

Wojciech PĘCZUŁA, Magdalena SUCHORA

Katedra Hydrobiologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Department of Hydrobiology, University of Life Sciences in Lublin

Analiza przyczyn występowania złej jakości wody w zbiorniku retencyjnym w Kraśniku w pierwszych latach jego funkcjonowania

Analysis of causes of poor water quality in water-retention reservoir in Kraśnik in the first years of its functioning

Słowa kluczowe: eutrofizacja, zakwity cyjanobakterii, zewnętrzny ładunek fosforu
Key words: eutrophication, cyanobacterial blooms, phosphorus external load

Wprowadzenie

Sztuczne zbiorniki wodne są nieodłącznym elementem krajobrazu rolniczego. Budowane są dla bardzo różnych celów, wśród których w Polsce dominują: magazynowanie wody (dla rolnictwa, na potrzeby komunalne), ochrona przeciwpowodziowa, energetyka oraz rekreacja (Mikulski 1998). Obecnie w Polsce w ramach programów gospodarki wodnej (lokalnych, regionalnych i krajowych) planowane jest utworzenie nowych zbiorników tego typu. Przykładowo w województwie lubelskim w ciągu ostatnich dziesięciu lat powstało kilka,

a planowanych jest dalszych kilkanaście zbiorników wodnych (Program Gospodarki... 2003).

Cele, dla jakich powstaje sztuczny zbiornik wodny, determinują sposób jego funkcjonowania oraz określają wartość parametrów ilościowych i jakościowych wody, które pozwalają zapewnić właściwe jego użytkowanie. Dla zbiorników przeciwpowodziowych najważniejsze wydają się na przykład parametry ilościowe wody (takie jak dobrze zaprojektowana pojemność użytkowa), które umożliwią w przypadku wezbrania zmniejszenie fali powodziowej poniżej zbiornika. W zbiornikach, które mają pełnić funkcję rekreacyjną, kluczowym problemem jest natomiast jakość wody. Zagrożenie eutrofizacją i ryzyko pojawienia się zakwitów sinic są podstawowymi elementami, które powinny być uwzględniane przy projektowaniu

i budowie zbiorników rekreacyjnych (Cooke i in. 2005).

Podatność zbiorników zaporowych na eutrofizację zależy od wielu czynników, m.in. od morfometrii jego czaszy, czasu wymiany wody czy sposobu zagospodarowania zlewni. Szczególnie ważne są takie parametry, jak: morfometria czaszy zbiornika (m.in. głębokość średnia i pojemność), hydrologia (m.in. czas wymiany wody), charakter zlewni (m.in. geologia, sposób zagospodarowania) – Wagner i Zalewski (2000). W przypadku zbiorników położonych na terenach użytkowanych rolniczo ryzyko zwiększonej dostawy związków biogenych do wód powierzchniowych jest wyjątkowo duże (Matson i in. 1997)

Oprócz parametrów fizjograficzno-hydrologicznych w kształtowaniu jakości wody w zbiorniku również duże znaczenie ma stopień wykształcenia biocenozy oraz ilość i jakość interakcji troficznych (czyli sieci powiązań między organizmami). Dlatego w początkowym okresie po napełnieniu, kiedy biocenozy te dopiero się

wykształcają, zbiornik sztuczny znajduje się w okresie wyjątkowej niestabilności troficznej. W przypadku zbiornika zagrożonego szybką eutrofizacją już w drugim lub trzecim roku od jego powstania może dojść do pogorszenia się jakości wody i zakwitów sinic. Istnieje wiele przykładów takiego procesu zarówno z Polski, jak i innych krajów (Górniak 2006).

Przykładem zbiornika, w którym w krótkim czasie po napełnieniu nastąpiło pogorszenie się jakości wody oraz wystąpiły zakwity sinic, jest Zalew Kraśnicki położony na Wyżynie Lubelskiej. Celem pracy była analiza zagrożeń dla jakości wody w tym zbiorniku oraz próba znalezienia przyczyn szybkiej degradacji jego ekosystemu.

Material i metody

Teren badań

Powstały w 2006 roku Zalew Kraśnicki to niewielki powierzchniowo, płytki zbiornik retencyjny (tab. 1), przeznac-

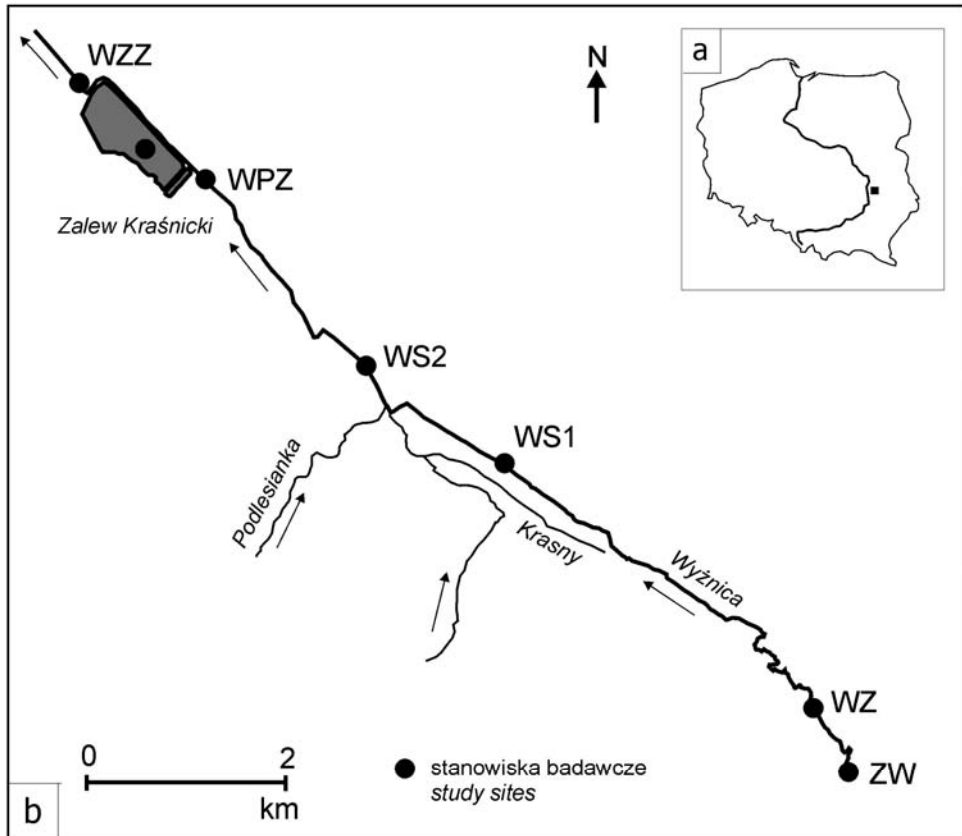
TABELA. 1. Parametry Zalewu Kraśnickiego
TABLE. 1. Parameters of Kraśnicki Reservoir

Wyszczególnienie Specification	Zbiornik główny Main reservoir	Zbiornik wstępny Preliminary buffer reservoir
Powierzchnia [km ²] Area	0,39	0,023
Głębokość średnia [m] Mean depth	2,5	0,5
Pojemność [tys. m ³] Water volume [10 ³ m ³]	996,0	11,6
Długość linii brzegowej [m] Shoreline	2927	763
Długość maksymalna [m] Max length	1180	330
Szerokość maksymalna [m] Max width	570	75
Średni czas retencji [d] Water residence time [days]	40,2	

czony głównie do gromadzenia wody dla celów wyrównywania przepływów niskich poniżej przekroju piętrzenia. Ponadto jego docelowym zadaniem było wykorzystanie rekreacyjne oraz prowadzenie gospodarki wędkarskiej. W skład zalewu wchodzi: zbiornik główny oraz sąsiadujący z nim od strony południowo-wschodniej zbiornik wstępny (rys. 1).

Zalew Kraśnicki znajduje się w zachodniej części Wyżyny Lubelskiej, będącej obszarem o wyjątkowo ubogiej w

skali Polski sieci wód powierzchniowych (Michalczyk i Wilgat 1998). Zlewnia Zalewu niemal w całości położona jest w obrębie mezoregionu Wzniesień Urzędowskich, jedynie jej niewielki, wschodni fragment znajduje się w obrębie Roztocza Zachodniego. Cechą charakterystyczną obu mezoregionów (w tym także zlewni zbiornika) jest obecność pokrywy lessowej o dużej miąższości (do 20 m). W jej obrębie rozwinęła się urozmaicona rzeźba, cechująca się dużymi deniwelacjami



RYSUNEK 1. Lokalizacja zlewni Zalewu Kraśnickiego (a) oraz rozmieszczenie stanowisk badawczych (b)

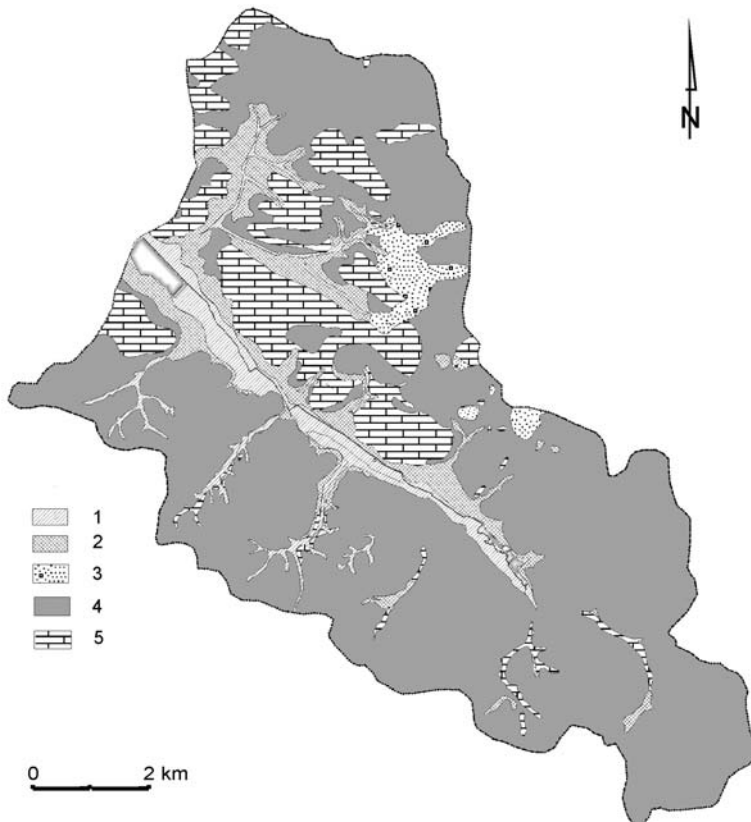
FIGURE 1. Location of Kraśnicki Reservoir drainage basin (a) and study sites (b)

i obecnością licznych wąwozów. Zalegające pod warstwą lessu skały węglanowe odsłaniają się na powierzchni głównie w północnej części zlewni – na północ od doliny Wyżnicy (rys. 2).

Badany zbiornik zasilany jest wodami rzeki Wyżnicy, prawostronnego dopływu Wisły. Zalew powstał w odcinku rozszerzonego dna doliny Wyżnicy, na obszarze dawnych stawów rybnych. Pierwotnie teren ten zajęty był przez łąki, pastwiska i nieużytki.

Powierzchnia zlewni całkowitej Zalewu wynosi 86,8 km². Na jej obszarze dominuje użytkowanie rolnicze. Jedy- nym zwartym obszarem zurbanizowa- nym jest miasto Kraśnik.

Wody zasilającej Zalew rzeki Wy- żnicy cechuje wysokie przewodnictwo elektrolityczne oraz duże stężenie za- wiesiny ogólnej, co jest charaktery- styczne dla cieków o zlewniach zbudowa- nych ze skał wapiennych i lessowych oraz użytkowanych rolniczo (Pasternak 1968, Józefaciuk 1995). Na odcinku



RYSUNEK 2. Geologia zlewni Zalewu Kraśnickiego (na podstawie Szczegółowej mapy geologicznej 1 : 50 000 ark. Kraśnik i Zakrzówek): 1 – osady rzeczne i deluwialne, 2 – gliny, mulki, piaski i żwiry deluwialne, 3 – piaski i żwiry lodowcowe, 4 – lessy, 5 – opoki i opoki margliste

FIGURE 2. Catchment geology of the Kraśnicki Reservoir: 1 – river sediments, 2 – deluvial clays, silts, sands and gravels, 3 – glacial sands and gravels, 4 – loesses, 5 – marls

powyżej Zalewu rzeka Wyżnica jest częściowo uregulowana (około 20% długości), w pozostałej części jest ciekim naturalnym, o krętym, wąskim korycie i spadku 3,4%. Przepływ rzeki w przekroju zbiornika wynosi $0,29 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (BIPROMEL 2000a). W normalnych warunkach piętrzenia przez Zalew przepływa jedynie część wód Wyżnicy, pozostała część płynie korytem przebiegającym po północnej stronie zbiornika. Przy wysokich stanach wody Wyżnicy w całości przeprowadzane są poza zbiornikiem (BIPROMEL 2007). Na terenie miasta Kraśnika Wyżnica przyjmuje dwa niewielkie dopływy – ciek Krasny i Podlesianka.

W Zalewie Kraśnickim w drugim roku od napełnienia stwierdzono symptomy szybkiej eutrofizacji, objawiające się pojawieniem latem zakwitów sinic, m.in. potencjalnie toksycznej *Aphanizomenon flos-aquae* (Kornijów i in. 2008). Było to jedną z przyczyn zamknięcia funkcjonującego tam kąpieliska.

Metody

Analiza zagrożeń jakości wody w Zalewie Kraśnickim obejmowała badania podstawowych parametrów troficznych zbiornika i rzeki go zasilającej, identyfikację punktowych źródeł zanieczyszczeń oraz analizę struktury zlewni jako źródła zanieczyszczeń o charakterze obszarowym.

Badania podstawowych parametrów troficznych wykonano w latach 2008–2009. Latem (lipiec 2008, sierpień 2009) pobrano próby wody w Zalewie Kraśnickim, jak również w rzece Wyżnicy na kilku stanowiskach usytuowanych wzdłuż jej biegu. Były to: wpływ ze źródła, odcinek źródłowy, środkowy (2 stanowiska), bezpośrednio powyżej

Zalewu oraz bezpośrednio poniżej Zalewu (rys. 1).

W próbach wody oznaczono stężenie: chlorofilu-*a* (metodą etanolową) i fosforu ogólnego (metodą molibdenianową). Dodatkowo tylko w zbiorniku głównym mierzono przezroczystość wody (krążkiem Secchiego). Na podstawie uzyskanych wyników obliczono współczynnik stanu trofii zbiornika, korzystając ze wzorów Carlsona (1977, za: Cooke i in. 2005).

Obciążenie zbiornika fosforem ze źródeł zewnętrznych oszacowano kilkoma różnymi metodami. Uwzględniono teoretyczną dostawę fosforu ze zlewni do rzeki Wyżnicy i Zalewu na podstawie współczynników spływu związków biogennych z różnych kategorii użytkowania ziemi zaproponowanych w pracy Soszki (2010) – tabela 2.

Ponadto trzy razy w roku (wiosna, lato, jesień) badano koncentrację fosforu ogólnego w rzece Wyżnicy przed Zalewem. Następnie, uwzględniając średni czas retencji obliczony na podstawie średniego przepływu rzeki dla wielolecia (BIPROMEL 2000a), oszacowano obciążenie zbiornika fosforem, korzystając ze wzorów Vollenweidera (1976).

Oceny zlewni, jako źródła obszarowego substancji biogennych, dokonano także na podstawie metodyki Bajkiewicz-Grabowskiej (1985, 1987). Uwzględniono w niej: procent obszarów bezodpływowych, stoczystość, gęstość sieci rzecznej, budowę geologiczną, strukturę użytkowania ziemi, a także indeks Ohlego oraz typ bilansowy zbiornika. Parametry morfometryczne i hydrograficzne obliczono na podstawie map topograficznych w skali 1 : 25 000, budowę geologiczną zlewni przeana-

TABELA 2. Wartości jednostkowych ładunków fosforu przyjęte do obliczenia obciążenia zbiornika (Soszka 2010)

TABLE 2. Values of phosphorus loads used to calculate the reservoir total load

Sposób użytkowania terenu Land use	Ładunek jednostkowy [kg·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹] Load [kg·ha ⁻¹ ·year ⁻¹]
Lasy Forests	0,1
Pola orne i tereny o rozproszonej zabudowie Arable land and scatered housing	0,3
Łąki i pastwiska Meadows and pastures	0,2
Środowiska podmokłe Wetlands	0,1
Ugory Barren land	0,2
Zabudowa zwarta Concentrated housing	0,9

lizowano na podstawie Szczegółowej mapy geologicznej 1 : 50 000, udział zaś form użytkowania ziemi ustalono, korzystając ze zdjęć lotniczych oraz map topograficznych uzupełnionych o dane z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego. Obliczenia powierzchni poszczególnych użytków dokonano z zastosowaniem technik GIS (oprogramowanie ArcGIS 9.2).

Analizę rozmieszczenia punktowych źródeł zanieczyszczeń przeprowadzono, wykorzystując materiały uzyskane w Urzędzie Miasta Kraśnika oraz dwukrotną wizję lokalną (wiosna 2008).

Wyniki

W obu sezonach letnich współczynnik stanu trofii zbiornika (WST_{sr}), pokazujący zarówno pulę fosforu w zbiorniku, jak i „reakcję biologiczną” (stężenie fitoplanktonowego chlorofilu-*a* oraz przezroczystość wody), był wysoki i wynosił odpowiednio 75,5 oraz 77,4 (tab. 3). Związane to było głównie z bardzo dużymi wartościami stężeń fosforu ogólnego w zbiorniku głównym, wynoszącymi latem od 0,274 do 0,752 mg·dm⁻³. Największe różnice w ciągu dwóch lat badań w wartościach wskaźnika stwier-

TABELA 3. Wartości wskaźnika stanu trofii (WST) Carlsona w Zalewie Kraśnickim (zbiornik główny) w 2008 i 2009 roku

TABLE 3. Carlson Trophic State Index (TSI) in Kraśnik Reservoir (main basin) in 2008 and 2009

Rok/Year	WST_{chl-a}	WST_{SD}	WST_{TP}	WST_{sr}
2008	72,6	68,6	85,2	75,5
2009	62,6	70,0	99,7	77,4

dzono dla chlorofilu-*a* – w 2008 roku stężenia chlorofilu-*a* było duże i wynosiło $72,4 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$, w roku następnym zmniejszyło się do $26,1 \mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$. Przezroczystość wody w badanym zbiorniku była stosunkowo mała w obu latach badań (0,55 i 0,40 m).

Wartości stężenia fosforu ogólnego w rzece Wyżnicy mieściły się w zakresie $0,12\text{--}2,20 \text{ mg}\cdot\text{P}\cdot\text{dm}^{-3}$. W obu latach badań stwierdzono wzrost koncentracji fosforu ogólnego w rzece na odcinku między źródłem a Zalewem Kraśnickim (rys. 3).

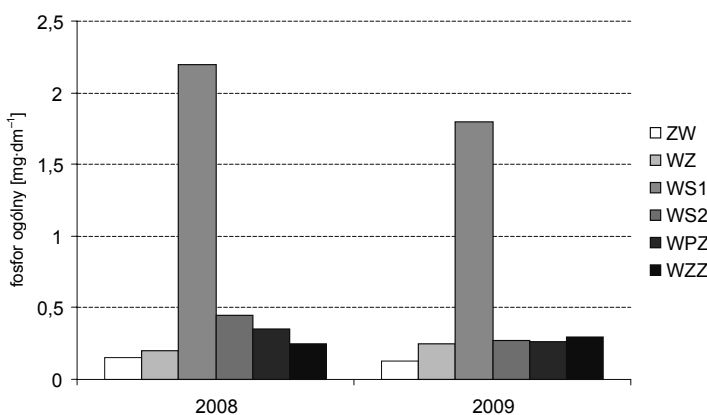
Wyniki obliczeń obciążenia zbiornika fosforem przez wody rzeki Wyżnicy z obu lat (średnie dla trzech sezonów) pokazują, że Zalew Kraśnicki otrzymał bardzo duży ładunek fosforu, wynoszący $5,87 \text{ g}\cdot\text{P}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ w 2008 roku i $4,50 \text{ g}\cdot\text{P}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ w 2009 roku.

Analiza struktury zlewni wykazała duży udział procentowy użytków rolnych (ze zdecydowaną dominacją gruntów ornych) oraz terenów zabudowanych i stosunkowo mały udział lasów (rys. 4, tab. 4). Grunty orne zajmują 71% po-

wierzchni zlewni, a pola uprawne zorientowane są głównie wzdłużstokowo. Użytki zielone występują przeważnie w dolinach rzek. Zwarta zabudowa skupiona jest głównie na obszarze dolnym, w bezpośredniej bliskości rzeki Wyżnicy. Lasy (15,3% powierzchni), rozmieszczone są na obszarze całej zlewni, w niewielkich kompleksach, głównie na terenach objętych zjawiskiem erozji wąwozowej, niemożliwych do użytkowania rolniczego.

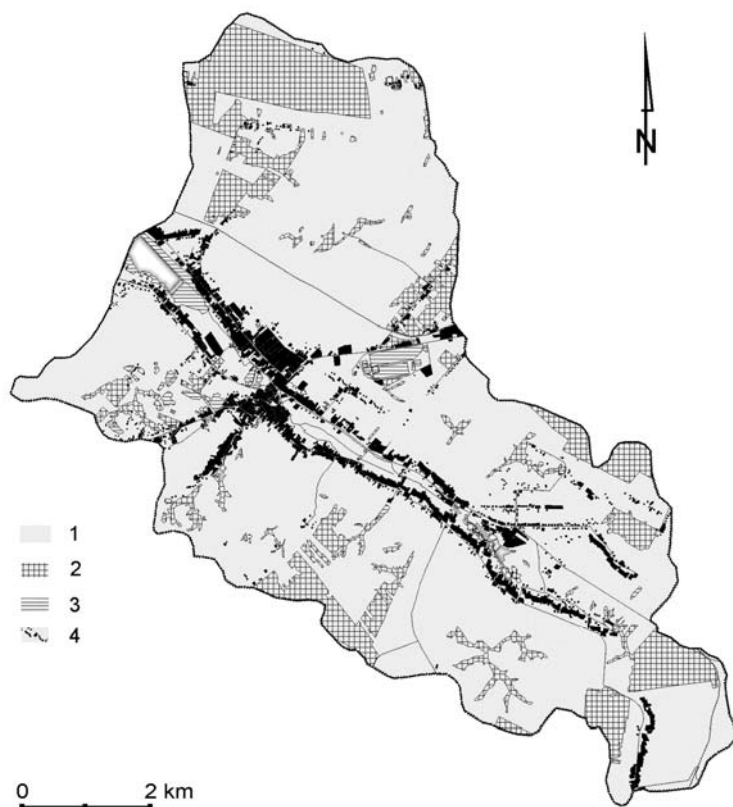
Oszacowana dostawa fosforu z całej powierzchni zlewni wyniosła około $58,2 \text{ t}\cdot\text{P}\cdot\text{rok}^{-1}$, co daje teoretyczne obciążenie zalewu tym pierwiastkiem $138,9 \text{ g}\cdot\text{P}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ (bez uwzględnienia efektu samooczyszczania się rzeki i innych czynników).

Uzyskane wyniki są zbieżne z wynikami analizy wpływu zlewni na zbiornik, przeprowadzonej na podstawie metodyki Bajkiewicz-Grabowskiej. Obliczone parametry i przeprowadzona bonitacja przesądzają o zaklasyfikowaniu



RYSUNEK 3. Wartości stężenia fosforu ogólnego w rzece Wyżnicy w latach 2008–2009

FIGURE 3. Total phosphorus concentration in Wyżnica River in 2008–2009



RYSUNEK 4. Struktura użytkowania ziemi w zlewni całkowitej Zalewu Kraśnickiego: 1 – tereny rolnicze, 2 – lasy, 3 – inne, 4 – zabudowa

FIGURE 4. The land use in the Kraśnicki Reservoir drainage basin: 1 – agricultural area, 2 – forests, 3 – others, 4 – build-up land

TABELA 4. Udział procentowy form użytkowania ziemi w zlewni całkowitej Zalewu Kraśnickiego
TABLE 4. Percentage of land use forms in the Kraśnicki Reservoir drainage basin

Formy użytkowania ziemi Land use	Udział procentowy [%] Percentage of total
Lasy Forests	15,3
Tereny rolnicze / Agricultural area	74,0
– grunty orne / arable land	71,0
– użytki zielone / grasslands	3,0
Zabudowa / Build-up land	5,9
Inne (łąki, nieużytki, tereny przemysłowe, drogi) Others (meadows, barren land, industrial area, roads)	4,8

TABELA. 5. Ocena wpływu zlewni (według Bajkiewicz-Grabowskiej 1985)

TABLE 5. Evaluation of the catchment influence (according to Bajkiewicz-Grabowska 1985)

Parametr Parameter	Wartość/opis Value	Liczba punktów Points
Indeks Ohlego Ohle index	233,6	3
Typ bilansowy zbiornika Balance type of reservoir	przepływowy	3
Gęstość sieci rzecznej [km·km ²] River density	0,15	0
Stoczystość [%] Slope	11,75	2
Udział obszarów bezodpływowych [%] Endorheic areas	0	3
Budowa geologiczna Catchment geology	gliniasto-piaszczysta	1
Użytkowanie ziemi Land use	leśno-rolnicze z zabudową	3
Średnia arytmetyczna Mean	–	2,1

zlewni do typu IV – warunki zlewniowe sprzyjają spływom obszarowym, w konsekwencji zlewnia wywiera silną presję na jezioro (tab. 5).

Zabudowa miejska Kraśnika (36 tys. mieszkańców) znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki Wyżnicy, chociaż nie cały obszar miasta leży w obrębie zlewni. Kraśnik posiada kanalizację rozdzielczą – ścieki bytowe i przemysłowe odprowadzane są kanalizacją do oczyszczalni ścieków znajdującej się poza granicami zlewni. Wody opadowe trafiają natomiast, bez uprzedniego oczyszczenia, bezpośrednio do rzeki.

Z terenami zurbanizowanymi związane są główne zidentyfikowane punktowe źródła zanieczyszczeń dla jakości wód Wyżnicy. Przykładem jest Okręgowa Spółdzielnia Mleczarska w Kraśniku, odprowadzająca podczyszczone ścieki bezpośrednio do rzeki. Innymi potencjalnymi źródłami zanieczyszczeń

są stwierdzone podczas wizji lokalnej punktowe zrzuty ścieków bytowych z niektórych posesji położonych w Kraśniku. Dotyczy to zwłaszcza ciekłu Podlasianka, który mimo swego niewielkiego przepływu wpływać może negatywnie na jakość wód Wyżnicy.

Dyskusja

Zalew Kraśnicki w latach 2008–2009 znajdował się w stanie dużego przeżyźnienia. Świadczą o tym duże wartości wskaźnika stanu trofii, który osiągał wartości w zakresie 75,5–77,4. Ze względu na fakt, że zbiornik posiada stosunkowo niewielką zlewnię bezpośrednią, należy przyjąć, że głównym źródłem fosforu są wody rzeki Wyżnicy zasilającej Zalew Kraśnicki. Oszacowane wartości obciążenia zbiornika fosforem dostarczonym wodami rzeki (4,50–5,87 g P·m⁻²·rok⁻¹)

przekraczają znacznie ładunki dopuszczalne i niebezpieczne według kryteriów Vollenweidera (1976). Wysokie obciążenie związkami biogennymi Zalewu powoduje, że stężenia fosforu ogólnego w jego wodach są bardzo duże, latem znacznie przekraczające $0,1 \text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$. Jest to poziom charakterystyczny dla przeżyźnionych zbiorników hipertroficzných, a więc takich, w których są bardzo dobre warunki do rozwoju cyjanobakterii. Nadmierny rozwój fitoplanktonu wpływa na pozostałe parametry wody, m.in. na jej małą przejrzystość, co w przypadku zbiorników rekreacyjnych może doprowadzić do wyłączenia zbiornika z pełnienia tej funkcji.

Rzeka Wyżnica posiada stosunkowo dużą zlewnię, której aktualne użytkowanie (równoległe do stoków ułożenie działek rolnych, dominacja gruntów ornych na terenach zagospodarowanych rolniczo, mały odsetek użytków zielonych, gęsta sieć zabudowy wzdłuż rzeki) jest niekorzystne z punktu widzenia zagrożenia eutrofizacją wód. Dodatkowo za negatywnym wpływem zlewni przemawiają niektóre uwarunkowania fizyczno-geograficzne, takie jak: dominacja gleb nalessowych (Józefaciuk i Józefaciuk 1995), duża stoczystość oraz rozwinięta sieć wąwozów o ujściach skierowanych w stronę doliny Wyżnicy. Duża ilość zawiesiny w wodach rzecznych jest typowa dla rzek o zlewniach lessowo-węglanowych (Pasternak 1968).

Wymienione uwarunkowania powodują, że obszar zlewni Wyżnicy jest szczególnie podatny na procesy erozyjne, co sprawia, że do wód powierzchniowych dostarczany może być duży ładunek fosforu pochodzenia rolniczego (Carpenter 2005).

Potwierdzają to wyniki analizy zlewni pod kątem możliwości uruchamiania ładunków biogenów. Wartość oceny 2,1 pokazuje, że analizowana zlewnia charakteryzuje się dużym wpływem na zbiornik wodny. Na duży wpływ wskazuje także oszacowana wartość ładunku obszarowego fosforu generowanego przez zlewnię, która wynosi około $58,2 \text{ t P} \cdot \text{rok}^{-1}$. Jest to wartość teoretyczna pokazująca możliwość dostawy tego pierwiastka do rzeki, bez uwzględnienia położenia poszczególnych form użytkowania względem rzeki, istnienia stref buforowych oraz danych dotyczących nawożenia. Pewna część fosforu jest sedymentowana i wbudowywana w organizmy w samej rzece, co powoduje, że właściwy ładunek tego pierwiastka, dostający się do zbiornika, jest trudny do oszacowania.

Duże wartości stężeń fosforu, a co za tym idzie – duże obciążenie wód Zalewu Kraśnickiego jest prawdopodobnie tylko częściowo związane z niekorzystną strukturą zlewni. Duży wpływ mają także punktowe (dla rzeki) źródła zanieczyszczeń – oczyszczalnia ścieków Okręgowej Spółdzielni Mleczarskiej położona w środkowym biegu odcinka Wyżnicy. Zwiększone wartości stężeń fosforu ogólnego na odcinku położonym poniżej ujścia wód z oczyszczalni ścieków OSM wskazują na duży udział tego zakładu w ogólnej puli zanieczyszczeń.

Dodatkowymi czynnikami, które sprzyjają złej jakości wody w Zalewie Kraśnickim, są niekorzystne uwarunkowania morfometryczne samego zbiornika, wynikające z niewielkiej głębokości, umożliwiającej ciągle mieszanie wody do dna i silne nagrzewanie się wód w okresie wiosenno-letnim, oraz z otwartej przestrzeni wokół Zalewu i braku

osłony brzegów przed wiatrem (brak roślinności wysokiej), co ułatwia częste mieszanie wód do dna, resuspensję osadów dennych, a przez to wpływa na zwiększenie stężenia fosforu w wodzie (Kristensen i in. 1992).

Ze względu na krótki okres od momentu powstania Zalew Kraśnicki jest ekosystemem młodym, nieposiadającym wewnętrznych mechanizmów buforujących nadmierne zasilanie związkami biogennymi (obecność makrofitów, poprawna struktura sieci troficznych itp.). Sprawia to, że jakość wody w tego typu zbiornikach może ulegać „wahaniom” i w późniejszym okresie można oczekiwać lepszych jej parametrów. Należy jednak pamiętać, że wraz z upływem czasu każdy zbiornik tego typu będzie gromadził wewnętrzne zasoby związków biogennych. Według szacunków, Zalew Kraśnicki otrzymuje rocznie ładunek około 2,4 ton fosforu, z czego około 0,7 ton pozostaje w zbiorniku – wbudowane w biomasę organizmów i wytracone do osadów dennych (Kornijów i in. 2008). Każdego roku ilość fosforu zdeponowanego w Zalewie Kraśnickim będzie więc rosła, stając się dodatkowe (obok rzeki) jego źródło dla fitoplanktonu, co sprzyjać będzie dalszemu obniżeniu jakości wody.

Literatura

- BAJKIEWICZ-GRABOWSKA E. 1985: Struktura fizyczno-geograficzna zlewni jako podstawa oceny dostawy materii biogennej do jezior. *Prace i Studia Geograficzne* 7: 65–89.
- BAJKIEWICZ-GRABOWSKA E. 1987: Ocena naturalnej podatności jezior na degradację i rola zlewni w tym procesie. *Wiadomości Ekologiczne* 33: 279–289.
- BAJKIEWICZ-GRABOWSKA E. 2002: Obieg materii w systemach rzeczno-jeziornych. Uniwersytet Warszawski, Warszawa.
- BIPROMEL 2000a: Koncepcja programowo-przestrzenna zbiornika wodnego „Kraśnik” na rzece Wyżnicy, Warszawa.
- BIPROMEL 2000b: Operat wodno-prawny zbiornika wodnego „Kraśnik” na rzece Wyżnicy, Warszawa.
- BIPROMEL 2007: Zbiornik retencyjny na rzece Wyżnicy w m-ci Suchynia gm. Kraśnik i miejscowości Kolonia Wyżnianka gm. Dzierzkowice. Projekt instrukcji gospodarowania wodą, Warszawa.
- CARPENTER S.R. 2005. Eutrophication of aquatic ecosystems: Biostability and soil phosphorus – *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102, 29: 10002–10005.
- CHMIEL S. 2000: Uwagi o migracji mineralnych form azotu i fosforu w obiegu hydrologicznym na obszarze wyżynnym Lubelszczyzny. Problemy ochrony i użytkowania obszarów wiejskich o dużych walorach przyrodniczych. Wydaw. UMCS, Lublin: 157–160.
- COOKE G.D., WELCH E.B., PETERSON S.A., NICHOLS S.A. 2005: Restoration and Management of Lakes and Reservoirs, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- GIERCUSZKIEWICZ-BAJTLIK M. 1990: Prognozowanie zmian jakości wód stojących. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- GÓRNIAK A. 2006: Ekosystem zbiornika Siemianówka w latach 1994–2004 i jego rekultywacja. Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku, Białystok.
- JÓZEFACIUK A. 1995: Zagrożenie splukiwaniem powierzchniowym gleb województwa lubelskiego. W: Gleby i klimat Lubelszczyzny. Materiały z konferencji naukowej, Lublin: 7–11.
- JÓZEFACIUK A., JÓZEFACIUK Cz. 1995: Erozja agroekosystemów. PIOŚ Biblioteka Monitoringu Środowiska. IUNG, Puławy.
- KORNIJÓW R., PĘCZUŁA W., ADAMCZUK M., DEMETRAKI-PALEOLOG A., GORZEL M., MIECZAN T., NIEDŹWIECKI M., PAWLIK-SKOWROŃSKA B., PŁASKA W., RECHULICZ J., SUCHORA M., TARKOWSKA-KUKURYK M., TOPOROWSKA M. 2008: Diagnostyka stanu ekologicznego Zalewu Kraśnickiego i zasilającej

jej rzeki Wyżnicy oraz zalecenia dotyczące możliwości poprawy obecnej sytuacji. Maszynopis. Lublin.

- KRISTENSEN P., SONDERGAARD M., JEPPESEN E. 1992: Resuspension in a shallow eutrophic lake. *Hydrobiologia* 228: 101–109.
- MATSON P.A., PARTON W.J., POWER A.G., SWIFT M.J. 1997: Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277: 504–509.
- MICHALCZYK Z., WILGAT T. 1998: Stosunki wodne Lubelszczyzny. Badania geograficzne w poznawaniu środowiska, 4. Wydaw. UMCS, Lublin.
- MIKULSKI Z. 1998: Gospodarka wodna. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- PASTERNAK K. 1968: Skład chemiczny wody rzek i potoków o zlewniach zbudowanych z różnych skał i gleb. *Acta Hydrobiologica* 10: 1–25.
- Program Gospodarki Wodnej Województwa Lubelskiego 2003. Fundacja Centrum Ekspertyz Wodnych, Lublin.
- SOSZKA H. 2010: Założenia projektu dotyczącego ograniczeń w korzystaniu z wód jezior i użytkowaniu ich zlewni. W: Ochrona i rekultywacja jezior. Red. R. Wiśniewski. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział w Toruniu, Toruń: 115–127.
- VOLLENWEIDER R.A. 1976: Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 33: 53–83.
- WAGNER I., ZALEWSKI M. 2000: Effect of hydrological patterns of tributaries on biotic processes in a lowland reservoir – consequences for restoration. *Ecological Engineering* 16: 79–90.

Summary

Analysis of causes of poor water quality in water-retention reservoir in Kraśnik in the first years of its functioning. Kraśnicki reservoir is a small (390 ha), shallow (mean depth 2.5 m) water body where as soon as 2 years after filling up cyanobacterial blooms had been observed. Research of basic limnological parameters had been taken in 2008–2009 to identify the scale and causes of water quality deterioration. Trophic State Index of the reservoir ranged from 74.4 to 75.5, and estimated phosphorus load from the inflow (Wyżnica River) ranged from 4.50 up to 5.87 g P m⁻²·year⁻¹ which indicates that ecosystem deterioration could be induced by overfertilisation. Reservoir catchment, with arable land exceeding 70%, proved to be a potentially important source of nutrient supply both for the river and the reservoir. Also point-sources of nutrients has been identified: it is shown, that huge amounts of P was delivered to Wyżnica River from wastewater treatment plant, relieving water from dairy factory.

Authors' address:

Wojciech Pęczuła, Magdalena Suchora
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Katedra Hydrobiologii
ul. Dobrzańskiego 37, 20-262 Lublin
Poland
e-mail: wojciech.peczula@up.lublin.pl
magda.suchora@up.lublin.pl