

Andrzej PONCET

Wydział Ochrony Środowiska
Urząd Miasta Lublin

WYKORZYSTANIE PŁATÓW FITOLITORALU ORAZ WIERZBOWYCH STREF BUFOROWYCH W BIOLOGICZNEJ REKULTYWACJI ZBIORNIKA ZEMBORZYCKIEGO W LUBLINIE

THE USE OF PHYTOLITTORAL PATCHES AND WILLOW BUFFER
ZONES IN THE BIOLOGICAL RECLAMATION OF THE ZEMBORZYCKI
RESERVOIR IN LUBLIN

Zemborzycki Reservoir is a shallow, artificial lake with an area of 282 hectares in a natural valley located in the area of Lublin Bystrica river within the administrative boundaries of the city of Lublin. During the operation of the reservoir, as a result of progressive eutrophication, some of toxic cyanobacterial blooms occurred, which greatly limited the ability of its use for touring and recreational purposes. For several years department of environmental protection of the city council of Lublin has been conducting restoring work trying to improve the ecological conditions and to secure good water quality in this area. Reducing pollution within the Zemborzycki Reservoir was possible by using natural biological filter, which consists of phytolittoral plants forming patches resulting from planting them in the littoral zone of the coast and the littoral itself. The mechanism of such a work consisted of a biological process of incorporating the nutrients already contained in the water flowing into the reservoir, and in the reservoir itself, into the biomass of macrophytes.

1. Wprowadzenie

Postanowienia Dyrektywy 2000/60/WE z dnia 23 października 2000 r. ustanawiającej ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej, zwanej Ramową Dyrektywą Wodną (RDW) dotyczą śródlądowych wód powierzchniowych, przejściowych, przybrzeżnych oraz wód podziemnych. Jest to najważniejszy akt prawny obejmujący zagadnienia gospodarowania wodami, który obowiązuje na obszarze Unii Europejskiej. Nadrzędnym celem wdrażania zapisów RDW jest osiągnięcie do 2015 r. dobrego stanu ekologicznego i chemicznego w wodach powierzchniowych oraz dobrego stanu chemicznego i ilościowego w wodach podziemnych. W jej ujęciu stan ekologiczny, jest wyrazem jakości struktury i funkcjonowania ekosystemu wodnego

(głównie zespołów wodnych) określonym przez porównanie stanu istniejącego ze stanem naturalnym, niezakłóconym działalnością człowieka, czyli z tzw. warunkami referencyjnymi. Ramowa Dyrektywa Wodna określa zanieczyszczenia wód jako wprowadzenie przez człowieka do środowiska (pośrednio lub bezpośrednio) szkodliwych substancji, czego efekty mogą być niekorzystne zarówno dla ludzkiego zdrowia, jakości ekosystemów wodnych lub ekosystemów bezpośrednio zależnych od wody. Ograniczone lub nawet niemożliwe jest wówczas wykorzystanie ich do celów rekreacyjnych (np. organizacja kąpielisk), zmieniają się również naturalne warunki życia organizmów. Ramowa Dyrektywa Wodna wyznacza dla wszystkich typów wód powierzchniowych cele dotyczące ich jakości, które zawierają wymagania opisane parametrami chemicznymi, biologicznymi i hydromorfologicznymi.

1.1. Zbiornik Zemborzycki – charakterystyka i znaczenie dla miejskiej aglomeracji lubelskiej

Zbiornik Zemborzycki to niewielki, nizinny zbiornik zaporowy o powierzchni 280 ha i średniej głębokości ok. 2,5 m. Powstał w 1974 r. przez spiętrzenie wód środkowego odcinka rzeki Bystrzycy Lubelskiej na jazie zamykającym zlewnię o powierzchni 725,1 km². Administracyjnie leży w granicach miasta Lublin, na południowym skraju, zajmując obszar naturalnej pradoliny Bystrzycy. Jak każdy obiekt gospodarki wodnej jest obiektem wielofunkcyjnym. Chroni miasto przed powodzią, pełni funkcję ujęcia na potrzeby Elektrociepłowni Lublin – Wrotków, umożliwia infiltracyjny pobór wody przez Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Lublinie. W drugiej połowie lat 70. i pierwszej połowie lat 80. XX wieku, akwen ten był zdecydowanie najpopularniejszym miejscem wypoczynku mieszkańców Lublina. Według szacunkowych danych ówczesnego Wydziału Sportu i Turystyki Urzędu Miejskiego w Lublinie, w szczytowym okresie popularności gromadziło się nad nim codziennie 30 000 osób. Zmieniające się, ale niestety pogarszające się warunki ekologiczne w dolinie Bystrzycy jak również rozwój zagospodarowania rekreacyjnego w innych – bogatszych przyrodniczo i piękniejszych krajobrazowo regionach lubelszczyzny sprawiły, że od końca lat 80. XX wieku atrakcyjność wypoczynkowa rejonu Zbiornika Zemborzyckiego sukcesywnie spada. Niemniej po 38 latach od powstania obiekt ten wciąż przyciąga i to nie tylko lublinian. Można tu spacerować, urządzać wycieczki rowerowe podziwiając piękno okolicy, żeglować, pływać kajakami i jeździć na nartach wodnych. Właśnie tutaj znajduje się liczący 760 m najdłuższy w Polsce wyciąg nart wodnych, który dodatkowo posiada pełne zaplecze usługowo – gastronomiczne. W Zbiorniku Zemborzyckim Polski Związek Wędkarski Zarząd Okręgu w Lublinie prowadzi gospodarkę rybacko – wędkarską, a akwen wśród wędkarzy cieszy bardzo dużym zainteresowaniem praktycznie przez cały rok. Zbiornik ten pod względem występujących w nim poziomów troficznych nie różni się od innych zbiorników zaporowych. Występują tu producenci (glony, sinice, makrofity jednak te ostatnie w ograniczonym zakresie), konsumenci I rzędu (zooplankton i zoobentos, konsumenci II rzędu (ryby spokojnego żeru, drapieżne bezkręgowce), konsumenci III rzędu (ryby drapieżne) oraz destruenci odpowiedzialni za rozkład i mineralizację martwej materii organicznej. Przyszłość akwenu wiąże się również pośrednio z Fundacją Lubelskie Centrum Żeglarstwa, która zamierza wybudować ośrodek spełniający przede wszystkim funkcję szkoleniową i integracyjną. Główne cele tej organizacji to: rozwijanie i popularyzacja żeglarstwa wśród mieszkańców lubelszczyzny, szkolenie młodych adeptów tej dyscypliny, organizacja regat, integracja środowiska oraz kultywowanie żeglarskich tradycji.

2. Biologiczna rekultywacja Zbiornika Zemborzyckiego

Podczas długoletniej eksploatacji Zbiornika pojawiły się toksyczne zakwity sinicowe jako efekt postępującej eutrofizacji, co doprowadziło do pogorszenia się jakości wody do tego stopnia, że w niektórych okresach wyłączone zostały z użytkowania kąpieliska znajdujące się nad akwenem.

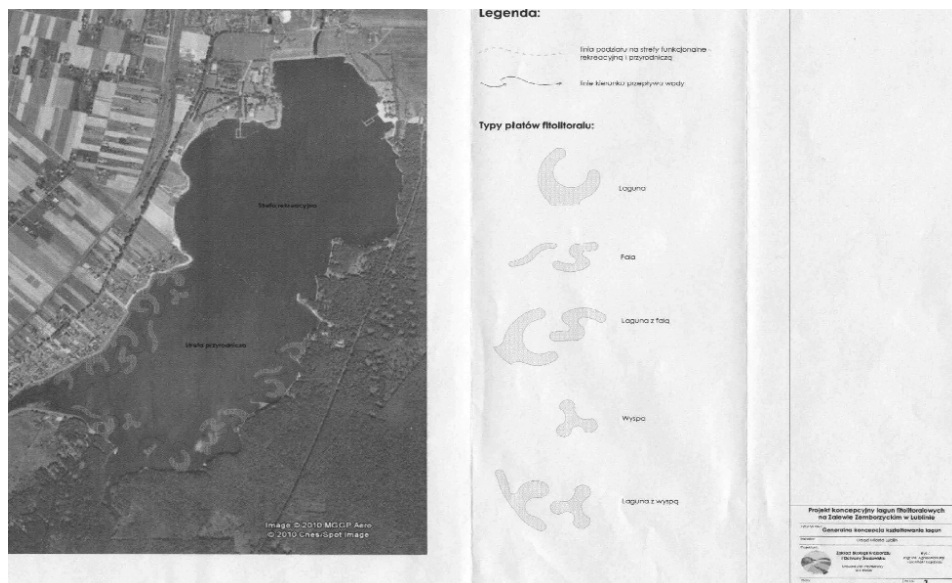
W 2004 r. Wydział Ochrony Środowiska UM Lublin rozpoczął rekultywację Zbiornika Zemborzyckiego wykonując szereg działań zarówno wewnątrz jak również wokół akwenu. W latach minionych zrealizowano następujące zadania:

1. Rekultywacja Zbiornika poprzez zmianę struktury ilościowej ichtiofauny z zastosowaniem biomanipulacji czyli – metody ochrony jakości wody przy pomocy odpowiedniego składu gatunkowego ryb. Metoda ta polegała na umiejętnym wykorzystaniu do zwalczania glonów planktonowych, poszczególnych poziomów piramidy troficznej, w której ryby drapieżne stanowią szczytowy poziom i pełnią funkcję istotnego czynnika kształtującego strukturę zespołów planktonowych i dennych. Jest to metoda natury biologicznej, a nie technicznej prowadząca do łagodzenia symptomów eutrofizacji poprzez zmianę zależności między poszczególnymi grupami organizmów pomimo wysokiej żyzności środowiska. Wydział Ochrony Środowiska UM Lublin w latach 2006 – 2012 wpuścił do Zbiornika ok. 20 ton drapieżnika (narybek jesienny szczupaka i kroczek suma).
2. Rekultywacja Zbiornika poprzez wykonanie sztucznych tarlisk dla sandacza
Z uwagi na fakt, że w akwenu brak jest roślinności dennej w celu umożliwienia tarła temu gatunkowi ryb, konieczne było rokroczne instalowanie w dolnej (głębszej) części Zbiornika sztucznych tarlisk wykonanych z gałęzi drzew iglastych w ilości 700 sztuk.
3. Odtwarzanie makrofitów w strefie przybrzeżnej wzdłuż zachodniego odcinka akwenu, który bezpośrednio przylega do pól uprawnych.
4. Prowadzenie ciągłego monitoringu stanu ekologicznego Zbiornika.

2.1. Laguny fitolitoralne

Z uwagi na fakt, że według Komisji Helsińskiej ponad 50 % ładunku związków biogenych odpływających z terenu Polski pochodzi z obszarowych źródeł zanieczyszczeń, koniecznym wydawało się podjęcie innowacyjnych działań mających na celu ograniczenie i redukcję zanieczyszczeń u źródła ich powstania.

W 2010 r. przy współpracy z Zakładem Ekologii Krajobrazu i Ochrony Przyrody Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie oraz Katedrą Botaniki i Hydrobiologii Katolickiego Uniwersytetu Lubelskiego zostało zrealizowane zadanie badawcze pn. Koncepcja ukształtowania płatów fitolitoralu wzdłuż wybranych odcinków brzegu Zbiornika Zemborzyckiego w Lublinie z wykonaniem testowych nasadzeń. Generalnie należy przyjąć, że dla jakości wód w rzekach i zbiornikach wodnych podstawowe znaczenie ma bogactwo i różnorodność roślinności wodnej i przybrzeżnej, posiadającej olbrzymie zdolności do samooczyszczania wód. Przyjęto założenie, że im większa powierzchnia fitolitoralu oraz im szersza i bogatsza strefa roślinności pobrzeża, tym efekt poprawy stanu czystości wód jest większy. Naukowcy z lubelskich uczelni oszacowali, że w przypadku naszego Zbiornika, aby uzyskać wyraźny efekt ekologiczny, strefa fitolitoralu powinna docelowo pokryć co najmniej 20% powierzchni akwenu, szczególnie w tych sektorach w których następuje najintensywniejsze zasilanie Zbiornika w biogeny ze zlewni.



Rys. 1. Typy płatów fitolitoral.

Zaprojektowano system 5 lagun, które będą sukcesywnie rozmieszczane wzdłuż wybranych odcinków brzegów Zbiornika:

- Laguna
- Fala
- Laguna z falą
- Wyspa
- Laguna z wyspą

Na miejsce lokalizacji lagun została wybrana centralna część zachodniego brzegu Zbiornika, a kryteriami doboru tego miejsca były:

- przyrodnicza część akwenu
- sposób zagospodarowania ziemi w najbliższym otoczeniu (pole orne, zabudowania dzielnicy Zemborzyce)
- obecny fitolitoral zredukowany do wybranych fragmentów
- dostępność miejsca ze względów logistycznych

Specyficzny kształt i rozmieszczenie lagun pozwoli wykorzystać naturalny kierunek przepływu wód Zbiornika, w taki sposób, żeby ich oczyszczanie okazało się jak najbardziej efektywne. Woda wpływająca z nurtem rzeki Bystrzycy filtrowana będzie przez kolejne typy płatów z nasadzeniami głównie trzciny pospolitej *Phragmites australis*, z domieszką innych gatunków szuwarowych o wartościach ozdobnych lub wspomagających funkcję oczyszczania wody z ładunku biogenów m.in. kosaciec żółty *Iris pseudoacorus*, pałka szerokolistna *Typha latifolia*, tatarak zwyczajny *Acorus calamis*.

W strefie przybrzeżnej lagunom towarzyszyły nasadzenia sadzonek wierzby wiciowej *Salix viminalis*, które pełniły rolę wstępnego filtra dla biogenów dostarczanych do akwenu wraz z wodami gruntowymi ze zlewni. Do celów badawczych wykonano dwie strefy buforowe o pow 120 m² oraz 105 m²

Sadzonki wierzby obsadzono w rzędach w odległości 1m, w każdym rzędzie wsadzano po 3 sztuki o długości 0,5 m, w odstępach co 0,6 m.

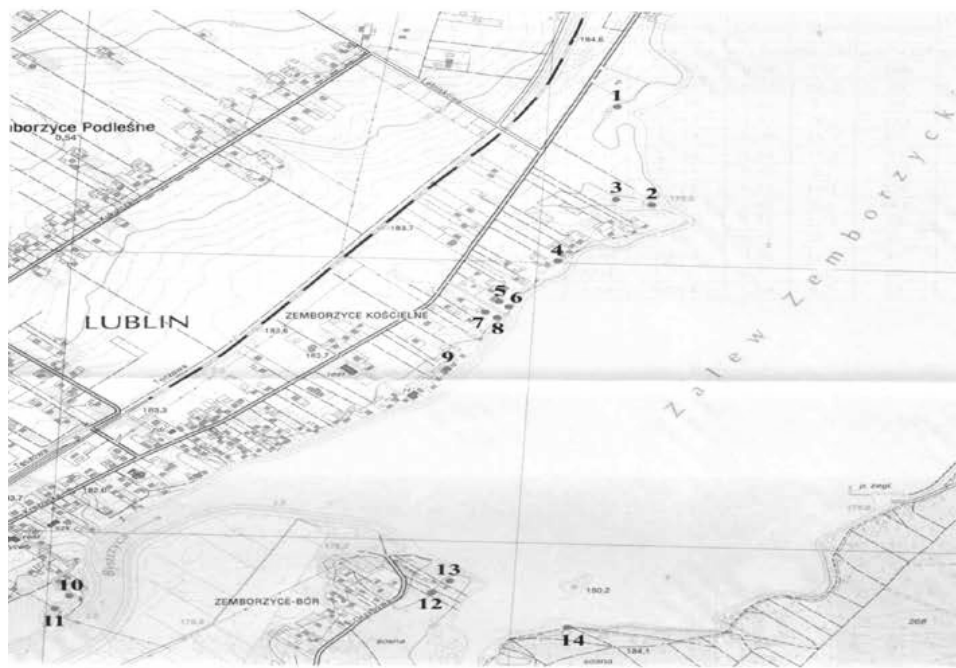
Realizacja projektu w latach 2010 – 2011 objęła etapy:

- Nasadzenia wierzby wiciowej na doświadczalnych poletkach – maj 2010, kwiecień 2011
- Przygotowanie rozsady trzciny pospolitej na stawach – maj 2010, maj 2011
- Nasadzenia na lagunach maj, wrzesień 2011 – laguna nr 1
- Budowa lagun fitolitoralnych na Zbiorniku Zemborzyckim październik 2010 laguna nr 1 (doświadczalna), październik 2011 – laguna nr 2

Laguna nr 1 obsadzona została sadzonkami trzciny pospolitej łącznie z gatunkami towarzyszącymi: miętą nadwodną, kosaćcem żółtym, mózgiem trzcinowatą, szczawiem lancetowatym, markiem szerokolistnym, tojeścią pospolitą, niezapominajką błotną. Gatunki te pojawiły się w skrzynkach z nasadzeniami poprzez przeniesienie ich wraz z podłożem. Skrzynie rozmieszczono wzdłuż ramion laguny, w ten sposób, żeby tworzyły osłonę przed wiatrem i nadmiernym falowaniem. Wnętrze ramion laguny obsadzono sadzonkami trzciny umieszczonymi w sakwach jutowych. Ponadto na lagunie posadzono 130 plastikowych, bezdennych doniczek z pojedynczymi sadzonkami trzciny, obsadzonych w podłożu pochodzącym ze stawu wraz z mineralnym obciążeniem. W okresie letnim zaobserwowano rozwijające się makrofitry zanurzone w zatoczce utworzonej z ramion laguny tj. rdestnica przesyta, rdestnica grzebieniasta, oraz rdest ziemnowodny forma natans. Jest to bardzo korzystne zjawisko ponieważ potencjalnie może stanowić ono miejsce żerowania i tarła ryb.

Laguna nr 2 złożona była z z dwóch części, które stanowiły odrębne obiekty położone blisko siebie, w taki sposób, żeby pomiędzy nimi utworzyła się mini zatoczka. Większa laguna ma 8m, mniejsza 3m długości. Konstrukcja jest odsunięta od linii brzegowej 6 – 8m. W przekroju pionowym konstrukcja laguny ma kształt trapezu. Zbudowana jest z worków jutowych wypełnionych żwirem łamanym o frakcji 8 – 16 mm. Worki były umocnione siatką polietylenową zakotwiconą w dnie. Docelowo na lagunie zostanie posadzona trzcina pospolita *Phragmites australis* oraz pałka szerokolistna *Typha latifoliae*.

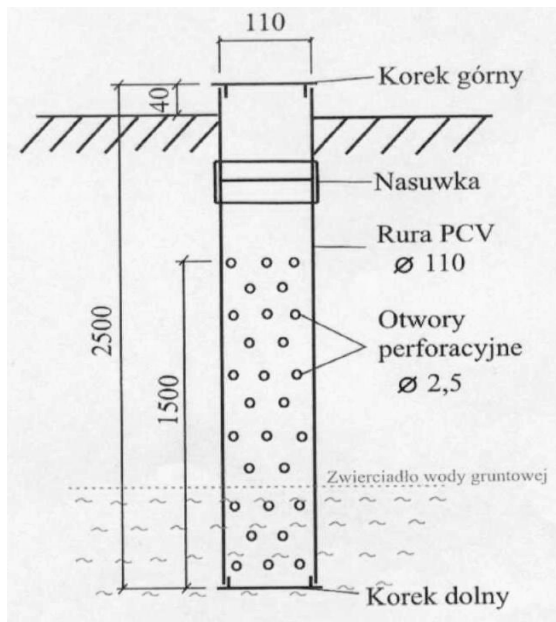
W ramach projektu wykonywano analizę wybranych parametrów fizycznych i chemicznych wód gruntowych i powierzchniowych w rejonie Zbiornika Zemborzyckiego, jak również przeprowadzono analizę wstępnych wyników badań nad możliwością redukcji zanieczyszczeń zwłaszcza związków biogenych w wodach gruntowych spływających do akwenu, przez rośliny tworzące płyty fitolitoralu, powstałe w wyniku testowych nasadzeń w strefie pobraża i litoralu, tym bardziej, że mechanizm pracy takiego filtra polegał na biologicznym procesie wbudowywania w biomasę makrofitów (liście, łodygi, korzenie) substancji biogenych zawartych w wodzie dopływającej do Zbiornika jak i w nim samym.



Rys. 2 Lokalizacja punktów poboru wód do analiz laboratoryjnych

W 2011 r. prowadzono głównie badania jakościowe wód gruntowych pobranych z zainstalowanych na stałe 12 piezometrów oraz wód powierzchniowych w dwóch wytypowanych punktach. Piezometr 1 zainstalowano w odległości ok. 35 m od linii brzegowej Zbiornika na polu gdzie uprawiano buraki cukrowe. W punkcie nr 2 pobierano wody powierzchniowe gromadzące się w dolince śródpolnej, gdzie w przyszłości planuje się utworzenie oczka wodnego i ścieżki dydaktycznej, a wody gromadzące się w tym obniżeniu terenu mają bezpośrednią łączność z wodami w akwenu. Piezometr nr 3 zainstalowano ok 35 m powyżej oczka wodnego w dnie dolinki śródpolnej porośniętym przez szuwar wielkoturzycowy. Piezometr nr 4 założono w odległości ok 10 m od linii brzegowej w strefie intensywnej zabudowy zagrodowej i mieszkaniowej jednorodzinnej. Piezometry nr 5 i 7 założono powyżej powierzchni doświadczalnych z nasadzeniami wierzby wiciowej, a piezometry nr 6 i 8 poniżej tych powierzchni. Piezometr nr 9 zainstalowano podobnie jak piezometr nr 4, na zawalu w odległości ok 25 m od linii brzegowej. Piezometr nr 10 założono w sąsiedztwie fermy drobiu na zawalu w strefie cofki Zbiornika w odległości ok 40 m od linii brzegowej. W punkcie oznaczonym nr 11 pobierano wody gromadzące się w odstojniku wód powierzchniowych przy przepompowni w ul. Niezapominajki. Piezometr nr 12 i 13 założono w strefie zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej na terenie zalesionym w okolicach ul. Grzybowej (strona południowa Zbiornika). Piezometr nr 14 zainstalowano w lesie w odległości ok 40 m od linii brzegowej akwenu. Wody do badań były pobierane raz w miesiącu od maja do października 2011 r. oznaczając: temperaturę, pH, przewodność elektrolityczną właściwą, tlen rozpuszczony, azot ogólny, amoniak, azotany, potas, fosforany, żelazo, chlorki, siarczany, BZT₅, ChZT_{Cr}.

W celu pozyskania próbek wód gruntowych do analiz w wytypowanych miejscach zostały zainstalowane studzienki piezometryczne, z których czerpakiem pobierano próbki wód. Do wykonania studzienek piezometrycznych użyto rur kanalizacyjnych z PCV o średnicy $\text{Ø}=110$ mm i długości $L=2000$ mm. Rury zostały poddane perforacji przez nawiercenie otworami o średnicy $\text{Ø}=2,5$ mm. Jedną z rur ucięto i połączono z drugą za pomocą specjalnej nasuwki kanalizacyjnej o średnicy $\text{Ø}=110$ mm, a następnie rury zatkano od góry i dołu korkami kanalizacyjnymi, chroniąc je przed przedostaniem się zanieczyszczeń do środka piezometru. W ten sposób uzyskano rury o długości $L=2500$ mm. W terenie studzienki zainstalowano wierząc w ziemi, świdrem o średnicy $\text{Ø}=150$ mm otwory do głębokości ok. 260 cm, w które wstawiano wcześniej przygotowane rury. Dzięki wykonanej perforacji następuje szybka filtracja wody gruntowej z gleby do studzienki piezometrycznej.



Rys. 3 Schemat studzienki piezometrycznej

W okresie badań w obu strefach buforowych z nasadzeniami wierzby wiciowej stwierdzono bardzo duże wahania skuteczności usuwania badanych wskaźników i składników zanieczyszczeń zwłaszcza w przypadku związków biogenych. Najbardziej stabilne efekty redukcji zanieczyszczeń odnotowano w przypadku chlorków, siarczanów i przewodności. Wstępne uśrednione wyniki badań przeprowadzonych w 2010 r. wskazują jednak na pozytywną rolę zastosowanych wierzbowych stref buforowych w zmniejszaniu zanieczyszczeń obszarowych. Średnia efektywność zmniejszania stężenia azotu ogólnego w obu strefach wynosiła 34,2 i 78,1%, zawartość fosforanów była zredukowana o 20,2 i 34,2%, a potasu o 25,9 i 25,35. Badane strefy zmniejszały również stężenie NO_3 NO_2 odpowiednio 93,9 i 26,3%.

Na 5 serii pomiarowych, wykonanych dla wód Zbiornika Zemborzyckiego, tylko w październiku wodę zakwalifikowano do III klasy, w pozostałych miesiącach do IV klasy jakości. Wyniki analiz fizyczno – chemicznych wód podziemnych pozwoliły stwierdzić, że wody te charakteryzują się bardzo złą jakością we wszystkich punktach pomiarowych, która wynikała przede wszystkim z wysokiego stężenia potasu, fosforanów i azotanów. Również bardzo wysokie stężenie siarczanów w dwóch piezometrach obniżało jakość wód do V klasy. Stężenie amoniaku, żelaza i czasami azotanów obniżało jakość wody do klasy III lub IV.

Bardzo zła jakość wód podziemnych w rejonie w którym były prowadzone badania sprawia niestety, że duży ładunek zanieczyszczeń, w tym biogenów wnoszony jest do Zbiornika wraz z tymi wodami, co prowadzi do eutrofizacji wód w tym akwenu, a dodatkowo sprzyja powstawaniu zakwitów.

3. Podsumowanie

Uzyskane wstępne wyniki badań mogą świadczyć o tym, że stosowanie wierzbowych stref buforowych ma korzystny wpływ na zmniejszanie zanieczyszczeń obszarowych spływających wraz z wodami gruntowymi do Zbiornika. Dlatego wskazane jest utrzymanie już istniejących oraz tworzenie nowych stref buforowych położonych między łądem i wodą. W związku z tym Wydział Ochrony Środowiska UM Lublin planuje w kolejnych latach tworzenie następnych. Należy jednak pamiętać, że istniejące do tej pory strefy funkcjonują stosunkowo krótko, a doświadczenia w oczyszczalniach gruntowo – roślinnych z wierzbą wskazują, że systemy tego typu uzyskują sprawność dopiero w 2 – 3 roku eksploatacji, a wykorzystując potencjał tzw. ekotonowych stref buforowych można osiągnąć nawet 98% redukcję substancji biogenych.

Usuwanie zanieczyszczeń w takich strefach zachodzi przy współdziałaniu wielu procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych, a efektywność ich funkcjonowania zależy od następujących czynników:

- szerokości strefy
- składu gatunkowego roślinności
- struktury gleby
- nachylenia stoku
- warunków hydrologicznych i meteorologicznych

Zmiany jakie zachodzą w dolinie rzeki Bystrzycy i jej najbliższym otoczeniu mają strategiczne działania dla ilości i jakości wody płynącej w rzece, a tym samym dla stanu wody w Zbiorniku. Prawidłowa gospodarka wodna w zlewni rzeki Bystrzycy jest podstawą trwałego zrównoważonego rozwoju obszarów położonych powyżej akwenu. Znając stosunki wodne krajobrazu możemy podejmować właściwe przedsięwzięcia w zakresie kształtowania struktury szaty roślinnej i struktury użytkowania terenu, które zapewnią najbardziej racjonalną gospodarkę zasobami wodnymi i korzystanie z nich zgodnie z zasadami ich ochrony. Wszyscy musimy jednak zdawać sobie sprawę, że uzyskany wynik uzależniony jest od charakteru i położenia Zbiornika w zlewni rzeki Bystrzycy oraz od intensywności planowanych działań człowieka, wywołujących określone zmiany w przyrodzie. Dlatego istotnym wydaje się potrzeba ciągłego podnoszenia świadomości ekologicznej mieszkańców i lokalnych samorządów odpowiedzialnych za stan środowiska przyrodniczego w okolicy Zbiornika

Zemborzyckiego. Jednocześnie warto zwrócić uwagę na to, że w latach 2008 – 2011 Państwowy Powiatowy Inspektor Sanitarny w Lublinie prowadził badania wody w Zbiorniku Zemborzyckim i na podstawie uzyskanych wyników oraz oceny organoleptycznej po raz pierwszy od wielu lat dopuścił do rekreacyjnego użytkowania cały obszar akwenu. Należy również zdawać sobie sprawę, że w celu utrzymania osiągniętych efektów oraz poprawy stanu czystości ekologicznej konieczna będzie dalsza rekultywacja Zbiornika Zemborzyckiego jak również kontynuacja zaplanowanych przez tut. Wydział zadań, aby nie doszło do powtórnej degradacji Zbiornika i katastrofy ekologicznej.

Bibliografia

- [1] Shapiro, J., V.La. Marra, and M. Lynch. 1975. Biomanipulation: An ecosystem approach to lake restoration. In P.L. Brezonik and J. L. Fox, eds, *Water Quality Management through Biological Control*, Gainesville, FL: Dept. of Env. Eng. Sciences, Univ. Florida, 85 – 96
- [2] Shapiro, J., B.Forsberg, V.La Marra, G.Lidmark, M. Lynch, E.Smeltzer, G.Zoto, 1982. *Experiments and Experiences in Biomanipulation*, Interim Rept. No. 19, Limmological Research Center, Univ. Of Minnesota, Minneapolis, Minn.
- [3] Zalewski M., Frankiewicz P. 1994. Biomanipulacja jako metoda poprawy jakości wody w zbiornikach zaporowych.
- [4] Moss B., 1998, *Shallow Lakes, Biomanipulation and Eutrophication*. Scope Newsletter, 29.
- [5] Pawlik – Skowrońska B., Skowroński T., Pirszel., Adameczyk A. 2004 – Relationship between cyanobacterial bloom composition and anatoxin – a and microcystin occurrence in the eutrophic dam reservoir (SE Poland) – *Polish Journal of Ecology* 52: 479 – 490.
- [6] Izydorczyk K.,FrątczakW., Drobniwska A., Badowska M., Zalewski M., 2010. Zastosowanie stref ekotonowych w ograniczaniu zanieczyszczeń obszarowych. W: *Ochrona i rekultywacja jezior. Materiały konferencyjne pod red. Ryszarda Wiśniewskiego*. Toruń 2010.
- [7] Józwiakowska I., Józwiakowski K., 2001: *Wierzba i jej zastosowanie w gospodarce ochronie środowiska*. *Aura* 10/2001, Wyd. SIGMA-NOT, s 16 – 18
- [8] Dz.U. Nr 32, poz.284. Rozporządzenia Ministra Środowiska z 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód

