

Anna Rabajczyk

Instytut Chemii
Akademia Świętokrzyska
ul. Chęcińska 5, 25-020 Kielce
e-mail: chromium@pu.kielce.pl

WALIZKA EKOCHEMIKA - JEJ WADY I ZALETY

KIT OF THE ECOCHEMIST - ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Streszczenie: Stosując metody, formy i środki dydaktyczne, trzeba mieć świadomość ich wad i zalet. Dlatego też przeprowadzono ankietę wśród uczestników nieformalnych zajęć terenowego laboratorium biologiczno-chemicznego. Zajęcia te prowadzone były z zastosowaniem różnorodnych metod, form oraz z wykorzystaniem wielu środków dydaktycznych. Do analizy zanieczyszczeń wód, m.in. azotanów(V), fosforanów(V), wykorzystywane były proste i łatwe w obsłudze zestawy odczynników. Na podstawie otrzymanego w wyniku reakcji zabarwienia i natężenia koloru można było określić występowanie analizowanego związku lub jego brak. Uczestnicy zajęć wskazali zarówno na wady, jak i zalety stosowania zestawów. Oceny te, w zależności od grupy wiekowej (klasy gimnazjalne oraz klasy ponadgimnazjalne), kształtowały się w odmienny sposób.

Słowa kluczowe: dydaktyka, środki dydaktyczne, analiza zanieczyszczeń wód, zestawy odczynników

Summary: When applying the methods, forms and didactic means their advantages as well as disadvantages should be taken into consideration. Therefore a survey was conducted among the participants of informal classes "Biological-chemical laboratory". The classes were conducted with the use of various methods as well as many other didactic forms. For the analysis of water contaminants: nitrates and phosphates, sets of easy to operate reagents were used. On the basis of the intensity of the colour received as a result of the reaction, it was possible to determine occurrence of the analysed compound or its lack. The participants of the classes pointed as the disadvantages as well as advantages of using the kits. These opinions, depending on the age (junior secondary schools as well as senior secondary schools) were different.

Keywords: didactics, didactic means, analysis of water contaminants, set reagents

Wstęp

Idea ekorozwoju jest akceptowana tylko przez osoby o określonym poziomie świadomości i kultury ekologicznej. Kształcenie w duchu ekorozwoju pozwala przygotować ludzi do zachowywania równowagi między naturą a cywilizacją. Jest to jednak proces długotrwały, trudny i nakłada konieczność stosowania różnorodnych form edukacji społeczeństwa na każdym etapie nauczania. Jednakże tradycyjny system kształcenia, polegający na przekazywaniu wiedzy teoretycznej, okazał się niewystarczający emocjonalnie i praktycznie. Dlatego też coraz większe znaczenie ma pobyt w terenie, który daje okazję do bezpośredniego kontaktu z przyrodą, obserwacji i analizy poszczególnych jej elementów.

Pojęcie „forma edukacji” ma wiele znaczeń w polskiej pedagogice i oznacza całą organizacyjną stronę nauczania i uczenia się, wychowywania i samowychowywania. Określa zatem czynności zarówno nauczyciela, jak i ucznia.

Edukacja ekologiczna powinna być realizowana poprzez właściwe wykorzystanie treści ekologicznych zawartych w programach nauczania danego szczebla szkolnictwa

podczas różnych zajęć przedmiotowych. Treści związane z nauczaniem i wychowaniem środowiskowym należy prezentować w sposób interesujący, aby w następstwie uczyły one nowego podejścia do problemów związanych z ekologią. Cóż bowiem dają najpiękniejsze nawet treści werbalne, jeśli nie rozbudzają autentycznych potrzeb czynnego uczenia się i rozwiązywania realnych czy hipotetycznie stawianych problemów. W edukacji ekologicznej każdy uczestnik zajęć powinien być aktywny oraz mieć możliwość współdecydowania o tym, czego i w jaki sposób się uczyć.

Swoista wrażliwość dziecka oraz jego zdolność do wnikliwej obserwacji przyrody, a zwłaszcza ciekawość i radość, jaką wykazuje w bezpośrednim kontakcie z przyrodą, stwarza przed nauczycielem nieograniczone wręcz możliwości różnicowania form edukacji ekologicznej. Efektywność stosowania tych form zależy od właściwego zaplanowania zajęć, dobrej organizacji, sprawnego przeprowadzenia i jak najszerszego wykorzystania na zajęciach zebranych w terenie materiałów [1].

Jedną z form pracy pozwalających na uatrakcyjnienie nauczania oraz jak największe zaangażowanie uczestników jest praca doświadczalna w terenie. Przykładem takich zajęć jest terenowe laboratorium biologiczno-chemiczne, które, ze względu na treści i analizy chemiczne, adresowane jest do uczniów szkół ponadpodstawowych. Ważne jest, aby treści chemiczne i biologiczne prezentowane podczas warsztatów wzajemnie się uzupełniały, gdyż pozwala to na interdyscyplinarne spojrzenie na środowisko jako całość oraz gwarantuje ciekawą dla uczestników formę przekazu. W ramach zajęć uczestnicy mają możliwość samodzielnego zanalizowania środowiska, określenia jego stanu czystości, wykonywania obserwacji terenowych, poznawania procesów oczyszczania się środowiska na podstawie obserwacji organizmów wodnych oraz wykonania prostych doświadczeń chemicznych [2-4].

Ekosystem rzeczny

Ekosystemy rzeczne, jako układy bardzo dynamiczne, podlegają ciągłym zmianom. Na ich stan ma wpływ bardzo wiele czynników, których stały monitoring pozwala na śledzenie zmian oraz odpowiednie reagowanie władz administracyjnych dla zachowania bądź przywrócenia odpowiedniego stanu czystości środowiska wodnego.

Jednymi z podstawowych analiz, na podstawie których dokonuje się oceny jakości rzek, jest pH oraz związki, takie jak azot i fosfor, występujące w różnych formach chemicznych, które są podstawowymi pierwiastkami niezbędnymi do życia. Rozwój fauny i flory ograniczony jest biodostępnością biogenów. Fosfor z łatwością wbudowuje się do związków organicznych i molekuł osadów dennych, podczas gdy niezwiązany, występujący w postaci nieorganicznej, jest gwałtownie wchłaniany przez glony i większe rośliny wodne. Podobnie jest w przypadku azotu - w zależności od formy występowania jest wchłaniany przez rośliny wodne (NO_3^- , NH_3), a następnie zwierzęta wodne bądź ulega przekształceniom pod wpływem działalności bakterii.

Na spiralne krążenie pierwiastków wpływa wiele czynników zarówno biotycznych, jak i abiotycznych. Przykładem takiego obiegu jest obecność azotu amonowego w wodach i osadach dennych, będąca wypadkową między innymi takich parametrów, jak rozwój fauny i flory wodnej, warunki tlenowe, temperatura czy procesy fizyczno-chemiczne, m.in. strącanie i sorpcja na osadach. W okresach wyższych temperatur stężenia jonów amonowych są małe, gdyż amoniak zużywany jest przez rośliny i jednocześnie ulega nityfikacji, zaś w okresie niskich temperatur ich ilość rośnie. Procesy strącania i sorpcji natomiast silniejszy wpływ wywierają na jony fosforanowe, w porównaniu z jonami amonowymi, podczas gdy jony azotanowe(V) nie poddają się procesom usuwania na drodze abiotycznych przemian. Na skutek sedymentacji organizmów i adsorpcji nierozpuszczalnych fosforanów na sedymentacyjnych cząstkach minerałów ilastych oraz wytrącania nierozpuszczalnych kompleksów fosfor dociera do dna,

a o jego dalszych przekształceniach decydują warunki redoks na granicy woda-osad [5].

Zmiany wartości pH są również bardzo ważne dla wielu organizmów, gdyż większość z nich potrafi zaadaptować się do życia w wodzie o danej wartości pH i ginie wówczas nawet, gdy pH wody zmieni się nieznacznie. Ponadto w bardzo kwaśnych wodach zachodzą procesy rozpuszczania jonów metali znajdujących się na przykład w osadach dennych. Składnikami podstawowymi osadu dennego są substancje zawarte w skale macierzystej, a więc krzemionka i krzemiany. Do tego dochodzą sole (głównie węglany, siarczany, azotany i fosforany) takich metali, jak: żelazo, wapń, magnez, potas i sód oraz, w większych ilościach, mangan, miedź, cynk, kobalt i chrom. W śladowych ilościach, w zależności od otoczenia koryta rzeczno oraz parametrów fizyczno-chemiczno-biologicznych cieku wodnego, osad denny może również zawierać wiele innych substancji. Rozpuszczanie soli zawartych w osadach pod wpływem wzrastającej kwasowości środowiska może stanowić zagrożenie dla organizmów żyjących w danym ekosystemie wodnym. Metale, takie jak miedź czy aluminium, osadzają się w skrzelach i powodują kalectwo młodych ryb, obniżając ich szanse na przeżycie [6, 7].

Bardzo ważne jest zatem, aby obok kontroli parametrów wody, nie pomijać analizy tak ważnych elementów ekosystemu rzeczno, jakim są między osady denne czy organizmy żywe.

Część eksperymentalna

Nieformalne zajęcia terenowe w postaci laboratorium biologiczno-chemicznego prowadzone były wśród uczniów klas gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych. Zastosowany do zajęć zestaw narzędzi badawczych, umieszczony w specjalnej walizce wielokrotnego użytku, pozwolił na zbadanie niektórych analiz w:

- wodzie - określenie występowania i poziomu stężeń jonów PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ oraz pH i twardości,
- osadzie dennym - określenie występowania i poziomu stężeń jonów PO_4^{3-} , NO_3^- , NH_4^+ oraz pH,

jak również na obserwację wodnych organizmów roślinnych i zwierzęcych.

Uczestnicy zajęć pobierali próbki wody oraz osadu dennego zgodnie z obowiązującymi normami, a następnie poddawali je analizie fizycznej oraz chemicznej. Ponadto, za pomocą odpowiednich narzędzi dydaktycznych badali wodne organizmy roślinne i zwierzęce występujące na terenie analizowanego ekosystemu wodnego.

Analiza próbki wody

W celu przeprowadzenia analizy pobranej próbki wody uczestnicy musieli wykonać następujące czynności:

- ocenić parametry fizyczne, takie jak barwa, zapach, mętność,
- napełnić pobraną próbką wody probówkę oznaczoną odpowiednim symbolem (np. do badania pH -

- próbówka oznaczona symbolem pH) do wysokości oznaczonej na próbówce paskiem,
- dodać odpowiednich ilości reagentów z oznaczonych w zestawie buteleczek (zgodnie z instrukcją zawartą w zestawie),
 - mieszać oraz, w zależności od potrzeby, mierzyć czas niezbędny do przereagowania dodanych reagentów,
 - postawić próbkę na odpowiednim kwadracie w rzędzie oznaczonym odpowiednim symbolem, np. pH, na arkuszu ze skalami kolorymetrycznymi,
 - odczytać i oznaczyć wartość badanego parametru, korzystając z jednostki podanej na arkuszu kolorymetrycznym.

Analiza próbki osadu dennego

Podczas analizy próbki osadu dennego uczestnicy zajęć musieli wykonać następujące czynności:

- ocenić parametry fizyczne badanej próbki, jak barwa, konsystencja, zapach;
- podzielić pobraną próbkę osadu dennego na dwie części z zachowaniem reprezentatywności badanego materiału;
- wysuszyć część pobranej próbki osadu (maksymalnie 1 dzień w temperaturze otoczenia) w celu oznaczenia wartości pH oraz jonów fosforanowych, pozostałą część przeznaczyć do badań bezpośrednio po pobraniu w terenie;
- odważyć odpowiednią ilość badanej próbki (świeżej bądź wysuszonej);
- dodać określoną ilość roztworu ekstrakcyjnego;
- napełnić otrzymanym roztworem ekstrakcyjnym próbkę oznaczoną odpowiednim symbolem (np. do badania pH - próbówka oznaczona symbolem pH) do wysokości oznaczonej na próbówce paskiem;
- dodać określoną ilość reagentów z oznaczonych w zestawie buteleczek (zgodnie z instrukcją zawartą w zestawie);
- wytrząsać, sączyć, mieszać oraz, w zależności od potrzeby, mierzyć czas niezbędny do przereagowania dodanych reagentów;
- postawić próbkę na odpowiednim kwadracie w rzędzie oznaczonym odpowiednim symbolem, np. pH, na arkuszu ze skalami kolorymetrycznymi;
- odczytać i oznaczyć wartość badanego parametru, korzystając z jednostki podanej na arkuszu kolorymetrycznym.

Obserwacja wodnych organizmów zwierzęcych i roślinnych

Badając ekosystem wodny, uczestnicy zajęć prowadzili również obserwację wodnych organizmów, wykonując następujące czynności:

- powiększali za pomocą lup znajdujących się w zestawie organizmy zwierzęce i roślinne żyjące w badanym ekosystemie;
- umieszczali, w zależności od potrzeby, w odpowiednim pudełku znajdującym się

- w zestawie i porównywali wymiary, prędkość poruszania się bądź szkiełkowali badane organizmy, wspomagając się siatką zatopioną w dnie pudełka;
- wprowadzali organizmy z powrotem do ich naturalnego środowiska życia;
- porównywali i starali się prawidłowo oznaczyć badane organizmy, zbierając dodatkowe informacje dotyczące m.in. przystosowania do życia w danym ekosystemie oraz warunków środowiskowych.

Wyniki i ich omówienie

Rzeka Silnica stanowi źródło zanieczyszczeń odbiornika macierzystego - Bobrzy i dlatego badana jest przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Kielcach. W 2002 oraz 2003 roku w ocenie ogólnej Silnica nie odpowiadała normatywom żadnej z klas czystości ze względu na ponadnormatywne stężenie m.in. azotanów(III), gdzie podstawą oceny była trzypostopniowa klasyfikacja śródlądowych wód powierzchniowych wraz z normami dopuszczalnymi wskaźników zanieczyszczeń ustanowiona Rozporządzeniem Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 listopada 1991 roku (DzU nr 116 poz. 503), określająca ich jakość w zależności od przeznaczenia [8-10].

W 2004 roku natomiast wody rzeki Silnicy, na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji i prezentacji stanu tych wód (DzU Nr 32/2004 poz. 284) [11], zostały zakwalifikowane do klasy V, o czym zdecydowało stężenie m.in. chlorków, ChZT-Cr, BZT₅.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r., aby sklasyfikować wodę jako pozaklasową, stężenie jonów np. azotanowych(III) powinno wynosić powyżej 1,0 ppm (tabela 1 i 2). W wyniku przeprowadzonych przez uczniów badań stwierdzono, że wody rzeki Silnicy plasują się w zależności od dnia ze względu na zawartość:

- NO₂⁻, klasa I: stężenie NO₂⁻ [ppm] ≤ 0,02 w dniach I i IV,
klasa II: stężenie NO₂⁻ [ppm] 0,1 w dniu III,
klasa III: stężenie NO₂⁻ [ppm] 0,3 w dniu II,
- PO₄³⁻ klasa I: stężenie PO₄³⁻ [ppm] 0,0 w dniu II,
klasa III: stężenie PO₄³⁻ [ppm] 0,5 w dniach I, III i IV,
- NO₃⁻ klasa II: stężenie NO₃⁻ [ppm] 10 w dniach I i II,
klasa III: stężenie NO₃⁻ [ppm] 25 w dniach III i IV,
- NH₄⁺ klasa I: stężenie NH₄⁺ [ppm] < 0,5 w dniach I-IV,
- pH klasa I: pH = 8 w dniach I-IV,
- twardość woda twarda: 12-14 [°n] w dniach I-IV.

Otrzymane wyniki wskazują ponadto na niewielką zawartość związków biogenych w osadzie dennym przy jego obojętnym odczynie ($\text{pH} = 6\div 7$). Jonów PO_4^{3-} oraz NO_3^- nie stwierdzono, obecne są natomiast niewielkie ilości NH_4^+ , wykorzystywanych przez rośliny wodne jako materiał budulcowy. Obecność jonów amonowych przy równoczesnym braku jonów azotanowych może świadczyć o przebiegającym w osadzie dennym beztlenowym „oddychaniu azotanowym” - amonifikacji i denitryfikacji częściowej [5]. Pamiętać jednak należy, że otrzymane wartości obarczone są dużymi błędami wynikającymi

z proponowanych i zastosowanych podczas analizy skal znajdujących się w zestawie, jak na przykład:

- pH : 3, 4, 5, 6, 7, 8 i 9,
- NO_3^- : 0, 10, 25, 50 i 80 ppm,
- PO_4^{3-} : 0, 0,5; 1,2; 3,0 i ≥ 6 ppm.

Analiza biologiczna ekosystemu rzecznoego Silnicy wskazuje natomiast na występowanie strefy betamezosaprobowej. O tym świadczy bardzo dobrze rozwijająca się roślinność zielona oraz występowanie między innymi takich organizmów, jak: glony (wiciowce roślinne, sprężnice), wyplawki, jętki (larwy grzebiące i pływające).

Tabela 1. Wyniki analizowanych parametrów w rzece Silnica uzyskane przez uczniów szkół ponadpodstawowych podczas nieformalnych zajęć terenowych.

Matryca	NO_3^- [ppm]	PO_4^{3-} [ppm]	NH_4^+ [ppm]	pH	NO_2^- [ppm]	twardość [°n]	barwa	mętność/ konsystencja	zapach
I dzień									
woda	10	0,5	0,05	8	$\leq 0,02$	14	bzb	klarowna	bz
osad	0	0	0	7	-	-	c.brązowy	mazisty	bz
II dzień									
woda	10	0	0,4	8	0,3	12	bzb	klarowna	bz
osad	0	0	1,0	6	-	-	c.brązowy	mazisty	bz
III dzień									
woda	25	0,5	0,2	8	0,1	14	bzb	klarowna	bz
osad	0	0	1,0	6	-	-	czarny	mazisty	bz
IV dzień									
woda	25	0,5	0,2	8	$\leq 0,02$	14	bzb	klarowna	bz
osad	0	0	0,5	7	-	-	czarny	mazisty	bz

I dzień: Gimnazjum nr 9, Kielce, klasa III, 20.09.2005; II dzień: ZSE, Kielce, klasa 4C, 21.09.2005; III dzień: ZSP, Stąporków, klasy III TOŚ, IIILO, IIIBLP, 27.09.2005; IV dzień: ZSP, Stąporków, klasa IV TOŚ, 28.09.2005; bz: bez zapachu; bzb - bezbarwny; c. brązowy - ciemnobrązowy

Tabela 2. Wartości graniczne wskaźników jakości wody w klasach jakości wód powierzchniowych [9]

Wskaźnik jakości wody	Jednostka	Wartości graniczne w klasach I-V				
		I	II	III	IV	V
Odczyn pH	-	6,5÷8,5	6,0÷8,5	6,0÷9,0	5,5÷9,0	< 5,5 lub > 9,0
Wskaźniki biogenne						
Amoniak	[mg NH_4/dm^3]	0,5	1	2	4	>4
Azotany(V) (azotany)	[mg NO_3/dm^3]	5	15	25	50	>50
Azotany(III) (azotyny)	[mg NO_2/dm^3]	0,03	0,1	0,5	1,0	>1,0
Fosforany	[mg PO_4/dm^3]	0,2	0,4	0,7	1,0	>1,0

Tabela 3. Wady i zalety zestawu odczynników w ocenie uczniów klas gimnazjalnych oraz ponadgimnazjalnych

Zalety	Wady
Uczniowie klas gimnazjalnych	
szybka analiza - w krótkim czasie otrzymuje się odpowiedź, czy badany związek jest i w jakiej ilości, czy nie proste wykonanie możliwość samodzielnego przeprowadzenia reakcji chemicznej możliwość oznaczenia zarówno wody, jak i osadu tymi samymi odczynnikami możliwość połączenia oznaczeń biologicznych z chemicznymi	ograniczona liczba wykonywanych pomiarów warunki atmosferyczne mogą przeszkadzać w wykonaniu analizy brak odpowiedzi na pytania np. typu: 'jak to się dzieje, że woda barwi się' 'dlaczego tylko kroplę należy dodać' 'czy na miarce zawsze jest tyle samo proszku' konieczność brania dodatkowego pojemnika na zlewki konieczność zaopatrzenia grupy w materiały z zakresu wiedzy biologicznej wykonanie niektórych analiz dopiero na drugi dzień, po wysuszeniu
Uczniowie klas ponadgimnazjalnych	
szybka analiza - w krótkim czasie otrzymuje się odpowiedź, czy badany związek jest i w jakiej ilości, czy nie proste wykonanie możliwość samodzielnego przeprowadzenia reakcji chemicznej możliwość oznaczenia zarówno wody, jak i osadu tymi samymi odczynnikami możliwość połączenia oznaczeń biologicznych z chemicznymi, co umożliwia całościowe określenie stanu ekosystemu	ograniczona liczba wykonywanych pomiarów brak składu reagentów uniemożliwia wyjaśnienie zachodzących reakcji warunki atmosferyczne mogą przeszkadzać w wykonaniu analizy ograniczona dokładność duża rozbieżność między kolejnymi odczytami stężeń analitu ograniczona stosowność pod względem temperatury konieczność brania dodatkowego pojemnika na zlewki konieczność zaopatrzenia grupy w materiały z zakresu wiedzy biologicznej konieczność wykonania niektórych analiz dopiero na drugi dzień, po wysuszeniu

Wnioski

Do analizy stanu wybranego ekosystemu wodnego wykorzystane były proste i łatwe w obsłudze zestawy odczynników oparte na pomiarze kolorymetrycznym oraz narzędzia do pobierania próbek osadów dennych i prowadzenia analiz biologicznych. Po przeprowadzonych badaniach oraz ocenie na podstawie otrzymanych wyników stanu czystości rzeki Silnicy uczestnicy zajęć wskazali zarówno na wady, jak i zalety stosowanego podczas zajęć zestawu. Oceny te, w zależności od grupy wiekowej (klasy gimnazjalne oraz klasy ponadgimnazjalne), kształtowały się w odmienny sposób (tab. 3).

Podsumowując opinie uczestników zajęć, można stwierdzić, że zestaw stosowany do przeprowadzenia terenowych zajęć laboratorium chemiczno-biologicznego:

- jest interdyscyplinarnym środkiem dydaktycznym stwarzającym możliwość połączenia wiedzy z zakresu chemii, fizyki i biologii;
- pozwala na równoczesną analizę kilku parametrów chemicznych ważnych dla prawidłowego funkcjonowania ekosystemu wodnego jako całości;
- wymusza dokładne planowanie przebiegu wykonywanych oznaczeń z uwzględnieniem m.in. warunków atmosferycznych, liczby badanych próbek, czasu trwania analiz;
- powinien być stosowany jako środek dydaktyczny w grupach o odpowiednim przygotowaniu merytorycznym zarówno z zakresu chemii, fizyki, jak i biologii;
- pozwala na badanie analitów w ograniczonym zakresie stężeń oraz charakteryzuje się niewielką dokładnością;
- należy do dość drogich środków dydaktycznych ze względu na ograniczoną liczbę możliwych do oznaczenia próbek oraz konieczność kupowania poszczególnych reagentów;

- wymaga zaopatrzenia się w dodatkowe niezbędne narzędzia, jak butelka na zlewki, zestaw do pobierania próbek osadu dennego;
- należy do grupy poglądowych środków dydaktycznych;
- nie pozwala na wyjaśnienie mechanizmu prowadzonych podczas analizy reakcji chemicznych;
- wymaga dodatkowego zaopatrzenia grupy w materiały m.in. z zakresu wiedzy biologicznej.

Walizka ekochemika-badacza jest zatem dość droгим środkiem dydaktycznym pozwalającym na jakościową analizę danego ekosystemu pod kątem niewielkiej liczby wybranych analitów.

Literatura

- [1] Rabajczyk A. i Dziuganowska U.: Edukacja ekologiczna a wymagania oświatowe. Urząd Miasta Kielce, PKE, Kielce 2005.
- [2] Poradnik badania jakości wód dla szkół ponadpodstawowych. NFOŚ, Warszawa 2000.
- [3] Häfner M.: Ochrona środowiska. Księga eko-testów do pracy w szkole i w domu. Wyd. PKE, Kraków 1993.
- [4] Kołodziejczyk A. i Koperski P.: Klucz do oznaczania makrofauny bezkręgowej, NFOŚ, Warszawa 2000.
- [5] Lampert W. i Sommer U.: Ekologia wód śródlądowych. WN PWN, Warszawa 2001.
- [6] Podręcznik do wykonywania badań jakości wód dla szkół ponadpodstawowych. NFOŚ, Warszawa 1992.
- [7] David Allan J.: Ekologia wód płynących, WN PWN, Warszawa 1998.
- [8] http://www.kielce.pios.gov.pl/rap_2003/_html/1.3.3.html, Raport o stanie środowiska - WIOŚ, Kielce 2003.
- [9] Stan środowiska w województwie świętokrzyskim w roku 2003. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Kielce 2004.
- [10] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji i prezentacji stanu tych wód (DzU Nr 32/2004, poz. 284).
- [11] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia (DzU Nr 204, poz. 1728).