

BIOLOGICZNA OCENA DZIAŁANIA OCZYSZCZALNI HYDROFITOWEJ

Marta WYSOCKA*

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

Streszczenie: W artykule został poruszony problem biologicznej oceny działania oczyszczalni hydrofitowej. Obiekt badawczy stanowiła oczyszczalnia hydrofitowa położona w miejscowości Zwierki w gminie Zabłudów. W celu dokonania biologicznej oceny działania oczyszczalni wykonano badania wybranych wskaźników mikrobiologicznych. Wykonano posiewy próbek ścieków surowych, ścieków oczyszczonych oraz wód pobranych ze stawu odbierającego ścieki oczyszczone. W wyniku badań stwierdzono, iż złoża hydrofitowe w redukuje ilość drobnoustrojów obecnych w ściekach surowych. Natomiast w stawie odbierającym ścieki dochodzi do wtórnego zanieczyszczenia biologicznego.

Słowa kluczowe: oczyszczalnia hydrofitowa, ocena biologiczna, mikroorganizmy.

doi: 10.24427/bis-2018-vol9-no3-0006

1. Wprowadzenie

Celem badań opisanych w poniższym artykule była biologiczna ocena działania oczyszczalni hydrofitowej. Ocena została wykonana poprzez wyznaczenie poszczególnych wskaźników mikrobiologicznych.

W ostatnich latach na terenie Polski obserwujemy stały rozwój infrastruktury mającej na celu ochronę środowiska, na terenach aglomeracji miejskich i w zakładach przemysłowych powstają oczyszczalnie ścieków, natomiast obiekty przestarzałe są poddawane modernizacji.

Stale wzrasta ilość przydomowych oczyszczalni oraz zbiorników bezodpływowych służących do magazynowania nieczystości. Działania te w znacznym stopniu wpływają na poprawę jakości wód powierzchniowych oraz przybrzeżnych, zapobiegają również akumulacji zanieczyszczeń w osadach dennych.

Pomimo ciągłego rozwoju infrastruktury służącej oczyszczaniu ścieków, na dużej części terenów niezurbanizowanych gospodarka ściekowa stanowi poważny problem. Szeroki rozwój sieci wodociągowych w znacznym stopniu ułatwił życie mieszkańcom wsi, znacząco wzrosło też zużycie wody do celów gospodarczych, higienicznych oraz hodowlanych. Większość polskich wsi i małych miasteczek charakteryzuje się rozproszoną zabudową. W takim przypadku budowa systemu kanalizacyjnego, który będzie odprowadzał ścieki oraz oczyszczalni wiąże z dużym kosztem inwestycyjnym i eksploatacyjnym, generowanym poprzez czynniki związane z dużą odległością oraz rzeźbą terenu (Obarska-Pempkowiak i in., 2012a, b, c).

Alternatywą dla budowy kanalizacji zbiorczej na słabo

zaludnionych terenach jest wykorzystanie przydomowych oczyszczalni ścieków. Oczyszczalnie te są oparte na biologicznych metodach unieszkodliwiania zanieczyszczeń. Systemy te zazwyczaj składają się z osadnika gnilnego oraz urządzeń, w których zachodzą wcześniej wspomniane procesy biologicznego oczyszczania ścieków. W przypadku tego typu oczyszczalni odbiornikiem oczyszczonych ścieków najczęściej jest grunt lub zbiorniki wód stojących oraz małe ciekły wodne. Spośród obecnie dostępnych rozwiązań coraz większą popularnością cieszą się przydomowe hydrofitowe oczyszczalnie ścieków. Proces oczyszczania zachodzi w nich przy udziale roślin wodnych i wodolubnych oraz różnorodnych mikroorganizmów. Do najczęściej wykorzystywanych na złożach hydrofitowych roślin należą: trzcina pospolita, pałka wodna, manna mielec, wierzba pospolita, topinambur. (Obarska-Pempkowiak i in., 2012a, b, c).

Oczyszczalnie hydrofitowe są w stanie efektywnie usuwać ze ścieków substancje organiczne, zawiesinę ogólną, a także związki biogenne i substancje o właściwościach refrakcyjnych (Obarska-Pempkowiak i in., 2010a, b). W przypadku oczyszczalni komunalnych i przydomowych problem mogą stanowić organizmy patogenne obecne w zarówno w ściekach jak i osadach ściekowych. Ścieki są siedliskiem licznych wirusów, bakterii, grzybów oraz pasożytniczych pierwotniaków i robaków. Większość obecnych tam mikroorganizmów należy do saprofitów, które rozkładają martwą materię organiczną. Oprócz mikroorganizmów nie chorobotwórczych w ściekach występują mikroorganizmy patogenne odpowiedzialne za wiele chorób, warunkowo patogenne oraz jaja robaków pasożytniczych, zarodniki

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: wysockamarta303@gmail.com

grzybów i formy przetrwalnikowe bakterii. Ich obecność jest niebezpieczna, ponieważ stanowią one zagrożenie epidemiologiczne, które jest najwyższe w pobliżu oczyszczalni oraz wszystkich miejsc mających kontakt ze ściekami. Dodatkowo mikroorganizmy obecne w ściekach są w stanie działać toksycznie i immunotoksycznie na organizmy żywe oraz środowisko. Mogą wywoływać alergie u ludzi i zwierząt (Kocwa-Haluch, 2001; Dymaczewski, 2011).

Standardowe metody oczyszczania ścieków oraz przeróbki osadów ściekowych nie pozwalają na całkowite usunięcie patogenów. Patogeny są bardzo różnorodne, niektóre pojawiają się w ściekach okresowo, mogą się uodparniać na toksyny zawarte w ściekach oraz czynniki fizyczne takie jak np. wysoka temperatura. Polskie przepisy prawne nie nakładają obowiązku badania organizmów wskaźnikowych w ściekach oczyszczonych (Butarewicz, 2016).

2. Obiekt badawczy i jego charakterystyka

Obiektem badawczym, w którym pobrano próbki do badań była oczyszczalnia hydrofitowa w miejscowości Zwierki w gminie Zabłudów. Oczyszczalnia ta powstała w 2010 roku i jej zadaniem jest oczyszczanie ścieków komunalnych pochodzących z kompleksu klasztornego. Oczyszczalnia ta posiada złożo gruntowo-roślinne

o pionowym przepływie ścieków. Złożo jest obsadzone trzcina pospolitą.

Ścieki surowe są tam magazynowane w osadniku wstępnym, gdzie podlegają wstępnemu mechanicznemu oczyszczeniu. Ciężkie cząsteczki opadają na dno zbiornika, gdzie zachodzi proces fermentacji. Ścieki z osadnika są zlewane do przepompowni, z której trafiają przez system rur i pomp na złożo hydrofitowe.

Na złożu hydrofitowym surowe ścieki są rozprowadzane za pomocą rur perforowanych. Przepływają przez warstwy złoża od góry w sposób pionowy. Na złożu zachodzą kluczowe procesy odpowiedzialne za usuwanie zanieczyszczeń ze ścieków. Wokół korzeni trzciny tworzą się specyficzne strefy tlenowe i beztlenowe, które są otoczone przez strefy redukcyjne. Zróżnicowane warunki sprzyjają rozwojowi mikroorganizmów, których zadaniem jest oczyszczanie ścieków.

Na dnie złoża ścieki są zbierane przez systemy rur drenażowych i po oczyszczeniu trafiają do stawu którego zadaniem jest odbieranie, doczyszczanie oraz rozprowadzanie ścieków oczyszczonych do gruntu, w celu usprawnienia procesu doczyszczania, zbiornik jest sztucznie napowietrzany. Roślinność użyta do obsadzenia stawu ma nie tylko wspomagać proces oczyszczania, jej zadaniem jest też podniesienie walorów estetycznych stawu oraz nadanie mu naturalnego charakteru.



Rys. 1. Widok na złożo hydrofitowe w sezonie wegetacyjnym



Rys. 2. Widok na staw odbierający ścieki

3. Materiały i metody wykorzystane w badaniach

3.1. Materiał badawczy

W celu wykonania biologicznej oceny działania oczyszczalni hydrofitowej w Zwierkach pobrany został materiał badawczy. Z przepompowni pobrano próbki surowych ścieków, które później były kierowane na złożo hydrofitowe. Natomiast próbki ścieków oczyszczonych pobrano z rury drenażowej odprowadzającej oczyszczone ścieki do stawu. Kolejne próbki pobrano ze stawu odbierającego ścieki oczyszczone. Próby badawcze pobierano w okresie od lipca do listopada 2017 roku. Wykonano 5 serii badań dla ścieków surowych, oczyszczonych i wód ze stawu odbierającego ścieki oczyszczone. Badania zostały przeprowadzone w laboratorium Katedry Chemii, Biologii i Biotechnologii Politechniki Białostockiej.

3.2. Analiza i przygotowanie próbek

W celu wykonania oznaczeń mikrobiologicznych przygotowano rozcieńczenia badanych próbek. Ścieki surowe rozcieńczono w zakresie od 10^{-1} do 10^{-6} . W przypadku ścieków oczyszczonych oraz wód ze stawu próbki rozcieńczono w zakresie od 10^1 do 10^{-2} . Próbki były rozcieńczane za pomocą jałowego płynu fizjologicznego. Do 9 cm^3 płynu fizjologicznego dodano 1 cm^3 próbki (ścieki surowe, ścieki oczyszczone, woda ze stawu). Następnie próbka została dokładnie

wymieszana w całej objętości płynu fizjologicznego. Tak powstało rozcieńczenie 10^{-1} . W celu otrzymania rozcieńczenia 10^{-2} pobrano 1 cm^3 otrzymanego wcześniej rozcieńczenia 10^{-1} i dodano do 9 cm^3 płynu fizjologicznego. Próbki z odpowiednim rozcieńczeniem wymieszano. Analogiczne czynności powtórzono, aż do uzyskania rozcieńczenia 10^{-6} w przypadku ścieków surowych, a w przypadku ścieków oczyszczonych i wody ze stawu czynności te wykonano do pozyskania rozcieńczenia 10^{-2} .

3.3. Oznaczenia mikrobiologiczne

W celu określenia stopnia zanieczyszczenia mikrobiologicznego próbek pobranych w oczyszczalni hydrofitowej w Zwierkach wykonano oznaczenia mikrobiologiczne. Do badań mikrobiologicznych wykorzystano następujące podłoża: podłoże Eijkmana, podłoże z agarem wzbogaconym, podłoże Sabourauda oraz podłoże Slanetz-Bartley. Podłoże Eijkmana zostało zastosowane do oznaczenia wskaźnika *coli* typu ogólnego oraz fekalnego. Podłoże z agarem wzbogaconym posłużyło do wykonania oznaczenia ogólnej liczby bakterii mezofilnych oraz psychrofilnych w badanych próbkach. Do oznaczenia ogólnej liczby grzybów posłużyło złożo Sabourauda. Podłoże Slanetz-Bartley było wykonane w celu obliczenia wskaźnika enterokoków w pobranym materiale badawczym. Wszystkie podłoża zostały wykonane według zaleceń producenta firmy Biocorp Polska spółka z o.o. w Warszawie.

3.4. Wykonanie posiewów mikrobiologicznych

Oznaczenie wskaźnika coli typu fekalnego oraz ogólnego, przeprowadzono przy użyciu podłoża Eijkmana. Ścieki surowe rozcieńczono w zakresie od 10^{-1} do 10^{-6} , a ścieki oczyszczone i wody ze stawu w zakresie od 10^{-1} do 10^{-2} . Za pomocą jałowych pipet pobrano po 1 cm^3 wybranego rozcieńczenia i dokonano posiewu w systemie dwu probówkowym. Próbkę po wykonanym posiewie odstawiono do ciepłarki na czas 48h. W celu otrzymania wskaźnika coli typu fekalnego próbki umieszczono w 44°C . W przypadku wskaźnika coli typu ogólnego próbki inkubowano w temperaturze 37°C . Po inkubacji otrzymano wyniki. Dodatkowo próby zmieniły zabarwienie z koloru fioletowego na żółty, okazywały zmętnienie oraz obecność gazów.

Ogólna liczba bakterii mezofilnych oraz psychrofilnych została zbadana przy użyciu następujących rozcieńczeń: ścieki surowe od 10^{-2} do 10^{-4} , ścieki oczyszczone i wody ze stawu od 10^0 do 10^{-2} . Oznaczenie wykonano na podłożu agarowym, gdzie na płytce posiewano $0,1 \text{ cm}^3$ danego rozcieńczenia próbki. Inkubację mezofili przeprowadzono w czasie 48 h w temperaturze 37°C , a bakterii psychrofilnych w czasie 72 h w temperaturze 26°C . Po zakończonej inkubacji przeliczono jednostki tworzące kolonie. W analizie wyników wzięto pod uwagę tylko te płytki, które zawierały od 30 do 300 koloni. Na podstawie określonej liczby jtk wyznaczono ich ilość w 1 cm^3 według następującego wzoru:

$$N = A \cdot 10^{n+1} \quad (1)$$

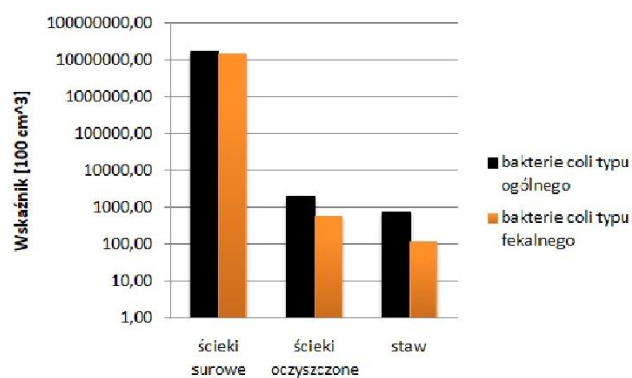
gdzie: N jest liczbą jtk w 1 cm^3 , A jest liczbą jtk obecnych po inkubacji na płytce, natomiast n jest wielokrotnością rozcieńczenia.

W celu oznaczenia ogólnej liczby grzybów w próbkach ścieków surowych, oczyszczonych oraz w wodach stawu odbierającego zastosowano rozcieńczenia od 10^0 do 10^{-2} . Oznaczenia zostały wykonane na podłożu Sabourauda. Na płytkach posiewano po $0,1 \text{ cm}^3$ próbki. Inkubacji grzybów dokonano w czasie 72 h w temperaturze 26°C . Po zakończonej inkubacji policzono jtk, przy czym w analizach uwzględniono tylko te płytki, gdzie liczba koloni mieściła się pomiędzy 30 a 300. Obliczenia jtk grzybów dokonano według wzoru (1).

Do oznaczeń wskaźnika enterokoków posłużyło rozcieńczenie ścieków surowych rzędu 10^{-1} i 10^{-2} . Ścieki surowe oraz wody ze stawu zostały zbadane w rozcieńczeniu 10^0 . Na płytkach z podłożem Slanetz-Bartley za pomocą wyjałowionych pipet naniesiono filtry bakteriologiczne, przez które wcześniej przepuszczono 1 cm^3 danego rozcieńczenia. Płytki z filtrami przeniesiono do ciepłarki do temperatury 37°C na czas 48 h. Po inkubacji przeliczono kolonie wyrosłe na filtrach. Końcowy wynik został potraktowany jako wskaźnik.

4. Analiza i dyskusja otrzymanych wyników

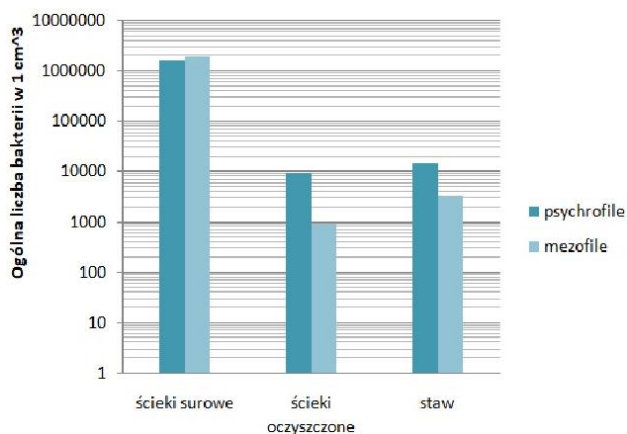
Określono wskaźnik bakterii coli zarówno typu ogólnego jak i fekalnego w ściekach surowych, oczyszczonych oraz w wodach stawu odbierającego ścieki oczyszczone. Na rysunku 3 przedstawione zostały uśrednione wartości wskaźnika coli typu ogólnego oraz fekalnego w pobranych próbkach. W ściekach surowych wartości wskaźnika są najwyższe. Porównując ścieki surowe do ścieków oczyszczonych zauważono, że wskaźnik coli typu fekalnego spadł o 99,99%. Natomiast w przypadku wskaźnika coli typu ogólnego został on zredukowany w ściekach oczyszczonych o 99,98% w porównaniu do ścieków surowych. Redukcja wskaźnika coli typu ogólnego i fekalnego nastąpiła nie tylko na złożu hydrofitowym. Ogólne wartości wskaźnika dla coli typu fekalnego i ogólnego były niższe w stawie odbierającym ścieki oczyszczone niż w samych ściekach oczyszczonych. Fakt ten świadczy o tym, że staw pełni w przypadku tego wskaźnika funkcję doczyszczającą.



Rys. 3. Uśrednione wskaźniki coli typu ogólnego i fekalnego w ściekach surowych

Badania dotyczące wskaźnika coli typu fekalnego w ściekach zostały przeprowadzone przez Butarewicza (2016) w oczyszczalni ścieków komunalnych w Białymstoku. Wskaźnik ten był w latach 2012 i 2015 zredukowany w ściekach surowych o odpowiednio 97,7% i 93,3%. Na tej podstawie można stwierdzić, że złożo hydrofitowe jest w stanie zredukować wskaźnik coli typu fekalnego w ściekach surowych na podobnym poziomie co konwencjonalna, duża oczyszczalnia ścieków.

Następnie przystąpiono do analizy wyników ogólnej liczby bakterii mezofilnych oraz psychrofilnych. Wyniki otrzymane w pięciu seriach badań zostały uśrednione i przedstawione na rysunku 4. Na podstawie badań stwierdzono, że w procesie oczyszczania ścieków na złożu hydrofitowym średnia, ogólna liczba bakterii psychrofilnych zmniejsza się o 99,41% w odniesieniu do ścieków surowych. Średnia, ogólna liczba bakterii mezofilnych w ściekach oczyszczonych na złożu hydrofitowym jest o 99,95% mniejsza, niż w przypadku ścieków surowych.



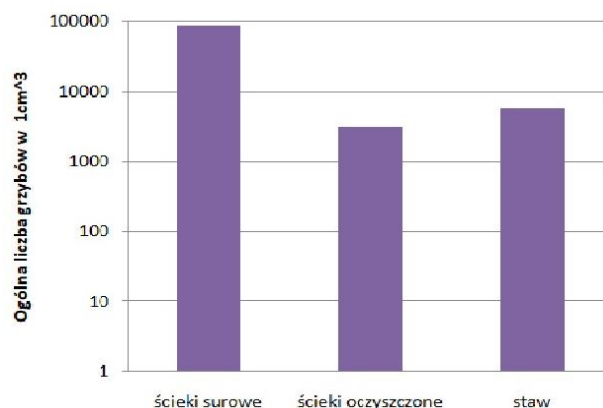
Rys. 4. Ogólna uśredniona liczba bakterii mezofilnych oraz psychrofilnych w ściekach surowych i oczyszczonych oraz w stawie

Ogólna liczba bakterii psychrofilnych wyrażona w postaci średniej wzrasta w wodach stawu odbierającego ścieki oczyszczone o 35% w porównaniu do ścieków oczyszczonych. Ogólna liczba bakterii mezofilowych w stawie jest większa o 74,23%, niż w przypadku ścieków oczyszczonych.

Według badań Lalke-Porczyk i in. (2010), liczebność bakterii mezofilowych oraz psychrofilnych po przejściu ścieków surowych przez złożo hydrofitowe spadała o odpowiednio 90,22% oraz 89,45%. Złożo hydrofitowe jest w stanie zredukować liczebność tych bakterii w ściekach surowych, jednak w stawie dochodzi do wtórnego zanieczyszczenia. Wtórne zanieczyszczenie może być spowodowane tym, że staw jest miejscem życia ryb, okresowo korzysta też z niego ptactwo, które może stanowić źródło bakterii. Dodatkowo staw jest zasilany przez spływy powierzchniowe, które mogą dostarczać do wód bakterie pochodzące z gleby.

Następnie w ściekach surowych, oczyszczonych oraz w wodach stawu zbadana została ogólna liczba grzybów. Na rysunku 5 przedstawiono wykres, na którym zobrazowano ogólną uśrednioną liczbę grzybów w badanym materiale. Po złożu hydrofitowym liczba grzybów obniżyła się o 96,37%. W wodach stawu liczebność grzybów rosła o 47,5% w porównaniu do ścieków oczyszczonych.

Na podstawie tych rezultatów stwierdzono, że złożo hydrofitowe jest w stanie zredukować liczbę grzybów w ściekach surowych, natomiast w stawie odbierającym dochodzi do wtórnego zanieczyszczenia. Wzrost ogólnej liczby grzybów w wodach stawu, może być spowodowany bogactwem martwej materii organicznej, która stanowi pożywkę dla grzybów.

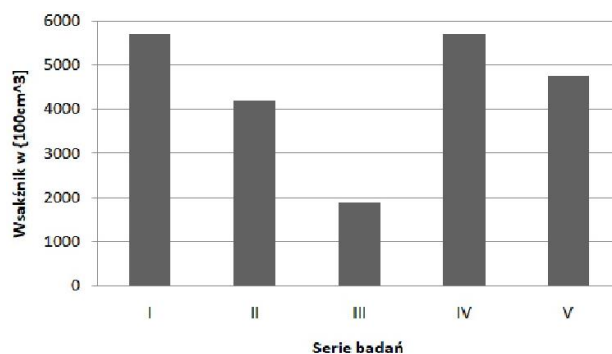


Rys. 5. Ogólna liczba grzybów w ściekach surowych i oczyszczonych oraz w stawie

Ostatnim z badanych wskaźników mikrobiologicznych były enterokoki. Są to gram dodatnie ziarniaki, które stanowią jeden z podstawowych wskaźników sanitarnych, badanych w ściekach.

Podczas prowadzenia badań, kolonie tych ziarniaków zostały zauważone jedynie w przypadku ścieków surowych. Na rysunku 6 przedstawione zostały uśrednione wartości wskaźnika enterokoków dla każdej z pięciu serii badań wykonanych na próbkach ścieków surowych. Średnia wartość wskaźnika enterokoków wyniosła $1,1 \cdot 10^4$.

Według badań Butarewicz (2016) wskaźnik enterokoków w Białostockiej Oczyszczalni Ścieków w ściekach surowych w 1 cm³ osiągał średnią wartość $2,35 \cdot 10^5$. Enterokoki były tam obserwowane również w ściekach oczyszczonych. Można przez to stwierdzić, że oczyszczalnia hydrofitowa skutecznie redukuje enterokoki ze ścieków surowych.



Rys. 6. Wskaźnik enterokoków w pięciu seriach badań ścieków surowych

5. Wnioski końcowe

Na podstawie badań sformułowano kilka wniosków. Po pierwsze złożo hydrofitowe jest w stanie skutecznie zredukować zanieczyszczenia mikrobiologiczne w ściekach surowych. Złożo hydrofitowe całkowicie eliminuje enterokoki ze ścieków surowych. Stwierdzono też, że największej redukcji uległ wskaźnik coli typu fekalnego, natomiast najniższy stopień redukcji został zaobserwowany przy ogólnej liczbie grzybów.

W stawie odbierającym ścieki oczyszczone dochodzi do zwiększenia liczebności ogólnej liczby grzybów oraz bakterii mezofilnych i psychrofilnych w porównaniu do ścieków oczyszczonych. Na tej podstawie stwierdzono, że staw nie pełni w przypadku wyżej wymienionych wskaźników funkcji doczyszczającej.

Literatura

- Bobrowski M.M. (2002). Mikrobiologia wód powierzchniowych. W: *Podstawy biologii sanitarnej*, Białystok, 151-153.
- Błaszczak M.K. (2009). Oczyszczanie ścieków metodami konwencjonalnymi. W: *Mikroorganizmy w ochronie środowiska*, Warszawa, 41-57.
- Butarewicz A. (2016). Zastosowanie Ultradźwięków Do Dezynfekcji Mikroorganizmów w Ściekach i Osadach Ściekowych. *Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej*, Białystok.
- Dymaczewski Z. (2011). Mikroorganizmy w ściekach miejskich i skutki ich występowania. W: *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*, PZITS, Poznań, 573-582.
- Kocwa-Haluch R. (2001). Wirusy i Ich Występowanie w Wodach i Ściekach. *Wyd. Politechniki Świętokrzyskiej*, Kielce.
- Lalke-Porczyk E., Świątek-Brzezińska M., Donderski W. (2010). Rola oczyszczalni hydrobotanicznych w oczyszczaniu ścieków z terenów wiejskich. *Woda – środowisko – obszary wiejskie*, Tom 10, Zeszyt 3, 119-127.
- Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E., (2010a). Charakterystyka metody hydrofitowej. *Hydrofitowe oczyszczanie wód i ścieków*, Warszawa, 1-25.
- Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E., (2010b). Rodzaje systemów hydrofitowych i stosowane konfiguracje. *Hydrofitowe oczyszczanie wód i ścieków*, Warszawa, 49-55.
- Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E., Ostojki A. (2012a). Problem oczyszczania ścieków na obszarach wiejskich. W: *Oczyszczalnia w ogrodzie. Poradnik jak stosować innowacyjne rozwiązanie gospodarki ściekowej i osadowej z wykorzystaniem systemów hydrofitowych*, 14-22.
- Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E., Ostojki A. (2012b). Przydomowe oczyszczalnie ścieków – charakterystyka oraz problemy w budowie i eksploatacji tych obiektów. W: *Oczyszczalnia w ogrodzie. Poradnik jak stosować innowacyjne rozwiązanie gospodarki ściekowej i osadowej z wykorzystaniem systemów hydrofitowych*, 28-32.
- Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E., Ostojki A. (2012c). Charakterystyka hydrofitowej metody unieszkodliwiania ścieków. W: *Oczyszczalnia w ogrodzie. Poradnik jak stosować innowacyjne rozwiązanie gospodarki ściekowej i osadowej z wykorzystaniem systemów hydrofitowych*, 32-41.

THE BIOLOGICAL EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE CONSTRUCTED WETLANDS

Abstract: This article discusses the problem of biological evaluation of the constructed wetlands. The constructed wetland located in Zwierki in the Zabłudów commune was a research facility. Biological evaluation of the constructed wetland was made by taking samples of raw sewage, treated sewage flowing out of the deposit and water from the receiving pond. Cultures were made on individual media to determine the presence or amount of the microorganisms concerned. After incubation, the approximate number of microorganisms on solid media was calculated. As a result of the research, it was found that the constructed wetland to some extent reduces the amount of microorganisms present in raw sewage. However, in the receiving pond, secondary biological pollution occurs.