalny poziom piętrzenia (m n. p. m.)	344,86
Powierzchnia zlewni do przekroju zapory (km ²)	1030
Funkcje zbiornika	ochrona przeciwpowodziowa, funkcje rekreacyjno-turystyczne, rybactwo, produkcja energii elektrycznej oraz funkcje wyrównawcze dla poziomu wód rzeki Soły poniżej zbiornika

Zanieczyszczenie rzeki Soły oraz Koszarawy powodują głównie zakłady przemysłowe w Węgierskiej Górze (m.in. „Metalpol” S.A. – odlewy dla przemysłu samochodowego, maszynowego oraz rolniczego), a także Żywcu (m.in. HUTCHINSON POLAND Sp. z o. o.), z kolei zanieczyszczenie wód rzeki Żylicy pochodzi ze Szczyrku i Buczkowic, a rzeki Łękawki z terenu Ślemienia, Gilowic i Łękawicy.

Gęsta zabudowa zlewni zbiornika, a także niedostatecznie rozwinięta sieć kanalizacyjna na tych terenach sprzyja zanieczyszczeniu wód wyżej wymienionych rzek [2, 15].

Aktualnie prowadzona jest (rozpoczęta w 2020 r.) modernizacja dotychczasowej sieci kanalizacyjnej na terenie gmin Jeleśnia, Lipowa, Milówka, Rajcza, Ujsoly, Radziechowy-Wieprz oraz Węgierska Górka, natomiast rozbudowa sieci kanalizacyjnej prowadzona jest na terenie gmin: Żywiec, Jeleśnia, Lipowa, Milówka, Rajcza, Ujsoly i Węgierska Górka. Rozbudowę i modernizację prowadzi Związek Międzygminny ds. Ekologii w Żywcu w ramach fazy II A projektu „Oczyszczanie ścieków na Żywiecczyźnie” [2, 19, 20]. Działania te mają na celu ochronę zbiorników kaskady przed dopływem związków biogenych (głównie fosforu i azotu pochodzących przede wszystkim ze ścieków komunalnych), które stanowią związki pokarmowe dla glonów i sinic.

Ponadto zbiornik pełni funkcje rekreacyjne, co dodatkowo, zwłaszcza w okresie letnim, sprzyja dostawie zanieczyszczeń do wód zbiornikowych. Liczne ośrodki wczasowe (m.in. Ośrodek Sportów Wodnych i Rekreacji Neptun, Hotel Centrum Wypoczynku Odys, Domki Wypoczynkowe Zadzielanka oraz Ośrodek Wypoczynkowy Mirabelka), a także apartamenty z pokojami gościnnymi, duża ilość miejsc kempingowych sprawiają, że zbiornik przyciąga wczasowiczów. Działają też szkoły żeglarskie oraz wypożyczalnie sprzętu wodnego. Baza noclegowo-gastro-nomiczna jest bardzo dobrze zorganizowa-

na. Wody zbiornika zapewniają też możliwości wędkarskie (wodami zbiornika pod tym względem administruje Polski Związek Wędkarski) [3, 15, 16, 21]. Dopływy zanieczyszczeń z miejsc rekreacji, zwłaszcza w okresie letnim, mogą stanowić zagrożenie dla czystości wód zbiornikowych [21].

Metodyka badań

Próby wody do analiz stężeń chlorofilu *a* oraz mikroskopowych analiz glonów planktonowych pobierano z trzech stanowisk badawczych (T1 – rejon plaży w Zarzeczu, T2 – rejon dopływu rzeki Łękawki oraz T3 – rejon zapory) w zbiorniku Tresna (rys. 2) w okresie wegetacyjnym 2021 roku (od maja do września). Wykonano 45 serii pomiarowych (3 stanowiska x 5 miesięcy x 3 powtórzenia).

Analizy jakościowe i ilościowe fitoplanktonu wykonywano za pomocą mikroskopu świetlnego Nikon Eclipse 200. Do analizy wykorzystano komorę (typu Kolkwitz) o wysokości 0,4 mm i średnicy 20 mm. Glony liczone w 17 polach widzenia, w trzech powtórzeniach. Zagęszczenie poszczególnych okazów obliczono według Lunda i in. [22].



Rys. 2.
Zbiornik Tresna z punktami badawczymi [17] [zmodyfikowano]
Fig. 2. The Tresna Reservoir with the research points [17] [modified]

Biomasę (podawaną w mokrej masie) obliczono przyrównując organizmy fitoplanktonowe do brył geometrycznych. W celu obliczenia biomasy posłużono się następującym przelicznikiem [23]:

$$1 \mu\text{m}^3 = 1/1 \cdot 10^9 \text{ mm}^3 = 1/1 \cdot 10^9 \text{ mg} \quad (1)$$

Oznaczenia taksonomiczne prowadzono w oparciu o klucze Starmacha [24], Hindała [25], Cox [26], Picińskiej-Fałtynowicz i Błachuta [27].

Stężenia chlorofilu *a* określano spektrofotometrycznie zgodnie z Polską Normą PN-86/C- 05560.02 [28].

Na podstawie stężeń chlorofilu *a* oraz biomasy glonów planktonowych określono poziom stanu troficznego wód zbiornikowych.

W celu oceny stanu troficznego badanego zbiornika zastosowano klasyfikację Heinonena [29], uwzględniając wielkość biomasy fitoplanktonu oraz kryterium OECD [30] podawane przez Dojldo [31] uwzględniając stężenia chlorofilu *a*.

Wartości graniczne analizowanych parametrów dla określonych poziomów troficznych zaprezentowano w tabeli 2.

Tabela 2 Wartości graniczne uwzględniające całkowitą biomasę fitoplanktonu oraz stężenia chlorofilu *a* dla określonych poziomów troficznych [29 – 31]
Tab. 2. The boundary values based on the whole phytoplankton biomass and chlorophyll *a* concentrations for the specific trophic levels [29 – 31]

Stan troficzny wody	Zakres wartości granicznych całkowitej biomasy fitoplanktonu [mg·dm ⁻³]	Graniczne wartości stężeń chlorofilu <i>a</i> [µg·dm ⁻³]
Oligotroficzny	0,14 – 0,68	< 2,5
Mezotroficzny	1,21 – 1,98	2,5 – 8
Eutroficzny	3,45 – 6,93	8 – 25
Hipertroficzny	17,5	> 25

Oceny trofii dokonano także w oparciu o gatunki wskaźnikowe glonów planktonowych, przy wykorzystaniu specjalistycznej literatury [11, 27, 32 – 37].

Wyniki badań i dyskusja

W zbiornikach wodnych najczęściej w okresach letnich wzrasta żyzność wód i w tym okresie często dochodzi do znacznego pogorszenia warunków troficznych. Sprzyja temu przede wszystkim pogoda (dobre nasłonecznienie wody i wysoka temperatura powietrza, i wody), ale także zagospodarowanie zlewni rzeki oraz również terenu wokół zbiorników. W zlewni zbiorników wodnych, zwłaszcza zaporowych, istotna jest sprawa uporządkowania problemów gospodarki wodno-ściekowej w celu zahamowania dopływu fosforu do zbiorników wodnych (m.in. rozbudowa sieci kanalizacyjnych oraz modernizacja przestarzałych) [1, 2].

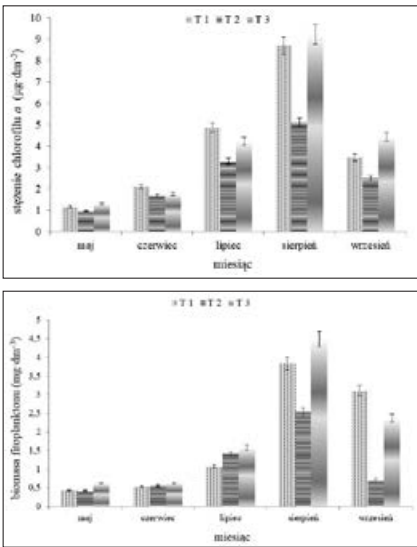
Zbiorniki Kaskady Soły znajdują się w terenie bardzo atrakcyjnym turystycznie, ze względu na bliskość gór Beskidu Żywieckiego, Śląskiego i Małego, licznych szlaków pieszych, tras rowerowych, co sprzyja napływowi turystów, zwłaszcza w sezonie letnim. Dodatkowo zbiorniki Tresna i Porąbka pełnią funkcje rekreacyjne, co powoduje, że zwiększa się obecność wczasowiczów, plażowiczów, żeglarzy oraz osób przebywających w okolicy zbiornika [2, 16, 21]. Wokół zbiornika rozmieszczone są liczne ośrodki wypoczynkowe i domki letniskowe (m.in. Hotel Centrum Wypoczynku Odys, Ośrodek Wypoczynkowy Mirabelka). Miejscowości sąsiadujące ze zbiornikiem należą do I klasy atrakcyjności ponadregionalnej [16], co sprzyja napływowi turystów. Sama aktywność wczasowiczów, osób korzystających z plaż, a także spacerujących wokół zbiornika również stwarza duże zagrożenie dla czystości jego wód. Zanieczyszczeniu oraz dostawie dużej ilości związków biogennych do wód zbiornikowych (stanowiących źródło pokarmu dla glonów i sinic) sprzyjają przede wszystkim ścieki oczyszczone oraz nieoczyszczone, a także odpadki i śmieci, wyrzucane przez wczasowiczów, zarówno do wody, jak i w rejonie przystani oraz na plażach [1, 21].

Wyniki badań przeprowadzonych w wodach zbiornika Tresna pokazały zwiększenie zawartości zarówno chlorofilu *a*, jak i biomasy fitoplanktonu właśnie w okresie letnim. Wyniki stężeń chlorofilu *a* pokazały znaczną zmienność sezonową w rozwoju glonów planktonowych na wszystkich stanowiskach badawczych. Średnie stężenia chlorofilu *a* w całym okresie badawczym na analizowanych stanowiskach wahały się pomiędzy 2,71 µg·dm⁻³ (rejon dopływu Łękawki) i 4,19 µg·dm⁻³ (rejon zapory). Rejon zapory cechował się również większym zróżnicowaniem zmienności stężeń chlorofilu *a*, a rejon Łękawki najmniejszym. Wskazywały na to wartości odchylenia standardowego, które wyniosły odpowiednio: 2,91 i 1,57 (tab. 3).

Minimalne wartości stężeń chlorofilu *a* obserwowano wiosną i jesienią na wszyst-

kich stanowiskach badawczych, z kolei maksymalne w okresie sierpnia. Najmniejsze stężenia obserwowano w okolicy dopływu rzeki Łękawki do zbiornika, a wyższe w rejonie pozostałych stanowisk badawczych (rys. 3).

Z kolei analizy wielkości biomasy glonów planktonowych w wodach zbiornika Tresna pokazały również znaczną zmienność sezonową w rozwoju glonów planktonowych na wszystkich stanowiskach badawczych. Średnia wielkość biomasy glonów w całym okresie badawczym na analizowanych stanowiskach oscylowała pomiędzy 1,12 mg·dm⁻³ (rejon dopływu Łękawki) i 1,93 mg·dm⁻³ (rejon zapory). Większe zróżnicowanie zmienności biomasy fitoplanktonu występowało w rejonie Zarzecza oraz zapory, a w rejonie dopływu rzeki Łękawki najmniejsze. Wskazywały na to wartości odchylenia standardowego, które wyniosły odpowiednio: 1,50 – rejon Zarzecza, 1,51 – rejon zapory, 0,79 – rejon ujścia Łękawki (tab. 3).



Rys. 3. Zmienność stężeń chlorofilu *a* (µg·dm⁻³) oraz biomasy glonów planktonowych (mg·dm⁻³) w wodach zbiornika na poszczególnych stanowiskach badawczych
Fig. 3. The variability of the chlorophyll *a* concentrations (µg·dm⁻³) and planktonic algae biomass (mg·dm⁻³) in the reservoir water at individual research points

Tabela 3. Zmienność stężeń chlorofilu *a* (µg·dm⁻³) oraz biomasy glonów planktonowych (mg·dm⁻³) w wodach zbiornika na poszczególnych stanowiskach badawczych
Table 3. The variability of the chlorophyll *a* concentrations (µg·dm⁻³) and planktonic algae biomass (mg·dm⁻³) in the reservoir water at individual research points

Stanowisko badawcze	Stężenie chlorofilu <i>a</i> (µg·dm ⁻³)			
	Stężenie średnie	Stężenie minimalne	Stężenie maksymalne	Odchylenie standardowe (SD)
T1	4,06	1,00	8,91	2,75
T2	2,71	0,51	6,08	1,57
T3	4,19	1,19	9,82	2,91
Stanowisko badawcze	Wielkość biomasy fitoplanktonu (mg·dm ⁻³)			
	Wartość średnia	Wartość minimalna	Wartość maksymalna	Odchylenie standardowe (SD)
T1	1,79	0,41	4,54	1,50
T2	1,12	0,41	2,88	0,79
T3	1,93	0,48	4,91	1,51

Biomasa glonów także osiągała najwyższe wartości w sierpniu i dodatkowo we wrześniu, zwłaszcza na stanowiskach w rejonie zapory oraz Zarzecza. Najniższe wielkości biomasy stwierdzono na stanowisku przy ujściu rzeki Łękawki do zbiornika (rys. 3).

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na występowanie różnic w klasyfikacji stanu troficznego na poszczególnych stanowiskach badawczych. Średnie stężenia chlorofilu *a* wskazują na przekroczenie wartości granicznych dla eutrofii w sierpniu na stanowiskach w rejonie zapory oraz plaży w Zarzeczu (tab. 4).

Z kolei biomasa glonów wskazała na przekroczenie wartości granicznych dla eutrofii również w sierpniu na tych samych stanowiskach badawczych (T1 i T3) oraz na występowanie mezo-/eutrofii w rejonie dopływu rzeki Łękawki do zbiornika. Dodatkowo we wrześniu obserwowano na stanowiskach T1 i T3 przekroczenie górnych wartości granicznych dla mezotrofii i pośredni stan troficzny mezo-/eutrofii (tab. 5).

tości granicznych dla mezo – /eutrofii. Na pozostałych stanowiskach (rejon plaży w Zarzeczu oraz rejon zapory) możliwości rekreacji mogą zostać zakłócone przez wystąpienie zakwitów glonów i sinic, zwłaszcza w sezonie letnim, ponieważ zarówno ogólna biomasa fitoplanktonu, jak i stężenia chlorofilu *a* w sierpniu, i wrześniu przekraczały wartości graniczne dla mezo – /eutrofii oraz eutrofii. Nie są to duże przekroczenia wartości granicznych, ale oznaczają, że stan wody trzeba monitorować, zwłaszcza w okresie letnim, kiedy wielu ludzi korzysta z wypoczynku nad wodą. Oba badane rejon są bardzo popularne wśród turystów i wczasowiczów, zwłaszcza latem. Stanowisko T3 znajduje się blisko drogi 948 łączącej Kęty z Żywcem. Znajduje się tam również deptak oraz restauracja i hotel (Zajazd na Zaporze), dlatego miejsce to jest często odwiedzane przez ludzi, nawet tylko będących przejazdem. Z kolei stanowisko T1 znajduje się w niedalekiej odległości od dróg 942 i S1 łączących miasta Bielsko-Białą i Żywiec,

w Łękawicy. Jest to oczyszczalnia mechaniczno-biologiczna, charakteryzująca się podwyższonym usuwaniem biogenów (posiada ona hydroponiczny III stopień oczyszczania). Oznacza to, że ścieki wstępnie podczyszczane po drugim stopniu oczyszczania dostają się na lagunę hydroponiczną, z zanurzoną roślinnością wodną (m.in. rzęsą wodną, hiacyntem wodnym, trzciną pospolitą). Rośliny pobierają z roztworu wodnego biogeny (głównie azot i fosfor) i kumulują je w swoich tkankach [38 – 40]. Oczyszczalnia ścieków w Łękawicy zlokalizowana jest w dolinie rzeki Łękawki, niedaleko ujścia rzeki do zbiornika Tresna, co sprzyja poprawie jakości wody rzecznej.

Stanowisko to jest również zlokalizowane w dalszej odległości od większych miast (Bielska-Białej i Żywca) i dlatego też jest w mniejszym stopniu oblegane przez ich mieszkańców.

Badania wykazały, że znaczny udział w strukturze jakościowej glonów miały okrzemki oraz zielenice, niestety w okresie letnim pojawiały się także sinice, miały one jednak niewielki udział w ogólnej biomasy fitoplanktonu.

Największym średnim udziałem procentowym w ogólnej biomasy glonów cechowały się okrzemki i zielenice na wszystkich stanowiskach badawczych (rys. 4). Średni procentowy udział okrzemek w ogólnej biomasy glonów wahał się pomiędzy 52% (rejon zapory) i 70% (rejon Zarzecza), z kolei zielenic oscylował pomiędzy 12% (rejon Zarzecza) i 27% (rejon dopływu Łękawki). Średni udział procentowy sinic w ogólnej biomasy fitoplanktonu wynosił pomiędzy 3% (rejon dopływu Łękawki) i 14% (rejon zapory) (rys. 4). Średni udział pozostałych grup glonów w ogólnej biomasy był niewielki i wahał się pomiędzy 0,50% i 4% (rys. 4).

W średniej biomasy okrzemek dominowały głównie *Fragilaria crotonensis* oraz *Asterionella formosa* (stanowiły one odpowiednio 56% i 16% udziału w rejonie plaży w Zarzeczu oraz 63% i 18% udziału w rejonie zapory), *Hipodonta capitata* oraz *Nitzschia sigmaidea* i *Melosira varians* (cechowały się one niewielkim średnim udziałem w stosunku do pozostałych okrzemek – pomiędzy 2% i 8%), które są wskaźnikami wód eutroficznych [27, 36, 37, 41]. Ich pojawienie się szczególnie latem, zwłaszcza na stanowiskach w rejonie Zarzecza oraz zapory może potwierdzać wyższy poziom zeutrofizowania wody w tym okresie na tych stanowiskach.

Z kolei na stanowisku w rejonie ujścia rzeki Łękawki do zbiornika większy udział w średniej biomasy okrzemek miały okrzemki *Encyonema* sp. i *Pinnularia* sp. (ich udział na tym stanowisku wahał się pomiędzy odpowiednio 23% i 33%). Są to okrzemki typowe dla wód mniej żyznych,

Tabela 4. Stan troficzny wód zbiornika na podstawie stężeń chlorofilu *a* ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$) na poszczególnych stanowiskach badawczych

Table 4. Trophic state of the reservoir water based on chlorophyll *a* concentrations ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$) at individual research points

Stanowiska badawcze	Stan troficzny	Okres badań				
		maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień
		Średnie stężenia chlorofilu <i>a</i> ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)				
T1		1,16	2,11	4,86	8,68	3,46
	Stan troficzny	oligotrofia	oligotrofia	mezotrofia	eutrofia	mezotrofia
T2		0,96	1,72	3,27	5,12	2,49
	Stan troficzny	oligotrofia	oligotrofia	mezotrofia	mezotrofia	oligotrofia
T3		1,33	1,76	4,23	9,23	4,43
	Stan troficzny	oligotrofia	oligotrofia	mezotrofia	eutrofia	mezotrofia

Tabela 5. Stan troficzny wód zbiornika na podstawie biomasy fitoplanktonu ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) na poszczególnych stanowiskach badawczych

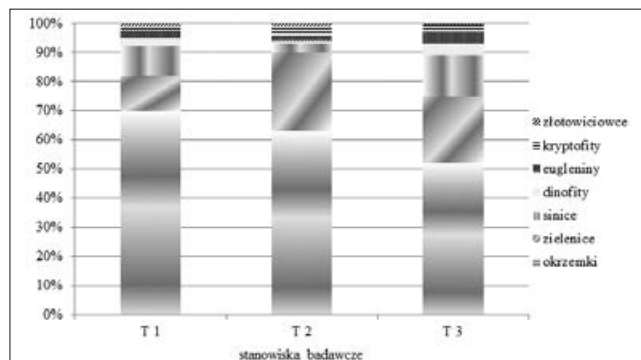
Table 5. Trophic state of the reservoir water based on phytoplankton biomass ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) at individual research points

Stanowiska badawcze	Stan troficzny	Okres badań				
		maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień
		Średnie wartości biomasy fitoplanktonu ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)				
T1		0,42	0,53	1,06	3,83	3,11
	Stan troficzny	oligotrofia	oligotrofia	oligo – /mezotrofia	eutrofia	mezo – /eutrofia
T2		0,42	0,56	1,40	2,52	0,70
	Stan troficzny	oligotrofia	oligotrofia	mezotrofia	mezo – /eutrofia	oligo – /mezotrofia
T3		0,61	0,62	1,57	4,49	2,36
	Stan troficzny	oligotrofia	oligotrofia	mezotrofia	eutrofia	mezo – /eutrofia

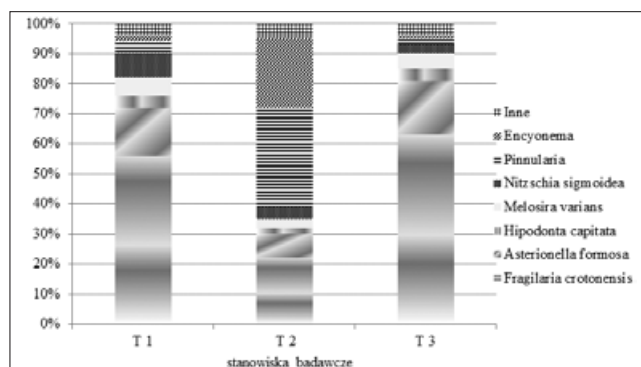
Przeprowadzone analizy wskaźników eutrofizacji wskazały, że najlepsze warunki do rekreacji występują w rejonie ujścia rzeki Łękawki do zbiornika, ponieważ tam stwierdzono najniższy poziom trofii (oscylujący pomiędzy oligo – i mezotrofią – stężenia chlorofilu *a* nieznacznie przekraczały dolne wartości graniczne dla mezotrofii) w całym sezonie badawczym. Jedynie biomasa glonów wskazała na sierpniowe przekroczenie war-

dlatego jest również bardzo oblegane, zarówno wśród mieszkańców, jak i przyjezdnych. Atrakcyjność tego miejsca zwiększa ścieżka rowerowo-spacerowa na wale otaczającym ten fragment zbiornika oraz plaża.

Mniejsza żyzność wody w rejonie dopływu rzeki Łękawki do zbiornika może wynikać z poprawy gospodarki wodno-ściekowej (rozbudowie sieci kanalizacyjnych) na tym terenie oraz modernizacji oczyszczalni ścieków



Rys. 4.
Średni udział procentowy poszczególnych grup glonów w ogólnej biomasie fitoplanktonu na określonych stanowiskach badawczych
Fig. 4. The average percentage share of individual groups of algae in total phytoplankton biomass at specific research points



Rys. 5.
Średni udział procentowy określonych gatunków i rodzajów okrzemek w średniej ich biomasie na poszczególnych stanowiskach badawczych
Fig. 5. The average percentage share of specific species and genera of diatoms in average diatoms biomass at individual research points

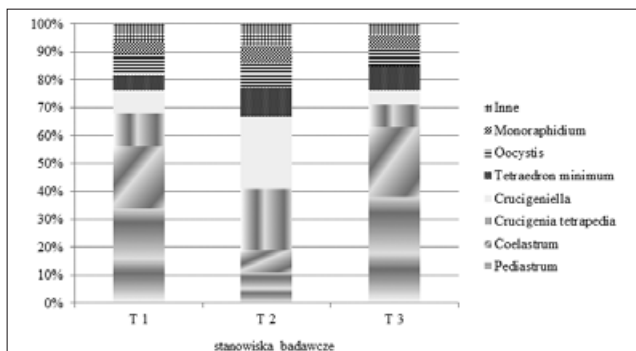
oligotroficznych [27]. Pojawiały się jednak również gatunki typowe dla wód eutroficznych (m.in. *Fragilaria crotonensis*, która cechowała się ponad 20% udziałem w średniej biomasie okrzemek) (rys. 5).

W średniej biomasie zielenic również dominowały gatunki i rodzaje tej grupy glonów charakterystyczne dla wód eutroficznych, tym razem jednak na wszystkich stanowiskach. Na stanowiskach w rejonie Zarczu i zapory dominowały głównie większe zielenice z rodzajów, m.in. *Pediastrum* i *Coelastrum* (odpowiednio 34% i 38% – *Pediastrum* oraz 22% i 25% – *Coelastrum*). Z kolei na stanowisku w rejonie ujścia rzeki Łękawki do zbiornika były to głównie drobne zielenice z rodzaju *Crucigenia* oraz *Crucigeniella* i *Tetraedron* (rys. 6).

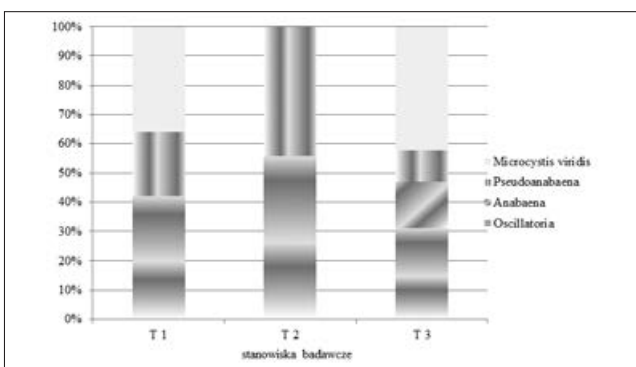
W średniej biomasie sinic w zbiorniku dominowały głównie gatunki typowo eutroficzne, m.in. *Microcystis viridis* (36% udziału – w rejonie plaży w Zarczu i 42% udziału w rejonie zapory), które potwierdzają wzrost poziomu żyzności, zwłaszcza na tych stanowiskach i w tym okresie. Rozwijała się również sinica z rodzaju *Anabaena* (tylko w okolicy zapory i cechowała się 16% udziałem w średniej biomasie sinic). Pozostałe sinice pojawiły się w próbach pobranych ze wszyst-

kich stanowisk i były to *Oscillatoria* sp. oraz *Pseudoanabaena* sp. Średni ich udział w biomasie sinic oscylował pomiędzy 11% w rejonie zapory – *Pseudoanabaena* i 56% w rejonie dopływu rzeki Łękawki – *Oscillatoria*. Średni udział sinic w całkowitej biomasie fitoplanktonu był jednak niewielki, maksymalny ich udział w całym sezonie wegetacyjnym wyniósł 14% w rejonie zapory, a minimalny przy ujściu Łękawki (tylko 3%) (rys. 4 i 7).

Obserwowane sinice z rodzaju *Microcystis* niestety u ludzi wywołują negatywne skutki zdrowotne, m.in. problemy gastryczne (głównie hepatotoksyny). Wydzielają one microcystyny z grupy hepatotoksyn, które są szczególnie niebezpieczne, ponieważ mogą powodować rozpad komórek wątroby [35]. Ponadto sinice wywołują również alergie skórne i zapalenia skóry (głównie dermatotoksyny) [9, 35, 37, 42]. Ze względu na obecność sinic, zwłaszcza *Microcystis* sp. oraz *Anabaena* sp. rejon plaży w Zarczu oraz okolic zapory powinny być szczególnie kontrolowane pod względem parametrów biologicznych oraz chemicznych wód zbiornika w celu ochrony przed eutrofizacją. Wskazane byłoby dalsze badanie biomasy i składu gatunkowego fitoplanktonu, a także dodatkowo ilości microcystyn w wodach zbiornika.



Rys. 6.
Średni udział procentowy określonych gatunków i rodzajów zielenic w średniej ich biomasie na poszczególnych stanowiskach badawczych
Fig. 6. The average percentage share of specific species and genera of green algae in average green algae biomass at individual research points



Rys. 7.
Średni udział procentowy określonych gatunków i rodzajów sinic w średniej ich biomasie na poszczególnych stanowiskach badawczych
Fig. 7. The average percentage share of specific species and genera of Cyanobacteria in average Cyanobacteria biomass at individual research points

Wnioski

1. Stężenia chlorofilu *a* oraz wartości biomasy fitoplanktonu były największe w sezonie letnim, zwłaszcza w sierpniu. Maksymalne wartości tych parametrów stwierdzono na stanowiskach w rejonie plaży w Zarczu oraz w okolicy zapory, minimalne natomiast w rejonie ujścia rzeki Łękawki do zbiornika.
2. Uzyskane wartości tych parametrów pozwoliły zaklasyfikować wody zbiornikowe do różnych stanów troficznych. Najniższy poziom trofii (oscylujący pomiędzy oligo – i mezotrofią) stwierdzono przy ujściu rzeki Łękawki, najwyższy z kolei, zwłaszcza latem przekraczający dolne wartości graniczne dla eutrofii, zanotowano w rejonie plaży w Zarczu oraz w rejonie zapory.
3. W składzie gatunkowym fitoplanktonu dominowały okrzemki i zielenice. W rejonie Zarczu oraz zapory dominowały głównie glony typowe dla wód eutroficznych, m.in. *Fragilaria crotonensis* oraz *Asterionella formosa*, a także *Pediastrum* sp. i *Coelastrum*. W rejonie dopływu rzeki Łękawki do zbiornika pojawiały się głównie okrzemki charakterystyczne dla

wód oligotroficznych (m.in. *Pinnularia* sp.) oraz drobne zieleńce z rodzaju *Tetradion minimum* i *Crucigenia tetradia* (typowe dla wód eutroficznych).

4. W wodach zbiornika obserwowano również sinice (m.in. *Microcystis viridis* i *Anabaena* sp. – dominowały w rejonie Zarzeczka oraz zapory), ale cechowały się one niewielkim udziałem procentowym w ogólnej biomasy fitoplanktonu. Najmniejszy udział procentowy sinic (tylko 3 %) stwierdzono na stanowisku w rejonie dopływu Łękawki.
5. Najlepsze warunki do rekreacji występowały na stanowisku w rejonie dopływu rzeki Łękawki (ze względu na minimalny udział sinic oraz niskie stężenia chlorofilu *a* i wartości biomasy fitoplanktonu), najmniej korzystne w rejonie Zarzeczka oraz zapory. Z tego względu wody tych stanowisk powinny być poddawane monitoringowi, zwłaszcza w sezonie letnim.
6. Wody zbiorników kaskady Soły wykorzystywane w celach rekreacyjnych oraz wodociagowych powinny być na bieżąco monitorowane i badane pod względem parametrów biologicznych oraz fizykochemicznych w celu uchwycenia zmian w żyzności wody oraz ochrony przed eutrofizacją.

Temat zaprezentowany podczas II Konferencji Naukowo-Technicznej „Nauka-Technologia-Środowisko” w dniach 27-29 września 2023 r. w Wiśle. Konferencja finansowana przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach programu „Doskonała nauka” – moduł „Wsparcie konferencji naukowych” (projekt nr DNK/SP/546599/2022).



LITERATURA

- [1] Kasza H., Zbiorniki zaporowe. Znaczenie – eutrofizacja – ochrona, ATH, Bielsko-Biała 2009
- [2] Jaguś A., Degradacja i ochrona zbiorników zaporowych na przykładzie kaskady Soły, ATH, Bielsko-Biała 2015
- [3] Jaguś A., „Skuteczność ochrony zbiornika Tresna w świetle zanieczyszczenia rzeki Soły”, INŻYNIERIA EKOLOGICZNA 18(2)/2017a, s. 55–60, DOI: 10.12912/23920629/68320
- [4] Jaskuła J., Sojka M., „Analysis of degradation processes in reservoirs based on remote sensing data”, ACTA SCIENTIARUM POLO-NORUM. FORMATO CIRCUMIECTUS. ENVIRONMENTAL PROCESSES 18(2)/2019, s. 23–37, DOI: <http://dx.doi.org/10.15576/ASP.FC/2019.18.2.23>
- [5] Wiatkowski M., Wiatkowska B., „Changes in the flow and quality of water in the dam reservoir of the Mała Panew catchment (South Poland) characterized by multidimensional data analysis”, ARCHIVES OF ENVIRONMENTAL PROTECTION 45(1)/2019, s. 26–41, DOI 10.24425/aep.2019.126339
- [6] Yang X., Xiang Wu X., Hao H., He Z., „Mechanisms and assessment of water eutrophication”, JOURNAL OF ZHEJIANG UNIVERSITY SCIENCE B 9(3)/2008, s. 197–209
- [7] Trojanowska A.A., Izydorczyk K., „Phosphorus fractions transformation in sediments before and after cyanobacterial bloom: implications for reduction of eutrophication symptoms in dam reservoir”, WATER AIR SOIL POLLUTION 211/2010, s. 287–298, DOI: 10.1007/s11270-009-0299-y
- [8] TieGang Z., JingQiao M., HuiChao D., DeFu L., „Impacts of water release operations on algal blooms in a tributary bay of Three Gorges Reservoir”, SCIENCE CHINA. TECHNOLOGICAL SCIENCES 54(6)/2011, s. 1588–1598, DOI: 10.1007/s11431-011-4371-7
- [9] Fernández C., Estrada V., Parodi E.R., „Factors Triggering Cyanobacteria Dominance and Succession During Blooms in a Hypereutrophic Drinking Water Supply Reservoir”, WATER AIR SOIL POLLUTION 226(73)/2015, s. 1–13
- [10] Saghi H., Karimi L., Javid A.H., „Investigation on trophic state index by artificial neural networks (case study: Dez Dam of Iran)”, APPLIED WATER SCIENCE 5/2015, s. 127–136, DOI: 10.1007/s13201-014-0161-2
- [11] Samia Ch., Tarek M., Zohra G.F., Hassen T., Mourad B., „Dynamic of Filamentous Cyanobacteria in the Dam Ain Zada (North of Algeria)”, JOURNAL OF ECOLOGICAL ENGINEERING 20(5)/2019, s. 97–110, <https://doi.org/10.12911/22998993/105335>
- [12] Stachowicz K., Czernoch M., Charakterystyka ekologiczna zbiorników zaporowych na Sole, Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, Warszawa 1992
- [13] Osuch-Chacińska L., Batus S., Bores-Meinike D., Drzyżdżyk W., Fiedler K., Olszewski A., Ryżak R., Stanach-Batus K., Kaskada rzeki Soły. Zbiorniki Tresna, Porąbka, Czaniec. Monografia, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie, Warszawa 2007
- [14] Chudy Ł., „Hydrowęzeł beskidzki. Cz. I”, GAZETA OBSERWATORA IMGW 3/2005, s. 15–20
- [15] Jaguś A., „Kaskada Soły jako źródło wody wodociągowej”, ACTA GEOGRAPHICA SILESIANA 11/3(27)/2017b, s. 25–30
- [16] Machowski R., Rzętała M., Rzętała M.A., „Zbiornik Tresna”, W: Kaczmarek R., (red. nauk.), Encyklopedia Województwa Śląskiego 7 [projekt WWW], Instytut Badań Regionalnych Biblioteki Śląskiej, Katowice 2020
- [17] www.google.maps
- [18] Materiały RZGW – Kraków, oddz. Żywiec.
- [19] Hujdus M., „Rozmowa z Antonim Szlagorem”, Czyste Gminy Żywiecczyzny 1(IX-XI)/2019, Związek Międzygminny ds. Ekologii w Żywcu
- [20] <http://zmge.zywiec.pl/pl/projekty/faza-ii-a-projektu/dzialaniapromocyjne/gazetkaczyste-gminy-zywiecczyzny>
- [21] Jachniak E., Suchanek I., „Eutrofizacja zbiornika zaporowego Tresna w aspekcie jego rekreacyjnego wykorzystania”, INŻYNIERIA EKOLOGICZNA 44/2015, s. 170–177, DOI: 10.12912/23920629/60042
- [22] Lund J.W.G., Kipling C., Le Gren E.D., „The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimation by counting”, HYDROBIOLOGIA 1/1958, s. 144–170
- [23] Rott E., „Some results from phytoplankton counting intercalibrations”, SCHWEIZERISCHE ZEITSCHRIFT FÜR HYDROLOGIE 43(1)/1981, Birkhäuser Verlag Basel, s. 34–62
- [24] Starmach K., Plankton roślinny wód słodkich. Metody badania i klucze do oznaczania gatunków występujących w wodach Europy Środkowej, PWN, Warszawa – Kraków 1989
- [25] Hindák F., „Key to the unbranched filamentous green algae (Ulotrichineae, Ulotrichales, Chlorophyceae)”, BULLETIN SLOVENSKEJ BOTANICKEJ SPOLOČNOSTI PRI SAV 1/1996, s. 1–77
- [26] Cox E.J., Identification of Freshwater Diatoms from Live Material, Chapman and Hall, London 1999
- [27] Picińska-Fałtynowicz J., Błachuta J., Klucz do identyfikacji organizmów fitoplanktonowych z rzek i jezior dla celów badań monitoringowych części wód powierzchniowych w Polsce, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 2012
- [28] Polish standardization, measurement and quality committee. Polish Standard: Oznaczanie stężeń chlorofilu a metodą spektrofotometryczną PN- 86/C-5560.02, Warszawa
- [29] Heinonen P., „Quantity and composition of phytoplankton in Finnish inland waters”, NATIONAL BOARD OF WATERS 37/1980, s. 1–91
- [30] OECD, Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control, Paris 1982
- [31] Dojlido J.R., Chemia wód powierzchniowych, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok 1995
- [32] Negro A.I., De Hoyos C., Vega J.C., „Phytoplankton structure and dynamics in Lake Sanabria and Valparaíso reservoir (NW Spain)”, HYDROBIOLOGIA 424/2000, s. 25–37
- [33] Reynolds C.S., „Phytoplankton designer – or how to predict compositional responses to trophic – state change”, HYDROBIOLOGIA 424/2000, s. 123–132
- [34] Rakowska B., Sitkowska M., Szczepocka E., Szulc B., „Cyanobacteria water blooms associated with various eukaryotic algae in the Sulejów reservoir”, OCEANOLOGICAL AND HYDROBIOLOGICAL STUDIES 34(1)/2005, s. 31–38
- [35] Bucka H., Wilk-Woźniak E., Glony pro – i eukaryotyczne zbiorniki fitoplanktonu w zbiornikach wodnych Polski Południowej, Instytut Ochrony Przyrody – PAN, Kraków 2007
- [36] Kozak A., Goldyn R., Dondajewska R., Kowalczyńska-Madura K., Holona T., „Changes in phytoplankton and water quality during sustainable restoration of an urban lake used for recreation and water supply”, WATER 9(713)/2017, s. 1–16, DOI:10.3390/w9090713
- [37] Salmasso N., Boscaini A., Capelli C., Cerasino L., „Ongoing ecological shifts in a large lake are driven by climate change and eutrophication: evidences from a three-decade study in Lake Garda”, HYDROBIOLOGIA 824(1)/2017, s. 177–195, DOI:10.1007/s10750-017-3402-1
- [38] Bawiec A., Pawełka K., Zawatek T., Pulikowski K., „Ocena redukcji zanieczyszczeń w oczyszczalni hydroponicznej”, INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH 1(4)/2013, s. 99–111
- [39] Chylak A., Raport z wykonania Programu Ochrony Środowiska dla gminy Łękawica za lata 2014-2016, Gmina Łękawica 2017
- [40] http://pro-aqua.com.pl/wp-content/uploads/2019/12/BIOPAX_opis.pdf
- [41] Danielsen R., „Dissimilarities in the recent histories of two lakes in Portugal explained by local-scale environmental processes”, JOURNAL OF PALEOClimatology 43/2010, s. 513–534, DOI:10.1007/s10933-009-9348-1
- [42] Bora A., Gogoi H.K., Veer V., „Algal Wealth of Northeast India”, In: Purkayastha J. (Ed.), Bioprospecting of Indigenous Bioresources of North-East India, Springer Science+Business Media, Singapore 2016