

JOLANTA DĄBROWSKA, JOANNA MARKOWSKA

Instytut Inżynierii Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

WPLYW ZBIORNIKA WSTĘPNEGO NA JAKOŚĆ WÓD RETENCJONOWANYCH W ZBIORNIKU MŚCIWOJÓW

INFLUENCE OF THE PRE-RESERVOIR ON THE QUALITY OF WATERS
RETAINED IN THE MŚCIWOJÓW RESERVOIR

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących wpływu zbiornika wstępnego na zmiany wartości wybranych parametrów fizyczno-chemicznych wód Wierzbiaka i Zimnika zasilających zbiornik zaporowy w Mściwojowie. Zbiornik zasadniczy poprzedza zbiornik wstępny podzielony trzema biologicznymi przegradami, do którego woda dopływa przez trójdzielny osadnik. W zbiorniku wstępnym zachodzą procesy oczyszczania wody. Badania wybranych parametrów fizyczno-chemicznych wód prowadzono od 13 maja 2008 do 1 maja 2009 roku, z przerwą od połowy grudnia 2008 do końca lutego 2009 roku – w tym okresie zarówno zbiornik, jak i dopływy były pokryte grubą warstwą lodu. Próbkę wody pobierano w trzech przekrojach badawczych. Oznaczano stężenia azotanów i fosforanów, bezpośrednio w terenie mierzono przewodność i temperaturę wody oraz dokonywano pomiaru pH. Ponadto w pracy omówiono wyniki badań terenowych, laboratoryjnych i inwentaryzacji zlewni z lat 1999-2011. Badania wykazały, że w zbiorniku wstępnym zredukowane są stężenia azotanów i maleje przewodność wód. Działanie zbiornika wstępnego nie uchroniło wód zretencjonowanych w zbiorniku Mściwojów od niekorzystnych zakwitów sinic. Dużą rolę w zanieczyszczeniu wód powierzchniowych odgrywa na badanym obszarze nieuporządkowana gospodarka wodno-ściekowa zlewni, zanieczyszczenia obszarowe typu rolniczego oraz brak właściwego zagospodarowania terenów wokół samego zbiornika. Podczas ponad 10 lat eksploatacji wytworzyła się w zbiorniku wstępnym warstwa osadów dennych, nastąpiły zmiany w ilości i składzie gatunkowym roślin. W porównaniu do badań przeprowadzonych w latach 2000-2001 zaobserwowano większą redukcję stężeń azotanów, a mniejszą fosforanów.

Słowa kluczowe: zbiorniki wstępne, jakość wód powierzchniowych, ochrona wód

Wstęp

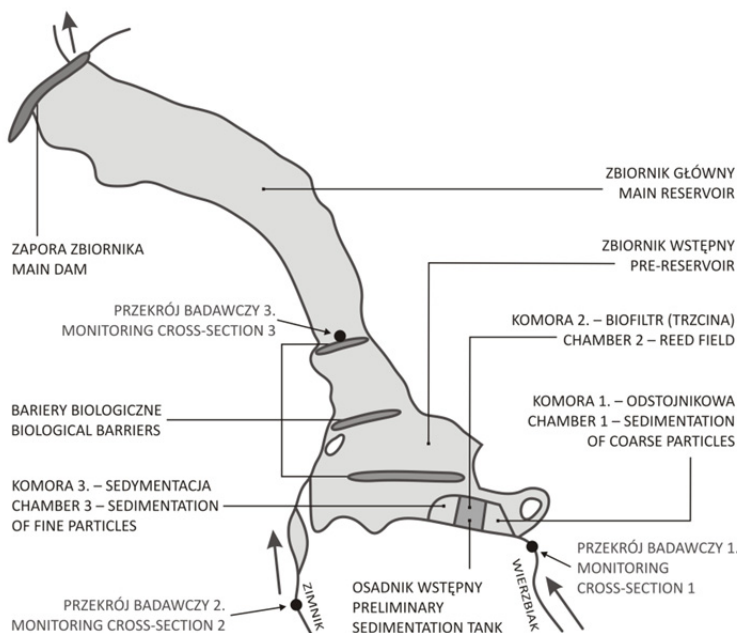
Zbiorniki wstępne, jako obiekty poprzedzające zasadnicze zbiorniki retencyjne w budownictwie hydrotechnicznym, są stosowane już od końca lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku. Wiele badań dotyczących ich funkcji i optymalnego użytkowania prowadzono przede wszystkim w Niemczech, a także w Dani i Czechosławacji (PÜTZ i BENNDORF 1998). Jednakże największe zasługi w tym obszarze badań należy przypisać naukowcom niemieckim. Określili oni zasadnicze parametry i warunki, jakim powinny odpowiadać zbiorniki wstępne, aby optymalnie mogły spełniać swoją rolę w usuwaniu azotu i fosforu (PÜTZ i BENNDORF 1998). Zbiornik wstępny powinien składać się z dwóch zasadniczych części: pierwszej, w której intensywnie przebiega sedymentacja niesionego przez wodę materiału, i drugiej, gdzie zachodzą procesy biologicznego usuwania fosforu i azotu, przy czym gdy stosunek długości do szerokości zbiornika jest mniejszy od 2:1, zaleca się instalację poprzecznych barier z przelewami w celu poprawy warunków przepływu. Opróżnianie zbiornika powinien zapewniać upust denny. Systematyczne usuwanie osadów ze zbiornika wstępnego zapobiega ponownemu włączaniu biogenów do obiegu. Powinno ono być przeprowadzane co 10-15 lat (zimą). Optymalny czas retencji dla zbiorników wstępnych określono na mniej więcej 2 dni w czasie lata i około 4-8 dni wiosną i jesienią oraz ponad 20 dni zimą. Bardzo istotna jest głębokość zbiornika wstępnego, która nie może wykraczać poza strefę eufotyczną z uwagi na konieczność zapewnienia w zbiorniku optymalnych warunków świetlnych dla organizmów autotroficznycych. Zaleca się, aby średnia głębokość nie przekraczała 3-5 m. Zarówno głębokość, odpowiednie pH wody, jak i czas retencji wpływają na utrzymanie prawidłowej struktury planktonu. Krótki czas retencji sprzyja szybkiemu rozwojowi fitoplanktonu i eliminacji zooplanktonu, skorupiaków i sinic. Wartość pH wody optymalna dla organizmów autotroficznycych w zbiorniku wstępnym powinna się kształtować w granicach od 6,0 do 8,0. Ponadto należy ze zbiornika wstępnego eliminować duże ryby drapieżne, a zostawiać małe żywiące się zooplanktonem (PODSTAWY... 1987, ŻBIKOWSKI i ŻELAZO 1993, PÜTZ i BENNDORF 1998, HINO 1994).

Obiekt badań

Zbiornik Mściwojów został wybudowany pod koniec lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku. Jest elementem małej retencji i ma spełniać funkcje przeciwpowodziowe, gospodarcze i rekreacyjne. Zasilany jest przez dwa ciek: Wierzbiak, na którym został zlokalizowany (35 + 375 km), i jego lewostronny dopływ Zimnik. Ogólna ocena stanu ekomorfolologicznego głównego cieku zasilającego (od źródła do ujścia do zbiornika) wykazała, że około 70% długości cieku to odcinki pośrednio zbliżone do natury, 14% – odcinki obce naturze, 11% – odległe od natury i tylko 5% to odcinki o charakterze dziewiczym (ŁĄTKA 2003). Zbiornik jest odbiornikiem stałej i rozpuszczonej materii transportowanej przez spływ powierzchniowy i gruntowy z terenów użytkowanych rolniczo, a także zanieczyszczeń bezpośrednio wprowadzanych do cieków z następujących miejscowości: Goczalków, Kostrza, Rogoźnica, Niedaszów, Zimnik. Obecnie są na ukończeniu prace kanalizacyjne w tych miejscowościach. Zbiornik zamyka zlewnię

o powierzchni 47 km². Jest to typowo rolnicza zlewnia, gdzie podstawą utrzymania ludności jest rolnictwo. W strukturze użytkowania zlewni użytki rolne stanowią około 75%. Z uwagi na dość dobrą jakość bonitacyjną gleb (gleby klas I, II i III) w strukturze zasiewu przeważają zboża. Dominuje hodowla bydła i trzody chlewnej. Administracyjnie zlewnia jest położona na terenie czterech gmin i trzech powiatów: powiatu jaworskiego – gmina Mściwojów, powiatu świdnickiego – gmina Dobromierz i gmina wiejska Strzegom oraz powiatu średzkiego – gmina Udanin.

Pojemność całkowita zbiornika wynosi 1,35 mln m³. Zbiornik zasadniczy poprzedza zbiornik wstępny podzielony trzema biologicznymi przegradami, do którego woda dopływa przez trójdzielną osadnik (rys. 1) (ZBIORNIK... 1995, WIATKOWSKI i IN. 2006).



Rys. 1. Zbiornik wodny Mściwojów
Fig. 1. Mściwojów water reservoir

Komory osadnika mają zróżnicowaną głębokość, zagospodarowanie i funkcje. Pierwsza, o powierzchni 6136 m² i głębokości 1,1 m, jest osadnikiem dużych cząstek unoszonych przez wodę. Drugą, o powierzchni 4884 m² i głębokości 0,4 m, porasta trzcina (*Phragmites australis*). Komora ta pełni funkcję filtra biologicznego. W trzeciej, o powierzchni 4424 m² i głębokości 1,4 m, sedymentacji ulegają cząstki drobne. Stąd woda przepływa przelewem wieżowym do zbiornika wstępnego. Zarówno w osadniku, jak i w komorach zbiornika wstępnego zachodzą procesy mechanicznego i biologicznego usuwania biogenów z wody oraz wytrącania innych zanieczyszczeń. Trzy biologiczne przegrody ukierunkowują i wydłużają przepływ wody w zbiorniku wstępnym

(ZBIORNIK... 1995). Zamiast planowanej w projekcie strefy ekologicznej ze strefą przybrzeżną zbiornika sąsiadują uprawy zbóż i roślin okopowych.

Material i metody

W pracy przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych i terenowych, inwentaryzacji zlewni, obserwacji – od momentu napełnienia zbiornika w 1999 roku do września 2011 roku.

Badania wybranych parametrów fizyczno-chemicznych wód prowadzono od 13 maja 2008 do 1 maja 2009 roku, z przerwą od połowy grudnia 2008 do końca lutego 2009 roku – w tym okresie zarówno zbiornik, jak i dopływy były pokryte grubą warstwą lodu. Próbkę wody pobierano raz-dwa razy w miesiącu w trzech przekrojach badawczych (rys. 1). Przekroje 1. (Wierzbiak) i 2. (Zimnik) na dopływach są zlokalizowane tuż przed zbiornikiem, w przekroju 3. (zbiornik główny) próbki pobierano z przelewów znajdujących się na przegrodzie biologicznej oddzielającej zbiornik główny od wstępnego. W laboratorium Katedry Budownictwa i Infrastruktury Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu oznaczano stężenia azotanów (metodą kolorymetryczną z salicylanem sodowym) i fosforanów (metodą kolorymetryczną z molibdenianem amonowym), bezpośrednio w terenie mierzono przenośnymi miernikami Slandi przewodność i temperaturę oraz dokonywano pomiaru pH. Wybrano parametry fizyczno-chemiczne, które według wielu autorów są najistotniejsze w procesie samooczyszczania wód w zbiornikach wstępnych i pozwalają w prosty sposób ocenić jego skuteczność.

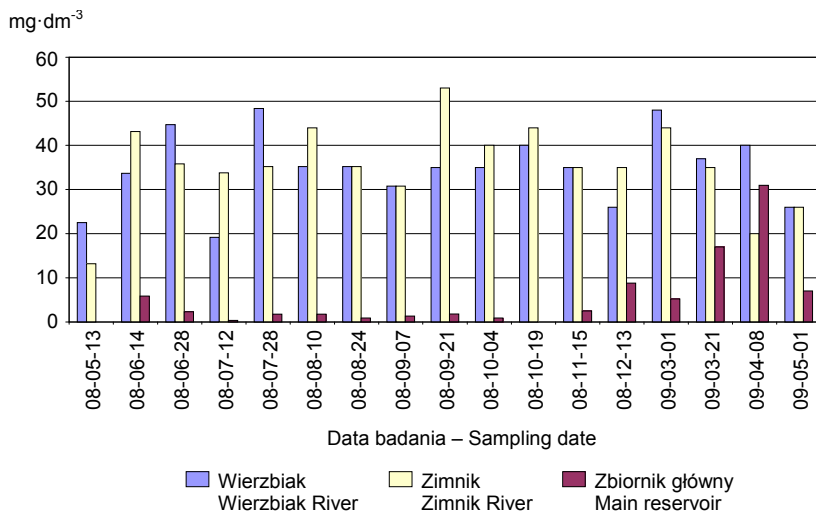
W wybranych próbkach pobieranych podczas widocznego zakwitów wód określano skład gatunkowy sinic i glonów (2006-2011).

Analizy statystycznej danych dokonano z wykorzystaniem programu Statistica 9.1. Do badania normalności rozkładu użyto testu Shapiro-Wilka. W celu oceny istotności różnic posłużono się testem nieparametrycznym U Manna-Whitneya dla prób niezależnych.

Wyniki

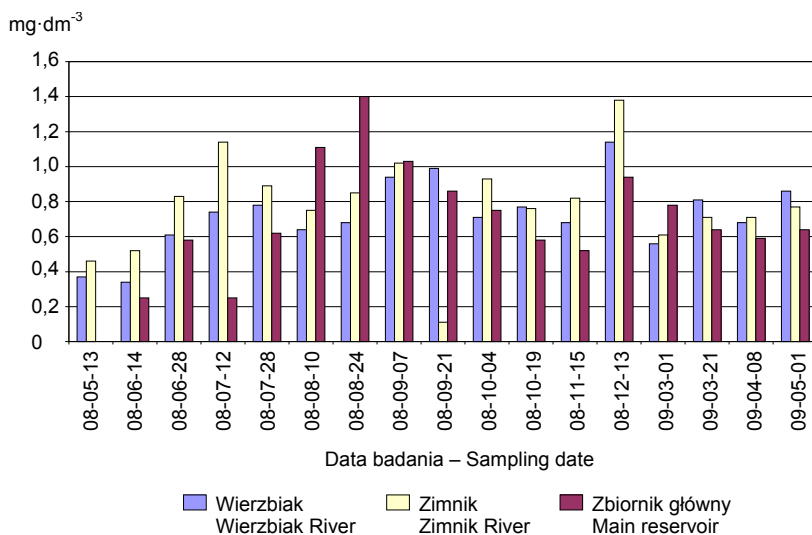
Stężenia azotanów w wodach Zimnika i Wierzbiaka były zdecydowanie większe niż w zbiorniku głównym. Średnie stężenie azotanów (NO_3) w wodach dopływów wynosiło około $35 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. W zbiorniku średnie stężenie NO_3 wynosiło $5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Największą redukcję stężeń azotanów w zbiorniku wstępnym uzyskano w czasie intensywnej wegetacji roślin (rys. 2).

Średnie stężenia fosforanów PO_4 w przekrojach badawczych wynosiły: $0,72 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ dla Wierzbiaka, $0,78 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ dla Zimnika oraz $0,68 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ w zbiorniku głównym. Duże stężenia fosforanów zaobserwowano podczas intensywnego zakwitów sinic w zbiorniku w sierpniu 2008 roku (rys. 3). W badanych próbkach pobieranych w lipcu i sierpniu 2008 roku z wód zbiornika wstępnego i głównego dominowały sinice *Aphanizomenon flos-aque*, *Anabena flos-aque*, w mniejszej ilości występowały gatunki *Microcystis*. Sporadycznie występowały zielenice (*Chlorella* sp.) oraz drobne złotowiciowce.



Rys. 2. Stężenia azotanów w wodach powierzchniowych w przekrojach badawczych: Wierzbiak, Zimnik i zbiornik główny

Fig. 2. Concentrations of nitrates in surface waters in the tested cross-sections: Wierzbiak, Zimnik and the main reservoir

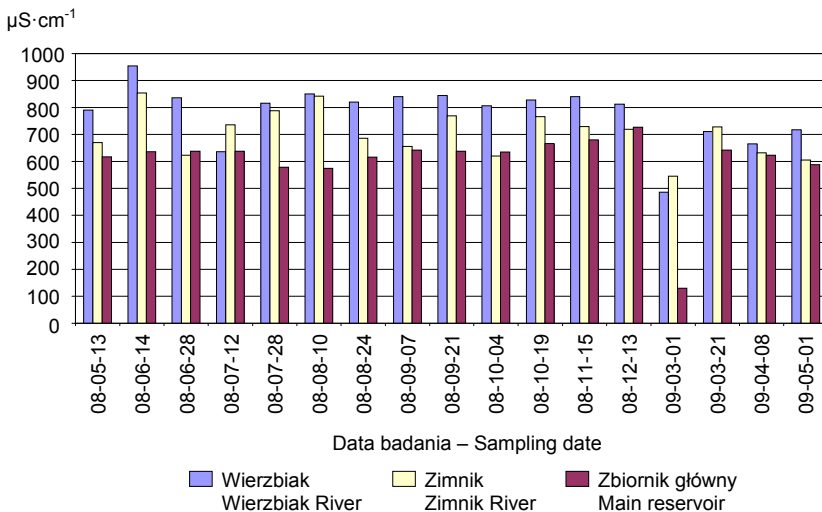


Rys. 3. Stężenia fosforanów w wodach powierzchniowych w przekrojach badawczych: Wierzbiak, Zimnik i zbiornik główny

Fig. 3. Concentrations of phosphates in surface waters in the tested cross-sections: Wierzbiak, Zimnik and the main reservoir

W zakwitach zbiornika obserwowanych od 2006 do 2011 roku dominowały sinice *Aphanizomenon flos-aque* i *Anabena flos-aque*. Zakwity nie były ograniczone jedynie do części wstępnej zbiornika.

Wartości przewodności elektrolitycznej wynosiły od 130 do 954 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (rys. 4). Największe wartości zaobserwowano w czerwcu 2008 roku w wodach Wierzbiaka, najmniejsze w marcu 2009 roku w zbiorniku głównym po roztopieniu się pokrywy lodowej. Wyniki badań wskazują na zmniejszanie się przewodności w wyniku procesów zachodzących w zbiorniku wstępnym. Największą przewodnością charakteryzowały się wody Wierzbiaka (średnia 779 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), nieco mniejszą Zimnika (średnia 704 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), najmniejsze wartości notowano w zbiorniku głównym (średnia 604 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

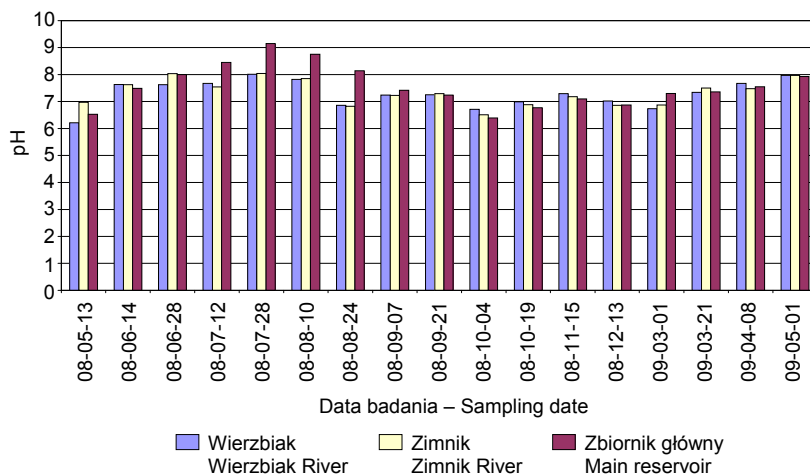


Rys. 4. Przewodność wód powierzchniowych w 20°C w przekrojach badawczych: Wierzbiak, Zimnik i zbiornik główny

Fig. 4. Conductivity of surface waters at 20°C in the tested cross-sections: Wierzbiak, Zimnik and the main reservoir

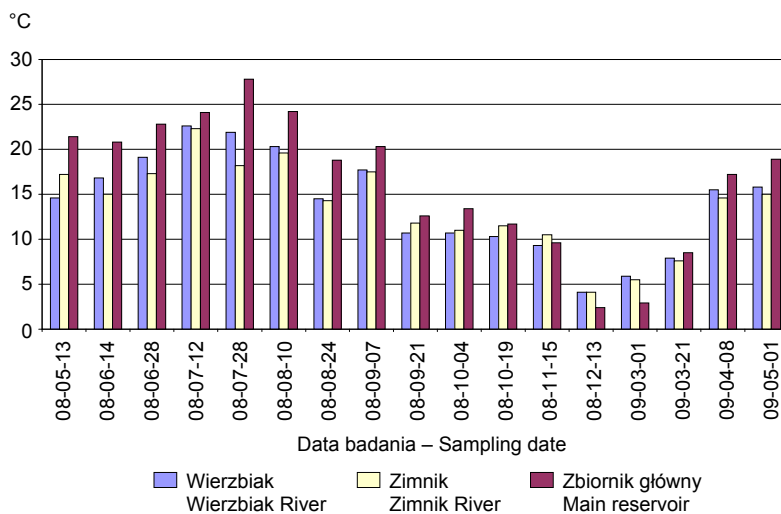
Wartości pH w badanych próbach mieściły się w zakresie 6,2-9,2 (rys. 5). W lipcu i sierpniu zaobserwowano duży wzrost wartości pH w zbiorniku głównym, co było spowodowane intensywnym zakwitaniem sinic i zachodzącymi w związku z tym niekorzystnymi procesami. W pozostałych przypadkach nie zanotowano znaczących różnic wartości pH pomiędzy dopływami a zbiornikiem głównym; średnia wartość pH na dopływach to 7,3, w zbiorniku głównym – 7,6.

Średnia temperatura wody wynosiła w Wierzbiaku 14°C, w Zimniku 13,7°C, a w zbiorniku głównym – 16,3°C. Proces ogrzewania wody w zbiorniku wstępnym był intensywny od kwietnia do września 2008 roku. Tylko w przypadku dwóch badań: 13 grudnia 2008 oraz 1 marca 2009 roku zaobserwowano, że w zbiorniku temperatura wody jest zdecydowanie niższa niż w dopływach (rys. 6).



Rys. 5. Odczyn wód powierzchniowych w przekrojach badawczych: Wierzbiak, Zimnik i zbiornik główny

Fig. 5. Reaction (pH) of surface waters in the tested cross-sections: Wierzbiak, Zimnik and the main reservoir



Rys. 6. Temperatura (chwilowa) wód powierzchniowych w przekrojach badawczych: Wierzbiak, Zimnik i zbiornik główny

Fig. 6. Temperature (instantaneous) of surface waters in the tested cross-sections: Wierzbiak, Zimnik and the main reservoir

Uzyskane podczas badań dane poddano analizie statystycznej. Oceniono istotność różnic między wartościami badanych wskaźników w wodzie dopływającej i wypływającej ze zbiornika wstępnego. Na dopływie do zbiornika dysponowano dwoma zbiornami

danych: z przekrojów badawczych 1. i 2. Aby uzyskać jeden zbiór i umożliwić porównanie z wartościami na odpływie, posłużono się średnią ważoną, gdzie wagą był procentowy udział w zasilaniu zbiornika. Zgodnie z wynikami badań hydrologicznych wody wprowadzane przez Wierzbiak stanowią 71%, a przez Zimnik – 29% całkowitego zasilania rzecznoego zbiornika (WIATKOWSKI i IN. 2006).

Nie dla wszystkich badanych parametrów uzyskano statystycznie istotną zgodność z rozkładem normalnym (test Shapiro-Wilka), dlatego do testowania istotności różnic posłużono się testem nieparametrycznym U Manna-Whitneya. Test przeprowadzono dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$, liczebność grup danych $N = 17$. Wyniki testu przedstawiono w tabeli 1. Statystycznie istotne różnice ($p < 0,05$) uzyskano dla azotanów i przewodności. Można więc stwierdzić, że wartości tych parametrów są istotnie różne przed przepływem i po przepływie wody przez zbiornik wstępny w badanym okresie od maja 2008 do maja 2009 roku. W przypadku pH, fosforanów i temperatury przepływ wody przez zbiornik nie wpływa istotnie na zmiany wartości tych parametrów.

Tabela 1. Wyniki testu U Manna-Whitneya
Table 1. Results of Mann-Whitney U test

Parametr Parameter	Wartość p p-Value
Stężenie azotanów Concentration of nitrates	0,000002
Stężenie fosforanów Concentration of phosphates	0,389081
Temperatura wody Temperature of water	0,214988
Odczyn pH Reaction pH	0,448597
Przewodność elektrolityczna Electrolytic conductivity	0,000036

Osady ze zbiornika wstępnego nie były usuwane od początku eksploatacji, prace konserwacyjne w osadniku wstępnym są prowadzone sporadycznie, nie jest usuwana zgodnie z zaleceniami trzcina. Czynnikiem, który również wpływa na jakość wód w zlewni, jest nieuporządkowana gospodarka odpadami. Z roku na rok wzrasta liczba dzikich wysypisk odpadów. Na początku eksploatacji zbiornika w zlewni bezpośredniej znajdowało się jedno dzikie wysypisko, w maju 2011 roku. zaobserwowano już trzy miejsca, gdzie nielegalnie gromadzono odpady w odległości około 100 m od brzegu zbiornika.

Dyskusja

Przeływ wody przez zbiornik wstępny wpływa istotnie na zmianę niektórych jej parametrów. W procesie oczyszczania wody w zbiorniku wstępnym zmniejsza się jej przewodność, maleją stężenia azotanów. Działanie zbiornika wstępnego nie uchroniło wód zretencjonowanych w zbiorniku Mściwojów od niekorzystnych zakwitów sinic. Dużą rolę w zanieczyszczeniu wód powierzchniowych odgrywa na badanym obszarze nieuporządkowana gospodarka wodno-ściekowa, zanieczyszczenia obszarowe typu rolniczego oraz brak właściwego zagospodarowania terenów wokół samego zbiornika.

Podobne badania przeprowadzili od listopada 2000 do października 2002 roku WIATKOWSKI i IN. (2006). Dowiodły one, że w zbiorniku wstępnym redukcja stężeń azotanów wynosiła 66,5%, a fosforanów – 52,8%. Badania te prowadzone były na początku eksploatacji zbiornika, którego napełnianie rozpoczęto w 1999 roku.

Po 10 latach eksploatacji stwierdzono 85-procentową redukcję stężeń azotanów i zaledwie 8-procentową, nieistotną statystycznie, redukcję stężeń fosforanów. W tym czasie zaszło wiele zmian – bujnie rozwinęła się roślinność w zbiorniku wstępnym i nastąpiła zmiana składu gatunkowego w stosunku do pierwotnych nasadzeń, wytworzona została warstwa osadów dennych (PIKUL i MOKWA 2008, DĄBROWSKA 2010), zbiornik narażony był na stały, duży dopływ biogenów. Widoczne duże stężenie fosforanów po przejściu wód przez zbiornik wstępny podczas zakwitu sinic oraz dużo mniejsza redukcja stężeń fosforanów mogą świadczyć o zachodzących niekorzystnych procesach zasilania wewnętrznego związkami fosforu.

Wnioski

1. Z przeprowadzonych badań zbiornika Mściwojów wynika, że w zbiorniku wstępnym zredukowane są stężenia azotanów i maleje przewodność wód. W porównaniu z badaniami przeprowadzonymi w latach 2000-2001 zaobserwowano większą redukcję stężeń azotanów, a mniejszą fosforanów.

2. Wpływ na jakość retencjonowanych wód, oprócz konstrukcji samego zbiornika, mają także gospodarka wodno-ściekowa oraz sposób zagospodarowania zlewni i dlatego samo zastosowanie zbiornika wstępnego nie zapobiegło negatywnemu wpływowi zanieczyszczeń ze zlewni na zasoby wodne.

3. Zbiornik wodny przechodzi przez kolejne etapy użytkowe, zmienia się jego trofia i zachodzące w nim procesy. W badaniach skuteczności eliminacji biogenów w zbiornikach wstępnych należy uwzględnić również zmiany długoterminowe, a nie tylko te związane z porą roku czy czasem przebywania wody w zbiorniku.

Literatura

- DĄBROWSKA J., 2010. Wpływ osadnika wstępnego z filtrem biologicznym na zmiany wartości wybranych parametrów fizykochemicznych wody. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej.* 8, 2: 5-13.
- HINO M., 1994. *Hydraulic structures design manual 5: Water quality and its control.* Balkema, Rotterdam.

- ŁĄTKA R., 2003. Wyznaczanie strefy brzegowej dla ciek Wierziak przy różnym sposobie użytkowania doliny. *Maszynopis. Katedra Rolniczych Podstaw Kształtowania Środowiska AR, Wrocław.*
- PIKUL K., MOKWA M., 2008. Wpływ osadnika wstępnego na proces zamulania zbiornika głównego. *Przeł. Nauk. Inż. Kształt. Środ.* 40, 2: 185-193.
- PODSTAWY melioracji rolnych. 1987. Red. P. Prochal. PWRiL, Warszawa.
- PÜTZ K., BENNDORF J., 1998. The importance of pre-reservoirs for the control of eutrophication of reservoirs. *Water Sci. Technol.* 37, 2: 317-324.
- WIATKOWSKI M., CZAMARA W., KUCZEWSKI K., 2006. Wpływ zbiorników wstępnych na zmiany jakości wód retencjonowanych w zbiornikach głównych. *Pr. Stud. Inst. Podst. Inż. Środ. PAN (Zabrze)* 67.
- ZBIORNIK wodny „Mściwojów” na rzece Wierziak gmina Mściwojów woj. legnickie. Projekt budowlany urządzeń i obiektów hydrotechnicznych. 1995. *Maszynopis. Instytut Inżynierii Środowiska AR, Wrocław.*
- ŻBIKOWSKI A., ŻELAZO J., 1993. Ochrona środowiska w budownictwie wodnym. Materiały informacyjne Ministerstwa Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa. Falstaff, Warszawa.

INFLUENCE OF THE PRE-RESERVOIR ON THE QUALITY OF WATERS RETAINED IN THE MŚCIWOJÓW RESERVOIR

Summary. This study presents results of the research concerning the influence of the pre-reservoir on changes in values of selected physical and chemical parameters of the waters of Wierziak and Zimnik supplied to the dam reservoir in Mściwojów. The actual reservoir is preceded by a pre-reservoir divided by three biological barriers, to which water is supplied through a tripartite sedimentation tank. The pre-reservoir is where water treatment processes take place. The analyses of selected physical and chemical parameters were conducted from the 13th of May, 2008 till the 1st of May, 2009, except for the period from mid-December 2008 till the end of February 2009 – during that period both the reservoir and its tributaries were covered with a thick layer of ice. Samples of water were collected in three tested cross-sections. The concentrations of nitrates and phosphates were determined; conductivity and temperature, as well as pH were measured directly in the field. Additionally, the results of field studies, laboratory tests and the inventory of the catchment conducted in 1999-2011 were discussed. Statistical analysis of the data was conducted with use of Statistica 9.1. software. Normal distribution was analysed with use of the Shapiro-Wilk test. In order to evaluate the significance of differences the non-parametric Mann-Whitney U test was used. The research has shown that the water treatment process in the pre-reservoir leads to a decrease in conductivity and concentration of nitrates. The activity of the pre-reservoir did not protect the waters retained in the Mściwojów reservoir from the disadvantageous blooming of cyanobacteria. In the study area a significant role in the pollution of surface waters is played by poor water and wastewater management in the catchment, non-point pollution from agricultural sources and lack of correct development of the areas adjacent to the reservoir. During over 10 years of exploitation, a layer of bottom sediments has formed in the pre-reservoir, and the population and composition of plant species has changed. In comparison to the research conducted in 2000-2001 a higher reduction in nitrate concentrations was observed, while the reduction in phosphate concentration was lower.

Key words: pre-reservoirs, surface waters quality, water quality protection

Dąbrowska J., Markowska J., 2012. Wpływ zbiornika wstępnego na jakość wód retencjonowanych w zbiorniku Mściwojów. *Nauka Przyr. Technol.* 6, 2, #37.

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Jolanta Dąbrowska, Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, Poland, e-mail: jolanta.dabrowska@up.wroc.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

20.01.2012

Do cytowania – For citation:

*Dąbrowska J., Markowska J., 2012. Wpływ zbiornika wstępnego na jakość wód retencjonowanych w zbiorniku Mściwojów. *Nauka Przyr. Technol.* 6, 2, #37.*