

OCENA STANU TROFICZNEGO WÓD ZBIORNIKA SIEMIATYCZE W ASPEKTCIE OCHRONY WALORÓW UŻYTKOWYCH

Ewa Szatyłowicz^{1*}, Anna Siemieniuk¹

¹ Katedra Technologii i Systemów Inżynierii Środowiska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok

* Autor do korespondencji: e.szatylowicz@pb.edu.pl

STRESZCZENIE

W pracy podjęto próbę oceny stanu troficznego wód zbiornika Siemiatycze, położonego na Podlasiu w powiecie siemiatycki, w obrębie miasta Siemiatycze. Prowadzono badania systematycznie raz w miesiącu w 2014 roku w 7 punktach pomiarowo-kontrolnych. Wybór i rozmieszczenie punktów badawczych w przekroju podłużnym zbiornika wynikał z konieczności określenia zachodzących w nim zmian badanych wskaźników. W badaniach wykorzystano dostępne w literaturze indeksy troficzne (TSI – Trophic State Index) opierające się na dokonanych pomiarach stężeń chlorofilu „a”, fosforu ogólnego i azotu ogólnego. Uzyskane wyniki badań jednoznacznie wskazują, że na stan troficzny zbiornika Siemiatycze największy wpływ miało stężenie fosforu ogólnego. W związku z tym wskaźnik TSI (TP), klasyfikuje wody zbiornika do hipertroficznych. Wszystkie wartości wskaźników TSI obliczone na podstawie azotu ogólnego, fosforu ogólnego i chlorofilu „a” wskazały na podwyższoną żyzność wód badanego zbiornika. W celu ochrony walorów użytkowych akwenu należy ograniczyć punktowe źródła zanieczyszczeń biogenami z oczyszczalni i obiektów turystycznych i wdrożyć inne działania ochronne wokół zbiornika.

Słowa kluczowe: stan troficzny, związki biogenne, rodzaj zlewni, eutrofizacja, zbiornik zaporowy

EVALUATION OF THE TROPHIC STATUS OF THE SIEMIATYCZE RESERVOIR WATER IN TERMS OF PROTECTING UTILITY VALUES

ABSTRACT

The aim of this study was to assess a trophic state of water in Siemiatycze dam reservoir. This object is located in Podlaskie voivodship in the municipality Siemiatycze. Studies were carried out systematically once pursued in seven measurement-control points in 2014 year. The selection and placement of points in a longitudinal section of the reservoir was based on the need to capture the changes occurring in the studied indicators. In the researches there were used available in literature Trophic State Index, based on made measurement of the concentration of chlorophyll “a”, total phosphorus and total nitrogen. Research results clearly show that concentration of total phosphorus and TSI (TP) index had greatest impact on a trophic state of water in Siemiatycze reservoir, which allowed to classify water to hypertrophy. The values of all calculated Indexes point to the fertility of the water in the studied reservoir. Any actions in order to protection should be taken, first of all by the reducing the impact of point sources’ pollution from wastewater treatment plants and tourist objects.

Keywords: trophic state, biogenic compounds, catchment, eutrophication, dam reservoir

WSTĘP

Nieodpowiednia jakość oraz brak monitoringu wskaźników jakości retencjonowanej wody może utrudniać właściwą eksploatację zbiorników, prowadząc do nadmiernego wzrostu fitoplanktonu, wystąpienia deficytu tlenowego,

rozwoju organizmów stwarzających niebezpieczeństwo dla kąpiących się ludzi. Ponadto następuje pogorszenie cech organoleptycznych wody, szybki postęp zamulania, co w dalszej perspektywie może prowadzić do zmniejszenia pojemności retencyjnej sztucznego zbiornika oraz ograniczenia walorów użytkowych (Szczykowska i

in. 2013). Niekiedy zbiorniki wodne pełnią kilka funkcji, łączą wiele zadań: zapewnienie niezbędnej ilości wody na potrzeby gospodarcze i hodowlę ryb, ochrona przeciwpowodziową, przyczyniają się do wzrost atrakcyjności przylegających terenów, do wzrostu zainteresowania działalnością usługową i rozwojem infrastruktury rekreacyjno-turystycznej (Wiater i in. 2012). Zważając na powyższe niezbędna staje się kontrola i ocena jakości wody w zbiornikach małej retencji ze szczególnym uwzględnieniem oznaczania stężeń związków azotu i fosforu (Tarkowska-Kukuryk 2013; Szczykowska i in. 2013).

Poziom troficzny danego zbiornika wodnego jest istotnym czynnikiem w jego funkcjonowaniu oraz w kompleksowym wykorzystaniu go do przeznaczonych celów. Do oceny stanu troficznego wód jezior i sztucznych zbiorników zaporowych stosuje się indeks stanu troficznego TSI (ang. TSI – Trophic State Index), który został zaproponowany przez Carlsona (Carlson 1977) i uzupełnionych przez Kratzera i Brezonika (Kratzer, Brezonik 1981). Parametr ten przyjęto jako prosty i syntetyczny sposób oceny stopnia zaawansowania zjawisk eutrofizacyjnych (Jodłowski, Gutowska 2012). Do oszacowania wartości TSI wykorzystuje się informacje dotyczące biomasy fitoplanktonu określanej poprzez cztery niezależne wskaźniki: stężenie fosforu ogólnego (TP), stężenie azotu ogólnego (TN), zawartości chlorofilu „a” (Chl) i widzialności krążka Secchiego (SD). Skala TSI waha się od wartości 0 określającej warunki oligotroficzne do wartości 100 odpowiadającej warunkom hipertroficznym. Istotną zaletą wskaźnika TSI jest możliwość określenia wzajemnych relacji pomiędzy poszczególnymi jego postaciami, które mogą być wykorzystywane w celu identyfikacji warunków panujących w zbiorniku wodnym (Jodłowski, Gutowska 2012). Ponadto wskaźniki te okazały się przydatne do tworzenia polityki zarządzania zasobami wodnym (Knoll i in. 2015). Sposoby kontroli i oceny postępów eutrofizacji słodkowodnych ekosystemów lądowych wciąż pozostają jednymi z najbardziej rozpowszechnionych problemów ekologicznych w skali globalnej, pomimo wielu lat badań (Dodds i in. 2009; Smith i Schindler 2009).

Celem pracy było przeprowadzenie oceny zmian stanu troficznego wód zbiornika Siemiatycze z wykorzystaniem indeksu Carlsona w wybranym przedziale czasowym ze szczególnym uwzględnieniem użytkowania wód akwenu. Podjęto także próbę identyfikacji potencjalnych

przyczyn ocenionego stanu troficznego badanego zbiornika na podstawie korelacji pomiędzy indywidualnymi wskaźnikami TSI.

MATERIAŁY I METODY

Badania prowadzono w roku hydrologicznym 2014 w oparciu o próbki wody pobierane ze zbiornika retencyjnego Siemiatycze, położonego na Podlasiu, na terenie powiatu siemiatyckiego, w mieście Siemiatycze. Rok 2014, charakteryzował się długo trwającą zimą i zalegającą pokrywą śnieżną, przez co okres wegetacyjny w regionie kraju, gdzie znajduje się zbiornik został przesunięty. W związku z tym postanowiono zbadać stan troficzny zbiornika retencyjnego Siemiatycze. Próbkę pobierano raz w miesiącu od maja do grudnia z głębokości około 0,5 m za pomocą pojemnika, wykonanego z polietylenu. Wyznaczono 7 punktów pomiarowo-kontrolnych, które były usytuowane w charakterystycznych miejscach trzech zbiorników wodnych, tworzących akwen Siemiatycze. Punkty te znajdowały się w następujących miejscach:

- dopływ rzeki Kamionki do Zalewu III;
- zatoka z miejscami do połowu ryb;
- pomost w pobliżu mostu z urządzeniem piętrzącym;
- most z urządzeniem piętrzącym;
- dopływ rzeki Mahomet do Zalewu II;
- okolice kanału doprowadzającego wodę z Zalewu II do Zalewu I
- ujście rzeki Kamionki z Zalewu I.

Na rysunku 1 przedstawiono mapę, na której zaznaczono punkty poboru wody.



Rys. 1. Rozmieszczenie punktów pomiarowo-kontrolnych

Fig. 1. Distribution of measurement and control points

W próbkach wody oznaczono stężenie fosforu ogólnego, stężenie azotu ogólnego zgodnie z obowiązującą metodyką badań (Hermanowicz, 1999, Namieśnik i in. 1995). Oznaczenie koncentracji chlorofilu „a” przeprowadzono za pomocą metody spektrofotometrycznej, zgodnie z Polską Normą PN-86/C-05560.02. Ponadto dokonano oceny stanu troficznego zbiornika retencyjnego za pomocą indeksów troficznych (TSI – Trophic State Index) Carlsona oraz Kratzera i Brezonika (Kratzer, Brezonik 1981). Wskaźniki te opierają się na dokonanych pomiarach stężeń chlorofilu „a”, fosforu ogólnego, azotu ogólnego, a także przezroczystości wody, mierzonej krążkiem Secchiego. Podczas oceny postępu eutrofizacji w sztucznych zbiornikach wodnych małe znaczenie ma przezroczystość wody, dlatego że wody dopływające w trakcie oraz po silnych opadach atmosferycznych wprowadzają znaczne ilości zawieszin, które z kolei mogą powodować zmętnienie retencjonowanej wody, które nie jest związane z rozwojem fitoplanktonu (Siemieniuk i in. 2013).

Każdy ze składników indeksu Carlsona może być stosowany oddzielnie do oceny stopnia eutrofizacji. Najbardziej istotny jest wskaźnik opierający się na zawartości chlorofilu „a”, ponieważ jest odzwierciedleniem biomasy glonów. Najmniej ważnym indeksem, którego samego nie można interpretować jest indeks oparty na przezroczystości. Należy go interpretować wraz z innymi indeksami. Wskaźniki przyjmują wartości od 0 do 100, przy czym wartości poniżej 30 oznaczają oligotrofię, a te powyżej 70 to hipertrofia. Składają się z trzech wzorów liczbowych dla chlorofilu „a” (2), fosforu ogólnego (3) i widzialności krążka Secchiego (1), oraz zestawienia (tabela 1), które pozwala na sklasyfikowanie stanu troficznego danego zbiornika wodnego (Neverova-Dziopak 2010):

$$TSI(SD) = 14,41 * \ln(SD) + 60 \quad (1)$$

$$TSI(CHL) = 9,81 * \ln(CHL) + 30,6 \quad (2)$$

Tabela 1. Ocena stanu troficznego według wskaźników Carlsona oraz Kratzera i Brezonika (Carlson 1977)

Table 1. Indication of trophic status according to Carlson and Kratzer and Brezonik (Carlson 1977)

TSI	Stan eutroficzny
< 40	Oligotrofia
40 - 50	Mezotrofia
50 - 70	Eutrofia
>70	Hipertrofia

$$TSI(TP) = 14,42 * \ln(TP) + 4,15 \quad (3)$$

gdzie: SD – widzialność krążka Secchiego [m];
CHL – zawartość chlorofil „a” [$\mu\text{g}/\text{dm}^3$];
TP – zawartość fosforu ogólnego [$\mu\text{g}/\text{dm}^3$].

Na podstawie indeksów Carlsona został opracowany indeks uwzględniający azot ogólny. Oblicza się go na podstawie wzoru 4 (Kratzer, Brezonik 1981):

$$TSI(TN) = 14,43 * \ln(TN) + 54,45 \quad (4)$$

gdzie: TN – stężenie azotu ogólnego [mg/dm^3]

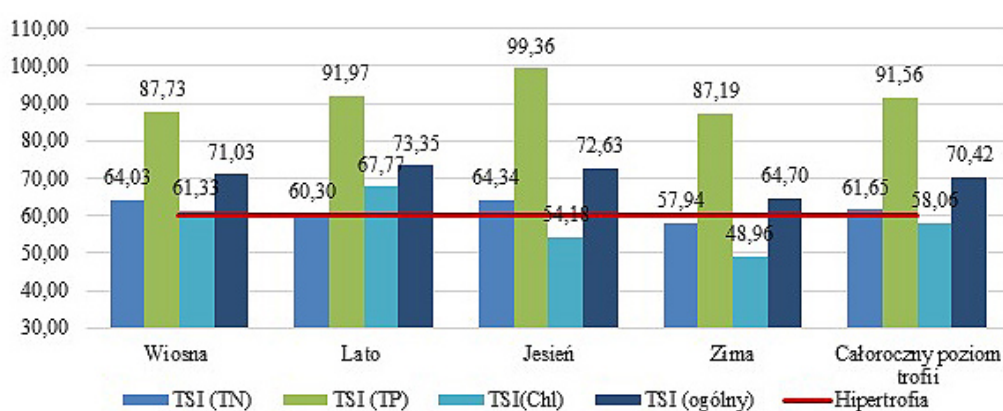
Zbiornik Siemiatycze powstał na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku do pełnienia funkcji gospodarczych, rekreacyjnych i krajobrazowych. Obiekt wykonano i zagospodarowano w celu retencji wody, rekreacji, ekstensywnej hodowli ryb i jako element poprawiający atrakcyjność miasta. Składa się z 3 bezimiennych zbiorników retencyjnych połączonych ze sobą i traktowanych jako jeden obiekt wodny. Kompleks akwenów wodnych powstał poprzez przegrodzenie dolin rzek Kamionka i Mahomet. Od strony zachodniej i południowej zostały wybudowane zapory ziemne czołowo położone w odległości 690 m od siebie, zaś od strony wschodniej i północno - wschodniej wykorzystano naturalne ukształtowanie terenu tzn. zbocza wysoczyzny (Frąk i in. 2012). W tabeli 2 przedstawiono parametry 3 akwenów tworzących zbiornik Siemiatycze.

WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

Wskaźnik ogólnego poziomu trofii dla akwenów w Siemiatyczach wahał się od 64,70 zimą do 73,35 latem. Zimą ogólny stan troficzny zbiornika został określony jako eutroficzny, w pozostałych porach roku zbiornik był klasyfikowany jako hipertroficzny. Na wysoki indeks TSI wpływały: stężenie fosforu ogólnego, następnie azotu ogólnego, zaś najmniejszy udział miała zawartość chlorofilu „a”. Wartość TSI(TP) wahały się w przedziale od 87,83 zimą do 99,36 jesienią. Rozpatrując poszczególne pory roku stwierdzono, że stężenie fosforu ogólnego we wszystkich porach roku klasyfikowało poziom trofii zbiornika Siemiatycze jako hipertroficzny. Stężenie azotu ogólnego we wszystkich porach roku wskazywało stan eutroficzny. TSI(TN) największą wartość osiągnęło wiosną 64,03, najmniejszą zaś zimą 57,94. Wskaźnik TSI(Chl) wahał się od 48,96

Tabela 2. Podstawowe parametry zbiornika Siemiatycze**Table 2.** Basic parameters of the Siemiatycze reservoir

Parametry	Jednostka	Zalew I	Zalew II i III
Rok budowy	rok	1973	1978-1983
Długość	m	400	1800
Szerokość	m	150	180
Powierzchnia	ha	6,18	27,4
Objętość	tys. m ³	88,5	548
Średnia głębokość	m	1,4	1,92
Długość korony	m	450	450
Wysokość piętrzenia	m	3,0	5,1
Nachylenie skarpy	m	1:3	1:3

**Rys. 2.** Stan troficzny zbiornika Siemiatycze w poszczególnych porach roku**Fig. 2.** Trophic State of Siemiatycze reservoir at particular times of the year

zimą do 67,77 latem, przyporządkowując zbiornik do akwenów eutroficznych, jedynie wartość zimowa wskazywała na stan mezotroficzny, co spowodowane jest sezonowym zanikiem rozwoju fitoplanktonu.

Niekiedy TSI(Chl) zimą w zbiornikach wodnych przyjmuje wartości ujemne, co potwierdzają badania Siemieniuk i Szczykowskiej (Siemieniuk i in. 2013), aczkolwiek w sezonie w którym prowadzono badania, zima rozpoczęła się późno, a w listopadzie oraz grudniu panowały temperatury dodatnie, które dalej stymulowały rozwój roślinności i glonów w wodzie, stąd dość wysoki wskaźnik TSI(Chl) jak na tę porę roku. W tabeli 3 i 4 przedstawiono całoroczną ocenę stanu troficznego wód akwenów w Siemiatyczach względem poszczególnych punktów pomiarowo-kontrolnych.

Ocena stanu troficznego wód zbiornika Siemiatycze na podstawie poszczególnych punktów pomiarowo-kontrolnych jest nieznacznie zróżnicowana. W przypadku TSI w funkcji azotu ogólnego

nie stwierdzono przekroczenia poziomu hipertroficznego. W punkcie 4 wartość TSI(TN) warunkuje mezotrofię, w pozostałych punktach poboru wartości definiują eutrofię. Oceniając każdy punkt pomiarowo-kontrolny w oparciu o TSI w funkcji chlorofilu „a” stwierdzono wysoki stan eutroficzny wód zbiornika siemiatyckiego. Biorąc pod uwagę całoroczny poziom trofii w poszczególnych punktach pomiarowo – kontrolnych stwierdzono, że TSI(TP) w każdym punkcie wskazuje na stan hipertroficzny, wpływa również na ogólny wskaźnik TSI, który we wszystkich punktach poboru oprócz 4 wskazuje hipertrofię. Najwyższą wartość TSI równą 73,39 odpowiadającą hipertrofii, stwierdzono w 1 punkcie pomiarowo-kontrolnym. Punkt ten to dopływ rzeki Kamionki do zalewów siemiatyckich. Można wnioskować, że rzeka wnosi znaczne zawartości związków biogenych do wód zbiornika w Siemiatyczach. Natomiast najniższa wartość TSI ogólnego równą 66,30 zaobserwowano w 4 punkcie pomiarowo-kontrolnym. Wartość ta wskazuje

Tabela 3. Ocena stanu troficznego zbiornika Siemiatycze w poszczególnych porach roku**Table 3.** Assessment of trophic state the reservoir Siemiatycze at particular times of the year

Indeks TSI	Wiosna	Lato	Jesień	Zima	Całoroczny poziom trofii
TSI (TN)	eutrofia	eutrofia	eutrofia	eutrofia	eutrofia
TSI (TP)	hipertrofia	hipertrofia	hipertrofia	hipertrofia	hipertrofia
TSI (Chl)	eutrofia	eutrofia	eutrofia	mezotrofia	eutrofia
TSI (ogólny)	hipertrofia	hipertrofia	hipertrofia	eutrofia	hipertrofia

Tabela 4. Średni całoroczny stan troficzny wód zbiornika w Siemiatyczach w poszczególnych punktach pomiarowo-kontrolnych**Table 4.** Trophic state of water Siemiatycze reservoir in individual points measuring-control

Indeks TSI	Punkty pomiarowo - kontrolne						
	1	2	3	4	5	6	7
TSI (TN)	68,54	61,38	61,75	47,76	62,56	58,30	64,06
TSI (TP)	91,30	90,57	90,47	91,23	92,73	97,86	91,40
TSI (Chl)	60,31	60,90	61,23	59,90	58,64	60,45	62,04
TSI (ogólny)	73,39	70,95	71,15	66,30	71,31	72,20	72,50

Tabela 5. Wartości współczynnika korelacji Pearsona**Table 5.** Pearson correlation coefficient

Indeks TSI	TSI (TN)	TSI (TP)	TSI(Chl)	TSI (ogólny)
TSI (TN)	1	-0,1262	0,2194	0,9273
TSI (TP)	-0,1262	1	-0,2191	0,2234
TSI (Chl)	0,2194	-0,2191	1	0,2797
TSI (ogólny)	0,9273	0,2234	0,2797	1

stan eutroficzny, który spowodowany może być znacznie szybszym przepływem wody w tym punkcie poprzez umiejscowienie urządzenia piętrzącego.

Dodatkowo w celu określenia zależności pomiędzy poszczególnymi indeksami TSI wykonano korelację Pearsona za pomocą programu Statistica 10.

Według korelacji Pearsona (tabela 5) między większością wskaźników TSI nie ma zależności liniowej albo jest bardzo słaba, mało istotna. Jedynie jedna para TSI (TN) – TSI (ogólny) ($R = 0,9273$) wykazała zależność prawie pełną, istotną. Wykorzystanie indeksów troficzności TSI pozwoliło na szeroką interpretację jakości wód analizowanego zbiornika zaporowego. Obliczone wartości liczbowe wskaźników TSI ilustrują trendy zmian w obrębie jednej kategorii troficznej. Ogólny współczynnik TSI łączy ze sobą wszystkie obliczone indeksy TSI (TP), TSI (TN), TSI (Chl), co umożliwia wieloparametrową ocenę w postaci jednej wartości liczbowej, ułatwia to znacznie interpretację. W przypadku oceny stanu troficznego na podsta-

wie wartości granicznych dla poszczególnych wskaźników eutrofizacji nie jest to takie jednoznaczne (Siemieniuk i in. 2013).

Zbiorniki zaporowe o wysokim poziomie trofii odznaczają się „zakwitami” powierzchni wody, co ma miejsce w przypadku badanego akwenu corocznie. Oprócz wysokich zawartości związków biogennych przyczynia się do tego zjawiska mała głębokość i dość duża w stosunku do niej powierzchnia sztucznego zbiornika (Siemieniuk i in. 2013). Lokalizacja akwenów na obszarze silnie zmienionym przez antropopresję nader często zwiększa ich podatność na zjawisko eutrofizacji (Gołdyn i in. 2003). Z uwagi na znaczenie gospodarcze akwenu siemiatyckiego i jego kompleksowe wykorzystanie, konieczne staje się podjęcie skutecznych działań, nie wykluczając modernizacji zbiornika, w kierunku poprawy jakości wód. Bez poprawy jakości wód i bez podjęcia jakichkolwiek działań w tym kierunku stan zbiornika w Siemiatyczach raczej nie ulegnie korzystnej zmianie. Nadal będzie on pełnić jedynie funkcje retencyjne, przeciwpożarowe oraz regulacji spływu wód roztopowych i opadowych.

Zakwity wód blokują skutecznie wykorzystanie rekreacyjne, które może pociągać za sobą straty finansowe miasta, które zainwestowało w renowację plaży miejskiej oraz wypożyczalni sprzętu wodnego. Za poprawą jakości ich wód, ale również zabezpieczenie przed powtórzeniem katastrofy ekologicznej sprzed 11 lat powinno być głównym powodem (Stowarzyszenie Bioregion 2009). Niesprzyjające warunki atmosferyczne tzn. wysoka temperatura i długi okres bez opadów atmosferycznych przy obecnym, tak wysokim stanie troficznym mogą spowodować długi „zakwit sinicy”, który może stanowić zagrożenie dla środowiska naturalnego i mieszkańców terenów otaczających zbiornik Siemiatycze.

WNIOSKI

1. Ogólny współczynnik TSI pozwala na wieloparametrową ocenę stanu troficznego danego zbiornika wodnego, ponieważ łączy ze sobą wszystkie obliczone indeksy TSI(TP), TSI(TN), TSI(Chl).
2. Zaobserwowano sezonowe zmiany stanu troficznego wód zbiornika Siemiatycze, który został określony za pomocą indeksów troficzności TSI jako hipertroficzny.
3. Rolniczy charakter użytkowania terenu zlewni znacznie wpływa na pogorszenie stanu troficznego zbiornika małej retencji.
4. Badania wykazały zasobność wód akwenów w Siemiatyczach w związku fosforu, co prawdopodobnie było spowodowane spływami powierzchniowymi z terenów użytkowanych rolniczo.

LITERATURA

1. Carlson R.E. 1977. A trophic state index for lakes, *Limnology and Oceanography* 1977, 22(2), 361–369.
2. Dodds, W.K., Bouska, W.W., Eitzmann, J.L., Pilger, T.J., Pitts, K.L., Riley, A.J., Thornbrugh, D.J. 2009. Eutrophication of US freshwaters: analysis of potential economic damages. *Environmental Science & Technology*, 43(1), 12–19.

3. Frąk M., Karczmarczyk A., Nowosielski J. 2012. Stan zanieczyszczenia zbiornika nr II w Siemiatyczach a jego walory użytkowe, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, nr 3/IV, 79–87.
4. Gołdyn R., Joniak T., Kowalczyńska-Madura K., Kozak A. 2003. Trophic state of a lowland reservoir during 10 years after restoration, *Hydrobiologia*, 506(1), 759–765.
5. Hermanowicz W., Dożańska W., Dojlido J., Kozirowski B., Zerbe J. 1999. Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. *Arkady*, Warszawa.
6. Jodłowski A., Gutkowska E. 2012. Ocena stanu troficznego wód Zbiornika Sulejowskiego na podstawie indeksu Carlsona, *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, t. 15, nr 4, 341–351.
7. Knoll, L.B., Hagenbuch, E.J., Stevens, M.H., Vanni, M.J., Renwick, W.H., Denlinger, J.C., Gonzalez, M.J. 2015. Predicting eutrophication status in reservoirs at large spatial scales using landscape and morphometric variables. *Inland Waters*, 5(3), 203–214.
8. Kratzer C.R., Brezonik P.L. 1981. A Carlson-type trophic state index for nitrogen in Florida Lakes. *Water Research Bull.*, 17, 713–715.
9. Namieśnik J., Łukasiak J., Jamrógiewicz Z. 1995. *Pobieranie próbek środowiskowych do analizy*. PWN Warszawa.
10. Neverova-Dziopak E. 2010. *Podstawy zarządzania procesem eutrofizacji antropogenicznej*, wyd. AGH, Kraków.
11. Siemieniuk A., Szczykowska J., Wiater J. 2013. Sezonowe zmiany stanu troficznego zbiorników retencyjnych, *Ekonomia i Środowisko*, 2(45), 107–116.
12. Smith, V.H., Schindler, D.W. 2009. Eutrophication science: where do we go from here? *Trends in Ecology & Evolution*, 24(4), 201–207.
13. Stowarzyszenie Bioregion: Siemiatycze – miasto trzech rzek, Siemiatycze 2009.
14. Szczykowska J., Siemieniuk A., Wiater J. 2013. Problemy ekologiczne zbiorników małej retencji na Podlasiu, *Ekonomia i Środowisko*, 4(47), 234–244.
15. Tarkowska-Kukuryk M. 2013. Effect of Phosphorous Loadings on Macrophytes Structure and Trophic State of Dam Reservoir on a Small Lowland River (Eastern Poland), *Archives of Environmental Protection*, 39(3), 33–46.
16. Wiater J., Siemieniuk A., Szczakowska J. 2012. Rola zbiornika małej retencji w kształtowaniu jakości wód powierzchniowych, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 6, 279–282.