

ANALIZA PRZYCZYNOWO-SKUTKOWA WPLYWU ZBIORNIKA WSTĘPNEGO KUPIENTYN NA JAKOŚĆ WODY W RZECE CETYNI

REASON-RESULT ASSESSMENT OF THE KUPIENTYN PRE-RESERVOIR INFLUENCE ON THE CETYNIA RIVER WATER QUALITY

Agnieszka Bus, Józef Mosiej

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki analizy przyczynowo-skutkowej dotyczącej wpływu czynników zewnętrznych na stan jakości wody zbiornika wstępnego Kupientyn i rzeki Cetyni. Na podstawie stężeń jakości wody dopływającej do i odpływającej ze zbiornika określono jego wpływ na jakość wody w rzece. Zbiornik charakteryzuje się niskim średnim stopniem redukcji w okresie letnim (7,83% dla N-NO₃ i 2,21% dla P-PO₄), a także zimowym: –5,36% dla P-PO₄ i –1,04% dla N-NO₃.

Abstract. The paper presents the resolutives of reason-result assessment of catchment influence on water quality of the Kupientyn pre-reservoir and the River Cetynia. Based on calculation of inlet and outlet pollutants concentrations in water was determined the influence of Kupientyn pre-reservoir on the River Cetynia water. The average reduction during summer period of N-NO₃ was 7,83% and 2,21% for P-PO₄. The average winter reduction was low: –1,04% for N-NO₃ and –5,36% for P-PO₄.

Słowa kluczowe: analiza przyczynowo-skutkowa, jakość wód, zbiornik wstępny

Key words: pre-reservoirs, reason-result assessment, water quality

WSTĘP

Znaczenie zbiorników wodnych w krajobrazie rolniczym

Małe zbiorniki wodne bardzo często stanowią cenny element wpływający na poprawę walorów krajobrazowych, estetycznych i ekologicznych danego obszaru, a także na

Adres do korespondencji – Corresponding authors: dr inż. Agnieszka Bus, prof. dr hab. Józef Mosiej, Katedra Kształtowania Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Nowoursynowska 159, 02-787 Warszawa, e-mail: agnieszka_bus@sggw.pl, jozef_mosiej@sggw.pl.

zachowanie różnorodności gatunkowej, szczególnie na terenach wiejskich. Stanowią one często jedyną enklawę dla licznych gatunków zwierząt, tworzą cenne środowiska ekotonowe i korytarze ekologiczne [Żbikowski i Żelazo 1993, Radwan i in. 2004, Mioduszewski 2006, Radecki-Pawlik i Kapusta 2006]. Duże znaczenie mają zbiorniki śródpolne, które pełnią funkcję ostoi dla wielu cennych i rzadkich gatunków roślin i zwierząt. Zasiedlone przez roślinność wodną stanowią wysokowartościowy element pośród jednorodnych struktur pól uprawnych.

Małe śródpolne zbiorniki wodne są często jedynym elementem nieprodukcyjnym, zapewniającym zachowanie bioróżnorodności na intensywnie użytkowanych obszarach rolniczych [Mioduszewski 1999, Radwan i in. 2004]. Oprócz przyrodniczych, zbiorniki wodne mogą spełniać także liczne funkcje gospodarcze i hydrologiczne [Mioduszewski 2006].

Zaletą małych śródpolnych oczek wodnych jest ich zdolność do zatrzymywania ładunków zanieczyszczeń spływających z otaczających je pól. Wysokie stężenia związków biogennych obserwowane w zbiornikach śródpolnych świadczą o ich prawidłowym funkcjonowaniu polegającym właśnie na zatrzymywaniu i neutralizacji zanieczyszczeń [Mioduszewski 2006]. Potwierdzeniem tego są pomierzone stężenia fosforu ogólnego w poszczególnych zbiornikach, które często przekraczają stężenie krytyczne określone przez Vallenweidera [1968, za: Giercuskiewicz-Bajtlik 1990] wynoszące $0,01 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. W wytypowanych zbiornikach śródpolnych doliny Odry średnie stężenia fosforu ogólnego wynosiło $0,20 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ [Olszewska i in. 2007]. Stężenia fosforu ogólnego w zbiornikach zlokalizowanych na obszarze Pojezierza Olsztyńskiego kształtują się na poziomie od $0,169 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ do $2,416 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ [Koc i Skwierawski 2004]. W wybranych zbiornikach Wielkopolski stężenie fosforu ogólnego waha się w granicach od $0,26$ do $2,50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ [Joniak i Kuczyńska-Kippen 2010].

Zbiorniki wodne a jakość wody

Zbiorniki wodne mogą być wykorzystywane do ochrony i poprawy jakości wód powierzchniowych. Szczególne znaczenie w tym zakresie mają tzw. zbiorniki wstępne, lokalizowane na dopływie do zbiornika głównego lub bezpośrednio powyżej zbiornika. Zbiornik wstępny definiuje się jako budowlę o małym piętrzeniu (do 3 m) ze średnim teoretycznym czasem zatrzymania wody wynoszącym kilka dni [Wiatkowski i in. 2006].

Pierwsze zbiorniki wstępne powstały w Niemczech na przełomie lat 60 i 70 XIX w. w celu zatrzymania rumowiska transportowanego wraz z wodami rzeki [Pütz i Benndorf 1998, Gołdyn 2000, Lothar i Pütz 2008]. Głównym zadaniem takiego zbiornika było przedłużenie czasu eksploatacji zbiornika głównego. Prowadzone badania wykazały jednak również znaczącą poprawę jakości wody przepływającej przez taki zbiornik [Kajak 2001, Lothar 2003]. Kolejnym zadaniem zbiorników wstępnych jest ograniczenie obciążenia związkami biogennymi leżącego poniżej zbiornika głównego lub jeziora [Wiatkowski i in. 2006]. Dzięki temu do zbiornika głównego dopływać powinna woda o znacznie mniejszych ładunkach substancji biogennych, zawiesin i rumowiska, co może, zgodnie z tym, co powiedziano wyżej, przedłużyć czas funkcjonowania zbiornika głównego [Łoś i Żbikowski 1990, Żbikowski i Żelazo 1993, Gołdyn 2000, Kajak 2001, Lothar 2003].

Dotychczasowe badania na zbiornikach wstępnych potwierdzają ich pozytywny wpływ na redukcję substancji biogennych. Zestawienie średnich redukcji zanieczyszczeń notowanych podczas przepływu przez zbiorniki wstępne oraz małe zbiorniki wodne przedstawia tabela 1. Aby zbiornik wstępny mógł optymalnie chronić zbiornik główny przed zanieczyszczeniami pochodzącymi ze zlewni, powinien być odpowiednio mały, tak by wymiana wody nie trwała dłużej niż kilka dni, ponadto dość płytki (średnia głębokość nie powinna przekraczać zasięgu strefy eufotycznej, zwykle około 3 m) i wyposażone w górne, przelewowe odprowadzenie wody, co umożliwi odpływ wody o najniższych stężeniach fosforu [Pütz i Benndorf 1998].

Podsumowując, podstawowe zadania wstępnych zbiorników wodnych to [Łoś i Żbikowski 1990, Kowalczak i in. 1997, Wiatkowski i in. 2006]:

- zatrzymanie zawiesin i substancji użyźniających,
- chemiczne i biologiczne unieszkodliwianie zanieczyszczeń organicznych doprowadzanych z terenu zlewni do zbiornika,
- zabezpieczenie zbiornika głównego przed awaryjnymi zrzutami nieoczyszczonych ścieków, ropy, olejów i innych substancji zanieczyszczających,
- poprawa walorów krajobrazu w końcu cofki – niedopuszczenie do odsłoneń w obszarach cofkowych przy znacznym obniżeniu zwierciadła wody w zbiorniku głównym,
- rola dodatkowego magazynu wody w przypadku, gdy rezerwy zbiornika głównego są wyczerpane,
- tworzenie biotopów głównie w strefach przybrzeżnych.

W Polsce tylko kilka zbiorników zaporowych ma zbiorniki wstępne. Do zbiorników zaporowych z częścią wstępną należy m.in. zbiornik Mściwojów zlokalizowany na rzece Wierzbiak [Czamara i in. 2008]. Zbiornik wstępny poprzedza także zbiornik zaporowy w Nieliszu w dorzeczu rzeki Wieprz [Pichla i Boguta 2007]. Zbiornikiem wstępnym jest również zbiornik Kupientyn wybudowany na rzece Cetyni, gdzie stanowi część kompleksu zbiorników Niewiadoma, w którego skład oprócz zbiornika wstępnego wchodzi także zbiornik główny Niewiadoma, który został oddany do użytku w sierpniu 2013 r.

Celem niniejszej pracy jest identyfikacja istniejących zagrożeń stanu jakości wody w rzece Cetyni oraz w zbiorniku wstępnym Kupientyn na podstawie analizy przyczynowo-skutkowej, a także określenie w oparciu o wyniki badań jakości wody, jaki wpływ wywiera zbiornik wstępny Kupientyn na jakość wody w rzece Cetyni.

MATERIAŁ I METODY

W celu określenia wpływu czynników zewnętrznych na stan jakości wód małych zbiorników wodnych przeprowadzono analizę pięcioelementową: Czynniki sprawcze (*Driving forces*) – Presja (*Pressure*) – Stan/Wpływ (*State/Impact*) – Reakcja (*Response*) (EEA Report).

„Czynniki sprawcze” odnoszą się do elementów determinujących stan jakości wody zbiorników. Jako „Presję” podano główne przyczyny złego stanu jakości wody małych zbiorników. „Stan/Wpływ” odpowiadają skutkom zanieczyszczenia wody i ich wpływom na stan ekologiczny zbiornika. „Reakcja” to środki zapobiegawcze, które należałoby podjąć w celu poprawy i zapobiegania dalszym zanieczyszczeniom małych zbiorników wodnych.

Tabela 1. Średnie redukcje zanieczyszczeń obliczone na podstawie stężeń zanieczyszczeń dopływających do i odpływających z wybranych zbiorników (wg obliczeń własnych)

Table 1. Mean reduction of pollutants, calculated by inlet and outlet concentration of chosen reservoirs (own studies)

Nazwa obiektu Name of object	Redukcja – Reduction, %									
	P _{og}	P-PO ₄	N-NO ₂	N-NO ₃	N-NH	N _{og}	Przewodność Conductivity	BZT5	CHZT _{Nh}	CHZT _{Cr}
Staw retencyjny poniżej Jez. Wulpińskiego Retention pond below Wulpińskie Lake	55,56 ³	45,45 ³	-30,91 ²	20,52 ²	65,78 ²	36,2 ²	38,06 ¹	-	34,10 ¹	34,23 ¹
Zbiornik wstępny Jedlice Jedlice pre-reservoir	-	20,00 ⁴	12,50 ⁴	19,96 ⁴	-22,50 ⁴	-	2,51 ⁴	-45,60 ⁴	-20,84 ⁴	-
Zbiornik Głuchów Głuchów reservoir	-352,47 ⁵	-297,12 ⁵	-	86,55 ⁵	-578,68 ⁵	-	-	67,65 ⁵	-	-
Zbiornik wstępny Mściwojów Mściwojów pre-reservoir	-	56,25 ⁶	-	76,69 ⁶	-	-	15,57 ⁶	-	-	-
Zbiornik wstępny Dittersbach Dittersbach pre-reservoir	34,00 ⁷	45,00 ⁷	-	-	-	-	-	-	-	-
Zbiornik wstępny Schönheide Schönheide pre-reservoir	25,00 ⁷	40,00 ⁷	-	-	-	-	-	-	-	-
Zbiornik wstępny Gottleuba Gottleuba pre-reservoir	24,00 ⁷	34,00 ⁷	-	-	-	-	-	-	-	-
Zbiornik wstępny Lichtenberg Lichtenberg pre-reservoir	30,00 ⁷	44,00 ⁷	-	-	-	-	-	-	-	-
Zbiornik wstępny Rohrbach Rohrbach pre-reservoir	22,00 ⁷	42,00 ⁷	-	-	-	-	-	-	-	-
Zbiornik wstępny Forchheim Forchheim pre-reservoir	35,00 ⁷	57,00 ⁷	-	-	-	-	-	-	-	-
Zbiornik wstępny Rähmerbach Rähmerbach pre-reservoir	40,00 ⁷	56,00 ⁷	-	-	-	-	-	-	-	-
Zbiornik wstępny Weibach Weibach pre-reservoir	42,00 ⁷	60,00 ⁷	-	-	-	-	-	-	-	-

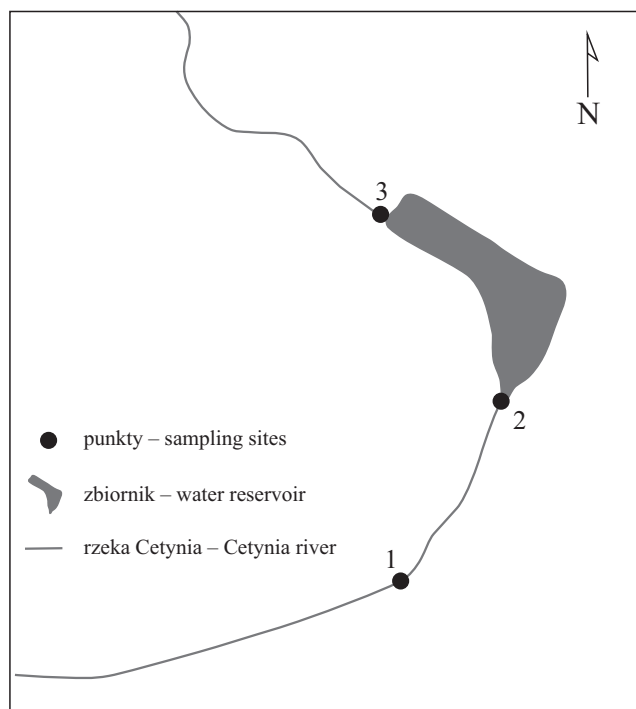
Zbiornik wstępny Geidenbach	44,00 ⁷	64,00 ⁷	-	-	-	-	-	-	-
Geidenbach pre-reservoir									
Zbiornik wstępny Ramoldsreuth	41,00 ⁷	53,00 ⁷	-	-	-	-	-	-	-
Ramoldsreuth pre-reservoir									
Zbiornik wstępny Bobenneuk	46,00 ⁷	61,00 ⁷	-	-	-	-	-	-	-
Bobenneuk pre-reservoir									
Zbiornik Mietków	83,69 ⁸	87,46 ⁸	52,83 ⁸	38,08 ⁸	76,37 ⁸	44,28 ⁸	26,61 ⁸	62,21 ⁸	-
Mietków reservoir									
Zbiornik Gómy Młyn									
Gómy Młyn reservoir	-	-51,38 ⁹	61,61 ⁹	79,31 ⁹	96,46 ⁹	-	-	-47,62 ⁹	-
Zbiornik Młynny									
Młynny reservoir	-	31,49 ¹⁰	25,49 ¹⁰	30,22 ¹⁰	-2,04 ¹⁰	-	6,93 ¹⁰	-179,58 ¹⁰	-39,01 ¹⁰
Zbiornik Młyński									
Młyński reservoir	4,20 ¹¹	-	-	-	-	-	-	-	-
Zbiornik Browarny									
Browarny reservoir	6,40 ¹¹	-	-	-	-	-	-	-	-
Zbiornik Olszak									
Olszak reservoir	-2,60 ¹¹	-	-	-	-	-	-	-	-
Zbiornik Psurów									
Psurów reservoir	-	17,81 ¹²	6,66 ¹²	22,83 ¹²	0,63 ¹²	-	-	-	-

¹ Koc i in. 2004a, ² Koc i in. 2004b, ³ Koc i in. 2008, ⁴ Wiatkowski i Czerniawska-Kusza 2009, ⁵ Dąbrowska i in. 2007, ⁶ Pikul i Rackiewicz 2003, ⁷ Pütz i Benndorf 1998, ⁸ Wiatkowski i in. 2010, ⁹ Miernik 2007, ¹⁰ Wiatkowski 2008, ¹¹ Goldyn 2000, ¹² Wiatkowski 2010

Analizę przeprowadzono na przykładzie zbiornika wstępnego Kupientyn, zlokalizowanego na rzece Cetyni (województwo mazowieckie, powiat sokołowski), oddanego do użytku w 2004 r. Zbiornik wstępny jest częścią zespołu zbiorników Niewiadoma, w skład którego oprócz zbiornika wstępnego Kupientyn wchodzi także zbiornik główny Niewiadoma. Powierzchnia zbiornika wstępnego wynosi 2,25 ha, a pojemność 28 tys. m³. Średni czas zatrzymania wody w zbiorniku – 22 godz. Jego głównym zadaniem jest redukcja i gromadzenie zawieszin niesionych wraz z nurtem rzeki.

W latach 2010–2011 prowadzono badania stanu jakości wód rzeki Cetyni i zbiornika wstępnego Kupientyn w trzech punktach pomiarowych zlokalizowanych: 1 – na rzece Cetyni, powyżej zbiornika wstępnego; 2 – na dopływie do zbiornika; 3 – na odpływie ze zbiornika (poniżej zapory) (rys. 1). Stężenie fosforanów (mg P-PO₄ · dm⁻³) i azotu azotanowego (mg N-NO₃ · dm⁻³) oznaczano za pomocą fotometru LF-205 firmy Slandi, metodami kolorymetrycznymi według procedur producenta.

WYNIKI I DYSKUSJA



Rys. 1. Miejsca poboru prób

Fig. 1. Sampling sites

ŚRODKI ZAPOBIEGAWCZE – RESPONSE

- Zrównoważona gospodarka wodno-ściekowa (rozbudowa sieci kanalizacyjnej)
Sustainable management of water and wastewater (development of sewage system)
 - Ograniczenie emisji N i P z oczyszczalni ścieków w Sokolowie Podlaskim
Reducing emissions of N and P from sewage treatment plants in Sokolow Podlaski
 - Wdrażanie programów rolno-środowiskowych
The implementation of agri-environmental scheme
 - Przestrzeganie zasad DPR – Apply the principles of GAP
- Poszerzanie świadomości ekologicznej rolników – Expanding environmental awareness

STAN/WPŁYW STATE/IMPACT

- Niska jakość wód rzeki Cetyni, zły stan ekologiczny rzeki
Low quality of the Cetynia River waters, bad ecological status
- Eutrofizacja zbiornika wstępnego Kupientyn i głównego Niewiadoma
Eutrophication of the Kupientyn pre-reservoir and main Niewiadoma reservoir
- Śnięcie ryb w stawach hodowlanych
Dead fishes in pounds
- Wyginięcie gatunków roślin i zwierząt związanych z ekosystemami wodnymi na obszarach chronionych
The extinction of plant and animal species of aquatic ecosystems in protected areas

CZYNNIKI SPRAWCZE DRIVING FORCES

- Intensywne nawożenie nawozami naturalnymi – Intensive manure fertilization
- Niezadarnione drogi spływu powierzchniowego – Non-sodding flow path
- Orka wzdłuż stoku na polach sąsiadujących z zbiornikiem – Plowing along the slope of the fields adjacent to the reservoir
- Intensywny wypas zwierząt – Pasturing
- Nieuporządkowana gospodarka wodno-ściekowa na obszarze zlewni zbiornika
Disordered water and sewage economy in the reservoir catchment area
- Bezpośredni zrzut ścieków do rzeki
Direct discharge of sewage into the river
- Przechowywanie nawozów naturalnych bezpośrednio na ziemi
Storing manure directly on the ground

PRESJA – PRESSURES

- Emisja N i P do wód i gleby
N and P emissions to water and soil

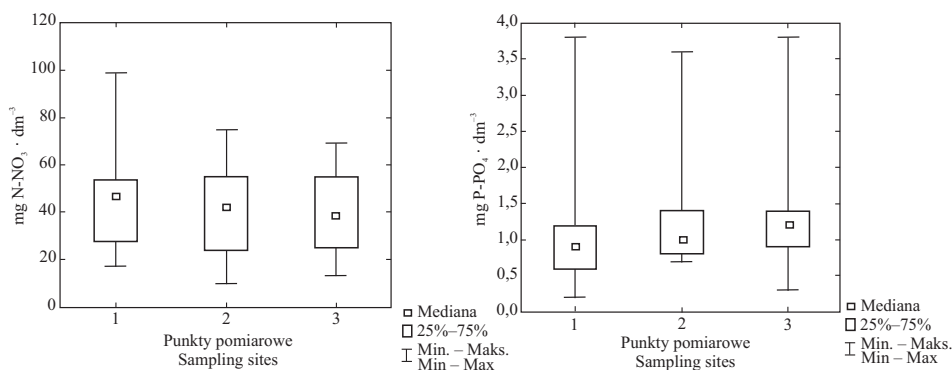
Rys. 2. Wpływ czynników zewnętrznych na stan jakości wód zbiornika wstępnego Kupientyn i rzeki Cetyni (opracowanie własne na podstawie EEA Report)
Fig. 2. The influence on water quality of Kupientyn pre-reservoir and Cetynia River by out of catchment factors (author's study based on EEA Report)

Przyczyny, skutki i działania zapobiegawcze identyfikujące poszczególne czynniki wpływające na jakość wody w zbiorniku wstępnym Kupientyn, zlokalizowanym na obszarze zlewni rzeki Cetyni przedstawia rysunek 1. W przypadku rozpatrywanego zbiornika wstępnego i rzeki główną przyczyną złego stanu ekologicznego wód jest niedostatecznie rozwinięta infrastruktura kanalizacyjna na obszarze zlewni [Bus 2009] oraz ładunki zanieczyszczeń emitowane przez oczyszczalnię ścieków w Sokołowie Podlaskim, która także negatywnie oddziałuje na stan jakości wody w rzece. Kolejnym czynnikiem wpływającym na jakość wody jest przewaga gruntów ornyc na terenie zlewni (>50%).

Przedstawione na rysunku 3 wykresy ramowe pokazują zawartości N-NO₃ i P-PO₄ w punktach pomiarowych, z zaznaczeniem wartości ekstremalnych, przeciętnych i kwantyli 25% i 75%.

Średnie stężenie azotu azotanowego w wodzie zbiornika wstępnego Kupientyn w badanym okresie wynosi 41,7 mg, a fosforem fosforanowym 1,28 mg.

Najwyższe stężenia N-NO₃ zanotowano w sierpniu 2010 r. (99 mg · dm⁻³, w punkcie pomiarowym 1), a najniższe w pełni sezonu wegetacyjnego w czerwcu 2011 r. w punk-



Rys. 3. Stężenia N-NO₃ i P-PO₄ w punktach pomiarowych w latach 2010–2011

Fig. 3. Concentrations of N-NO₃ and P-PO₄ at sampling sites, 2010–2011

cie pomiarowym 2 (10,1 mg · dm⁻³). Również obserwowane stężenia P-PO₄ należą do wartości wysokich. Maksymalną wartość – 3,8 mg · dm⁻³, odnotowano w sierpniu 2011 r. w punkcie pomiarowym 3, a najniższą – 0,2 mg · dm⁻³ w punkcie pomiarowym 1 w październiku 2010 r.

Zbiornik w rozpatrywanym okresie charakteryzował się niską średnią redukcją związków biogennych. Średnia redukcja podczas okresu wegetacyjnego sięgała 2,21% dla P-PO₄ i 7,83% dla N-NO₃. Podczas okresów zimowych obserwowano wymywanie zanieczyszczeń ze zbiornika – odpowiednie wartości wynosiły –5,36% dla P-PO₄ i –1,04% dla N-NO₃.

Przyczyną obserwowanych niskich redukcji fosforu jest najprawdopodobniej rodzaj zastosowanej zastawki – odpływ wody odbywa się poprzez upust dolny. Według danych literaturowych [Pütz i Benndorf 1998] zbiornik wstępny powinien być wyposażony w górne, przelewowe odprowadzenie wody, co ma za zadanie umożliwić odpływ wody o najniższych stężeniach fosforu. Notowane wysokie stężenia azotu azotanowego (> 50 mg · dm⁻³) klasyfikują wody rzeki Cetyni do wód zanieczyszczonych związ-

kami azotu i zagrożonych procesem eutrofizacji [Rozporządzenie... 2002a] na obszarze którym należałoby podjąć odpowiednie działania zaradcze [Rozporządzenie... 2002b].

PODSUMOWANIE

Zbiornik wstępny Kupientyn nie spełnia swojej roli jako zbiornik redukujący stężenia związków biogennych, a tym samym chroniący zbiornik główny przed eutrofizacją. Wysokie stężenia związków biogennych mogą zagrażać prawidłowemu funkcjonowaniu zbiornika głównego Niewiadowa.

Analiza przyczynowo-skutkowa stanu ekologicznego zbiornika Kupientyn jest w stanie poprawnie zidentyfikować zagrożenia powodowane przez czynniki występujące na obszarze zlewni zbiornika, a także przedstawić skutki zanieczyszczenia wody oraz możliwe do zastosowania środki zapobiegawcze mające na celu poprawę istniejącego stanu rzeczy. W celu poprawy stanu jakościowego wód na obszarze zlewni rzeki Cetyny należałoby dążyć do poprawy stanu infrastruktury kanalizacyjnej.

Niski stan jakości wody zagraża nie tylko zbiornikowi głównemu, ale także ekosystemom zlokalizowanym na obszarach NATURA 2000, położonych u ujścia rzeki do Bugu.

PIŚMIENNICTWO

- Bus A., 2011. Ocena gospodarowania zasobami wodnymi w zlewni rzeki Cetynii na podstawie wybranych wskaźników rozwoju zrównoważonego. *Przeg. Nauk. Inż. Kszt. Środ.* 20(52), 97–107
- Czarama W., Czarama A., Wiatkowski M., 2008. The use of pre-dams with plants filters to improve water quality in storage reservoirs. *Arch. Envir. Protect.* 34, 79–89
- Dąbrowska J., Kowalski J., Molski T., Siniecki C., 2007. Jakość wody w małych zbiornikach zaporowych na przykładzie zbiornika Głuchów. *Nauka Przyr. Technol.* 1, 2(15), 1–12
- EEA Report. Agriculture and environment in EU-15 – the IRENA indicator report. EEA, 5, 2005
- Giercuskiewicz-Bajtlik M., 1990. Prognozowanie jakości wód stojących, Wyd. IOŚ Warszawa
- Gołdyn R., 2000. Zmiany biologicznych i fizyko-chemicznych cech jakości wody rzecznej pod wpływem jej piętrzenia we wstępnych, nizinnych zbiornikach zaporowych. Wyd. Naukowe UAM Poznań
- Kajak Z., 2001. *Hydrobiologia-limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych.* Wyd. Naukowe PWN Warszawa
- Koc J., Skwierawski A., 2004. Uwarunkowania jakości wody małych zbiorników na obszarach wiejskich. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 499, 121–128
- Koc J., Tucholski S., Skonieczek P., 2004a. Znaczenie zbiornika wstępnego w ochronie jeziora przed splywem zanieczyszczeń ze zlewni rolniczo-leśnej. Cz. I: Ogólne wskaźniki zanieczyszczeń. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 499, 135–141
- Koc J., Tucholski S., Skonieczek P., 2004b. Znaczenie zbiornika wstępnego w ochronie jeziora przed splywem zanieczyszczeń ze zlewni rolniczo-leśnej. Cz. II: Związki azotu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 499, 143–148
- Koc J., Duda M., Tucholski S., 2008. Znaczenie zbiornika retencyjnego dla ochrony jeziora przed splywem fosforu ze zlewni rolniczej. *Acta Sci. Pol., Form. Circum.* 7(1), 13–24.
- Kowalczak P., Farat R., Kępińska-Kasprzak M., Kuźnicka M., Mager P., 1997. Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji. IMGIW Warszawa
- Joniak T., Kuczyńska-Kippen N., 2010. The chemistry of water and bottom sediments in relation to zooplankton biocenosis in small agricultural ponds. *Oceanol. Hydrobiol. Stud.* 39(2), 85–96.

- Lothar P., 2003. Nutrient elimination in pre-dams: results of long term studies. *Hydrobiol.* 504, 289–295
- Lothar P., Pütz K., 2008. Suspended matter elimination in a pre-dam with discharge dependent storage level regulation. *Limnologica* 38, 388–399
- Łoś J., Żbikowski A., 1990. Wybrane zagadnienia ochrony środowiska w rejonie zbiorników wodnych. *Gosp. Wod.* 8, 183–186
- Miernik W., 2007. Wstępne wyniki badań nad przemianą związków organicznych i biogenych w małym zbiorniku wodnym. *Infrast. Ekol. Ter. Wiej.* 4(1), 131–140
- Mioduszewski W., 1999. *Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym.* Wyd. IMUZ Falenty
- Mioduszewski W., 2006. *Małe zbiorniki wodne.* Wyd. IMUZ Falenty
- Olszewska B., Paluch J., Pływaczyk L., 2007. Wpływ warunków zasilania na jakość wody w śródpolnych zbiornikach wodnych oraz skład florystyczny porostu w ich otoczeniu. *Acta Sci. Pol., Form. Circum.* 6(3), 19–28
- Pikul K., Rackiewicz D., 2003. Zbiornik wstępny Mściwojów jako przykład ochrony retencjonowanej wody. *Rocz. AR Pozn., Melior. Inż. Środ.* 24, 183–190
- Pütz K., Benndorf J., 1998. The importance of pre-reservoirs for the control of eutrophication of reservoirs. *Wat. Sci. Tech.*, 37 (2), 317–324
- Radecki-Pawlik A., Kapusta A., 2006. Mała retencja wodna i jej znaczenie. *Aura* 3, 32–33
- Radwan S., Płaska W., Mieczan T., 2004. Różnorodność biologiczna środowisk wodnych i podmokłych na obszarach wiejskich. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 4, 2a(11), 277–294
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych. *Dz.U. z 2002 r. Nr 241, poz. 2093 [2002a].*
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać programy działań mających na celu ograniczenie odpływu azotu ze źródeł rolniczych. *Dz.U. z 2003 r. Nr 4, poz. 44 [2002b].*
- Wiatkowski M., 2010. Zmiany wybranych wskaźników jakości wody rzeki Prosnny przepływającej przez zbiornik Psurów. *Proc. EC Opole* 4(2), 495–500
- Wiatkowski M., 2008. Wyniki badań jakości wody dopływającej i odpływającej z małego zbiornika wodnego Młyny na rzece Julianpolka. *Infrast. Ekol. Ter. Wiej.* 9, 297–318
- Wiatkowski M., Czerniawska-Kusza I., 2009. Use of preliminary Jedlice Reservoir for water protection in the Turawa Reservoir on the Mała Panew River. *Oceanol. Hydrobiol. Stud.* 38(1), 83–91
- Wiatkowski M., Czamara W., Wiatkowska B., 2010. Wpływ zbiornika Mietków na zmiany jakości wody rzeki Bystrzycy. [W:] *Woda w badaniach geograficznych.* Red. T. Ciupa, R. Suligowski. Inst. Geogr. Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego Jana Kochanowskiego Kielce, 327–337
- Wiatkowski M., Czamara W., Kuczewski K., 2006. Wpływ zbiorników wstępnych na zmiany jakości wód retencjonowanych w zbiornikach głównych. *IPIŚ PAN Zabrze*
- Żbikowski A., Żelazo J., 1993. *Ochrona środowiska w budownictwie wodnym. Materiały informacyjne.* Ministerstwa Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa Warszawa.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 5.11.2013