

Kamil SZMIT¹, Michał MARCINIAK¹ i Małgorzata RAJFUR¹

***Lemna minor* L. JAKO BIOMONITOR PUNKTOWYCH ŹRÓDEŁ ZANIECZYSZCZENIA METALAMI CIĘŻKIMI EKOSYSTEMÓW WODNYCH**

***Lemna minor* L. AS A BIOMONITOR OF POINT SOURCES OF AQUATIC ECOSYSTEMS CONTAMINATION WITH HEAVY METALS**

Abstrakt: W 2016 roku przeprowadzono wstępne badania, których celem była ocena możliwości wykorzystania rzęsy drobnej (*Lemna minor* L.) w biomonitoringu pasywnym wód powierzchniowych. Rzęsa drobna została pobrana ze zbiorników i cieków wodnych zlokalizowanych w gminach: Grodków, Lewin Brzeski, Niemodlin oraz na terenie miasta Opole (województwo opolskie). Metale ciężkie (Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd i Pb) w zmineralizowanych próbkach bioty oznaczono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS). Wskazano na różnice w stężeniach metali ciężkich w próbkach *Lemna minor* L. pobranych ze zbiorników położonych w różnej odległości od źródeł zanieczyszczeń, którymi były np. szlaki komunikacyjne (autostrada A4, droga krajowa nr 94) i zakłady przemysłowe. Wyniki badań potwierdziły przydatność *Lemna minor* L. jako biomonitora do wykrywania punktowych źródeł zanieczyszczenia ekosystemów wodnych m.in. ołowiem i niklem.

Słowa kluczowe: rzęsa drobna *Lemna minor*, biomonitoring pasywny, wody powierzchniowe, bioindykator

Wprowadzenie

Postęp technologiczny oraz rozwój przemysłu są przyczyną pogorszenia stanu ekosystemów wodnych. Zanieczyszczenia powstałe w wyniku procesów technologicznych to zagrożenie dla biocenoz [1].

Rośliny wodne są bardzo dobrymi wskaźnikami zanieczyszczenia wód powierzchniowych. Określając stopień zanieczyszczenia wybranych ekosystemów wodnych, wykorzystuje się specyficzne zdolności określonych roślin wodnych do akumulacji analitów [2-5].

Do określenia stopnia zanieczyszczenia metalami ciężkimi m.in. zbiorników wodnych wykorzystuje się biomonitoring aktywny oraz pasywny [6]. Biomonitoring pasywny polega na poborze materiału biologicznego z miejsca występowania i oznaczeniu w nim stężeń wybranych analitów, np. metali ciężkich [7-12].

Rzęsa drobna (*Lemna minor* L.) to roślina pospolita, występująca w wielu zbiornikach wodnych [13]. Jest byliną należącą do rodziny obrazkowatych, pływającą po wodzie [14]. Występuje ona w wodach stojących, m.in. starorzeczach, stawach, sadzawkach, oraz wodach płynących. Obecna jest w wodach o dużej zawartości substancji organicznych, uczestniczy w procesie zarastania stawów [15]. Dobrze znosi zanieczyszczenie ściekami komunalnymi [13]. Stwierdzono m.in., że *Lemna minor* L. jest jedną z najbardziej skutecznych roślin służących do usuwania metali oraz pestycydów z wód [16].

Niektóre metale ciężkie, w tym Hg, Cr, Cd, Ni, Cu i Pb, wprowadzone do środowiska mogą powodować występowanie wysokiej toksyczności u organizmów wodnych [17].

¹ Samodzielna Katedra Biotechnologii i Biologii Molekularnej, Uniwersytet Opolski, ul. kard. B. Kominka 6, 45-032 Opole, tel. 77 401 60 42, fax 77 401 60 50, email: michal.marciniak0991@gmail.com, mrajfur@o2.pl
Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole' 16, Zakopane, 5-8.10.2016

Lemna minor L. jest stosowana w biomonitoringu m.in. do oceny jakości ścieków kopalnianych zgodnie z *Metal Mining Effluent Regulations (MMER) of the Environmental Effects Monitoring (EEM) program in Canada* [18] oraz do oceny zanieczyszczenia wód powierzchniowych metalami ciężkimi, np. we Włoszech [19], jak również w procesach fitoremediacji [20].

Celem przeprowadzonych badań było dokonanie oceny możliwości wykorzystania *Lemna minor* L. jako biomonitora zanieczyszczenia wybranych ekosystemów wodnych metalami ciężkimi. Próbkę materiału biologicznego zostały pobrane ze zbiorników i cieków wodnych zlokalizowanych w województwie opolskim. Badania mające na celu określenie stężeń wybranych metali ciężkich: Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd i Pb zakumulowanych w *Lemna minor* L. przeprowadzono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS).

Obszar badań

Próbki *Lemna minor* L. wykorzystane do badań pobrano ze zbiorników i cieków wodnych położonych w województwie opolskim (gminy: Grodków, Lewin Brzeski, Niemodlin i Opole). Punkty pomiarowe były zlokalizowane w różnych odległościach od zakładów przemysłowych, centrów miast, użytków rolnych oraz szlaków komunikacji o zróżnicowanym natężeniu ruchu. Na rysunku 1 i w tabeli 1 przedstawiono lokalizację punktów pomiarowych w województwie opolskim.

Lokalizacja miejsc pomiarowych

Tabela 1

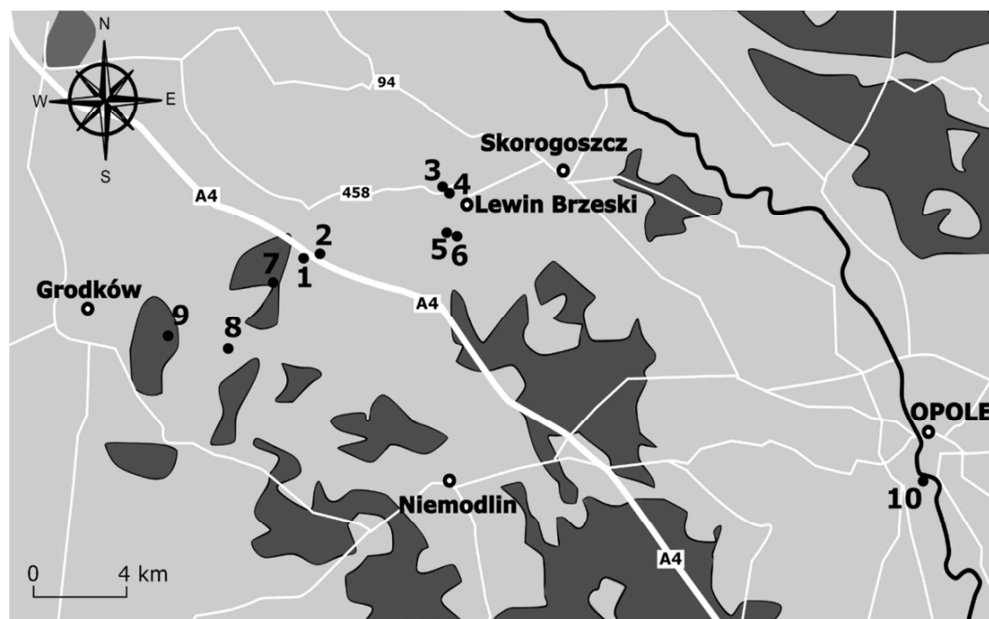
Location of measurement sites

Table 1

| Numer miejsca pomiarowego | Nazwa miejsca pomiarowego | Współrzędne GPS |
|---------------------------|--|---------------------------|
| 1 | Zbiornik w pobliżu miejscowości Sarny Wielkie „Na Świerka” | 50°43'20,7"N 17°31'09,5"E |
| 2 | Zbiornik w pobliżu miejscowości Sarny Wielkie przy autostradzie A4 | 50°43'23,3"N 17°31'40,4"E |
| 3 | Zbiornik utworzony w starorzeczu Nysy Kłodzkiej | 50°45'09,2"N 17°36'15,7"E |
| 4 | Drugi zbiornik utworzony w starorzeczu Nysy Kłodzkiej | 50°45'01,9"N 17°36'25,0"E |
| 5 | Zwirownia Lewin Brzeski | 50°44'06,9"N 17°36'32,9"E |
| 6 | Ścinawa Niemodlińska | 50°44'05,2"N 17°36'51,0"E |
| 7 | Zbiornik na terenie rezerwatu przyrody Kokorycz | 50°42'43,6"N 17°29'58,1"E |
| 8 | Zbiornik w pobliżu miejscowości Głębocko | 50°41'10,2"N 17°28'29,7"E |
| 9 | Rów przydrożny na trasie Żelazna-Grodków | 50°41'23,0"N 17°26'15,0"E |
| 10 | Kanał Wiński-Opole | 50°39'22,4"N 17°55'10,3"E |

Gmina Grodków to gmina miejsko-wiejska, usytuowana w zachodniej części województwa opolskiego [21], położona na Równinie Grodkowskiej, wchodzącej w skład Równiny Wrocławskiej. Użytki rolne stanowią 77% całego obszaru gminy, użytki leśne 14% [21]. Przez północną część gminy przebiega autostrada A4 oraz droga wojewódzka nr 401. W miejscowościach Głębocko, Gola, Kopice, Strzegów, Wierzbną, Więcmierzycę i Żelazna znajdują się udokumentowane złoża kruszyw naturalnych [21].

Gmina Lewin Brzeski położona jest na Nizinie Śląskiej (województwo opolskie) i charakteryzuje się monotonną, płasko-równinną rzeźbą terenu. W krajobrazie widoczne są obniżenia rzek: Odry, Nysy Kłodzkiej i Ścinawy Niemodlińskiej. Obszary leśne stanowią < 10% powierzchni gminy, obszary rolnicze 77%. Czyste środowisko i bogactwo zbiorników wodnych stanowią bazę dla rozwoju turystyki i wypoczynku. W południowej części gminy znajdują się 4 stawy, będące częścią kompleksu stawów niemodlińskich. Przez gminę przebiega droga krajowa nr 94 oraz autostrada A4 [22].



Rys. 1. Lokalizacja miejsc pomiarowych

Fig. 1. Location of measurement sites

Gmina Niemodlin jest położona w centralno-zachodniej części województwa opolskiego na tzw. Równinie Niemodlińskiej. Przez teren gminy przepływa Ścinawa Niemodlińska, która jest prawobrzeżnym dopływem Nysy Kłodzkiej. Bory Niemodlińskie w znacznym stopniu warunkują krajobraz gminy, która jest jednym z największych kompleksów leśnych na Opolszczyźnie (pozostałość dawnej Puszczy Śląskiej) [23, 24].

Miasto Opole jest położone w południowo-zachodniej Polsce, na obszarze Niziny Śląskiej (mezoregion Pradoliny Wrocławskiej) oraz Równiny Opolskiej. Tereny zieleni w Opolu zajmują powierzchnię 2448 ha (25% powierzchni miasta). Przez Opole przepływa druga co do wielkości rzeka Polski - Odra (długość Odry w granicach administracyjnych miasta to około 18 km) [25].

W tabeli 2 przedstawiono charakterystykę miejsc pomiarowych.

Tabela 2

Charakterystyka miejsc pomiarowych

Table 2

Characteristics of measurement sites

| Numer miejsca pomiarowego | Charakterystyka miejsca pomiarowego |
|---------------------------|--|
| 1 | Zbiornik po kopalni gliny w Sarnach Wielkich. Położony między wałami przeciwpowodziowymi a korytem Nysy Kłodzkiej w sąsiedztwie pól uprawnych. Położony 400 metrów w kierunku południowym od autostrady A4. |
| 2 | Zbiornik położony 20 metrów od autostrady A4 stanowiący część jej infrastruktury. Murowany basen odprowadzający wodę deszczową z jezdni A4. Na dnie obecne szczątki organiczne, starte ogumienie kół oraz piach i ziemia nawiane z pobliskich pól. Zbiornik w całości zdominowany przez rzęsę drobną. |
| 3 | Niewielki zbiornik w sąsiedztwie drogi gminnej 458 oraz cmentarza w Lewinie Brzeskim. Brzeg akwenu porastają drzewa i krzewy. Przymuszcza się, że zbiornik powstał w wyniku zmiany biegu koryta rzecznej i wytrącenia się starorzecza. |
| 4 | Druga część starorzecza będąca odrębną częścią zbiornika. Punkt pomiarowy znajduje się bezpośrednio przy obecnym korycie Nysy Kłodzkiej z dala od infrastruktury miejskiej. |
| 5 | Żwirownia stanowiąca pozostałość po kopalni utworów piaszczysto-żwirowych nagromadzonych w wyniku działalności rzeki Nysy Kłodzkiej. Żwirownia znajduje się przy trasie gminnej Lewin Brzeski - Niemodlin o średnim natężeniu ruchu. Zbiornik wykorzystywany również jako kąpielisko rekreacyjne. |
| 6 | Ścinawa Niemodlińska jest niewielką rzeką o długości niespełna 60 km. Jest dopływem Nysy Kłodzkiej i uchodzi do niej w południowej części Lewina Brzeskiego. |
| 7 | Zbiornik na terenie rezerwatu przyrody Kokorycz, jest to obszar chroniony. Rezerwat przecina droga łącząca miejscowość Głębocko z Michałowem. Środowisko nie jest narażone na zanieczyszczenia związane z komunikacją, ponieważ ruch pojazdami spalinowymi jest zabroniony. Drzewa tworzące las to 120-letnie dęby porastające brzeg Nysy Kłodzkiej. |
| 8 | Zbiornik w otoczeniu pól uprawnych w pobliżu drogi gminnej na trasie Głębocko-Żelazna. |
| 9 | Przydrożny rów na trasie przebiegającej przez las Żelazna-Grodków. |
| 10 | Kanał Wiński, który początkowo funkcjonował jako główne koryto Odry, obecnie został oddzielony od rzeki. Kanał stanowi krótki i płytki akwen. Leży ok. 1,5 km od centrum miasta Opole. W dalszym sąsiedztwie funkcjonuje cementownia oraz inne zakłady przemysłowe. |

Metodyka badań

Do badań wykorzystano próbki *Lemna minor* L. pobrane z 10 zbiorników i cieków wodnych województwa opolskiego (czerwiec 2016 r.). Próbkę pochodziły z ekosystemów wodnych zlokalizowanych na terenach o różnym natężeniu występowania czynników odpowiedzialnych za wzrost stężenia wybranych metali ciężkich. Z każdego miejsca pomiarowego pobierano 5 próbek materiału biologicznego. Próbkę po przewiezieniu do laboratorium oczyszczono z zanieczyszczeń mechanicznych i wysuszone w temperaturze 80°C. Reprezentatywne (uśrednione) próbki materiału biologicznego o masie 0,400 ± 0,001 g s.m. (s.m. - sucha masa) były mineralizowane w mieszaninie kwasu azotowego(V) i nadtlenku wodoru (HNO₃ 65% : H₂O₂ 30% = 5:3) w mineralizatorze mikrofalowym Speedwave Four firmy Berghof, Niemcy. Proces mineralizacji prowadzono w temperaturze 190°C. Roztwory sporządzano, wykorzystując odczynniki firmy MERCK. W zmineralizowanych próbkach oznaczono metale ciężkie (Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd i Pb) metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (AAS), wykorzystując aparat iCE 3500 firmy Thermo Scientific, USA.

W tabeli 3 przedstawiono granice wykrywalności i oznaczalności dla wybranych metali ciężkich charakteryzujące spektrometr AAS iCE 3500 firmy Thermo Scientific, USA. Do kalibrowania aparatu wykorzystano wzorce firmy ANALYTIKA Ltd. (CZ).

Tabela 3

Granice wykrywalności (*IDL*) oraz granice oznaczalności (*IQL*) charakteryzujące spektrometr iCE 3500 [mg/dm³] [26]

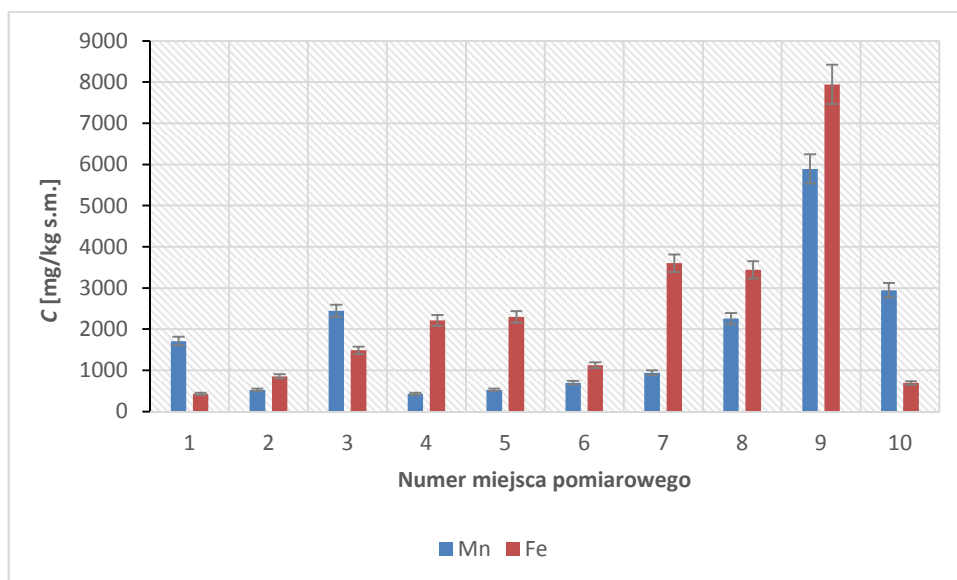
Table 3

The instrumental detection limits (*IDL*) and instrumental quantification limits (*IQL*) for the spectrometer iCE 3500 [mg/dm³] [26]

| Symbol pierwiastka | Granica wykrywalności <i>IDL</i> [mg/dm ³] | Granica oznaczalności <i>IQL</i> [mg/dm ³] |
|--------------------|--|--|
| Mn | 0,0016 | 0,020 |
| Fe | 0,0043 | 0,050 |
| Ni | 0,0043 | 0,050 |
| Cu | 0,0045 | 0,033 |
| Zn | 0,0033 | 0,010 |
| Cd | 0,0028 | 0,013 |
| Pb | 0,0130 | 0,070 |

Wyniki badań i ich omówienie

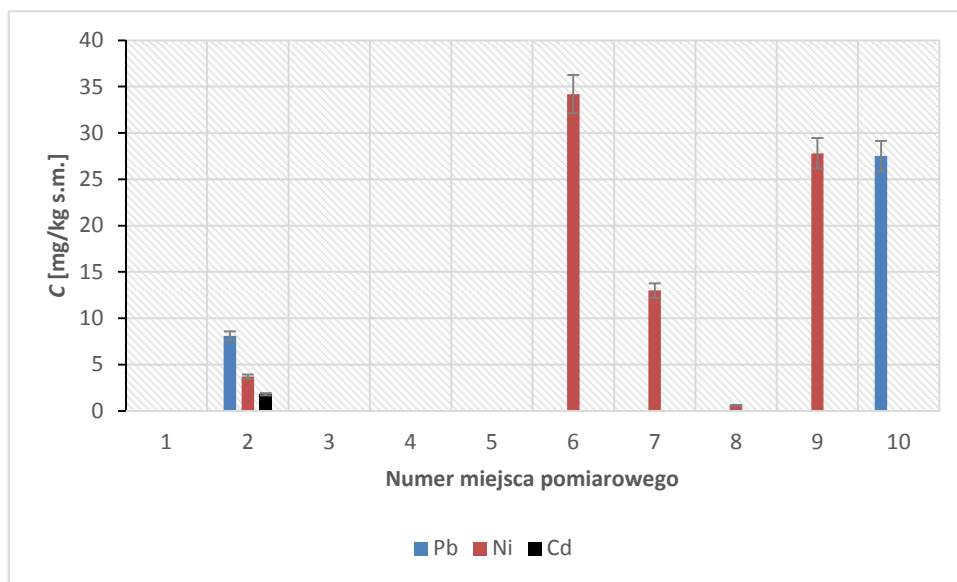
W ramach przeprowadzonych badań biomonitoringowych oznaczono stężenia wybranych metali ciężkich w próbkach *Lemna minor* L. pobranych z różnych zbiorników wodnych na terenie gmin: Grodków, Lewin Brzeski, Niemodlin oraz miasta Opola (Województwo opolskie). Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 2-4.



Rys. 2. Stężenia manganu i żelaza w *Lemna minor* L.

Fig. 2. Concentration of manganese and iron in *Lemna minor* L.

Otrzymane wyniki wskazują na zróżnicowany poziom akumulacji metali w próbkach rzęsy drobnej pobranej z poszczególnych zbiorników i cieków wodnych. Największe stężenia manganu i żelaza oznaczono w próbkach pochodzących z rowu przydrożnego na trasie Żelazna-Grodków (punkt pomiarowy nr 9) $c_{Mn} = 5889$ mg/kg s.m. oraz $c_{Fe} = 7944$ mg/kg s.m. Potencjalnym źródłem tych analitów może być gleba oraz pyły nawiewane z drogi.



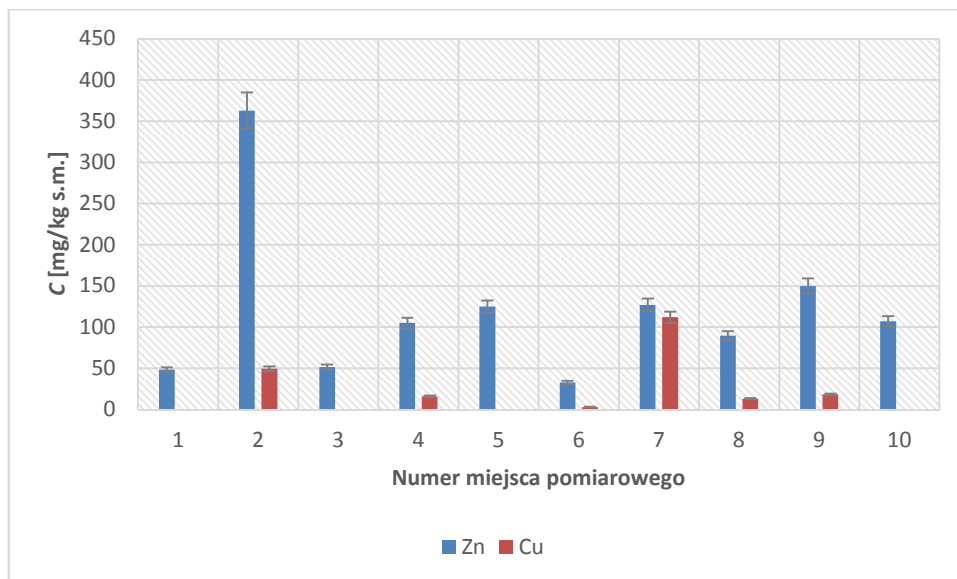
Rys. 3. Stężenia ołowiu, niklu i kadmu w *Lemna minor* L.

Fig. 3. Concentration of lead, nickel and cadmium in *Lemna minor* L.

Ołów został oznaczony tylko w próbkach rzęsy pobranych z punktów pomiarowych 2 (zbiornik położony 20 metrów od autostrady A4) i 10 (płytki akwen, ok. 1,5 km od centrum miasta Opole). W roślinach pobranych z pozostałych zbiorników stężenie Pb było poniżej granicy oznaczalności zastosowanej metody analitycznej. Największe stężenie Pb wyniosło 27,5 mg/kg s.m. Za potencjalne źródła emisji tego analitu można uznać ruch komunikacyjny oraz emisję niską z aglomeracji miejskiej.

W próbce pobranej z punktu pomiarowego nr 2 oznaczono również Cd i Ni. Największe stężenie Ni stwierdzono w próbkach pobranych z punktów pomiarowych nr 6 (Ścinawa Niemodlińska) i 9 (przydrożny rów na trasie przebiegającej przez las Żelazna-Grodków). Obecność dużych stężeń niklu w próbkach pochodzących ze Ścinawy Niemodlińskiej może mieć związek z zatopionymi elementami maszyn używanych do wydobywania piasku i żwiru. Uzyskane wyniki potwierdzają również wpływ ruchu komunikacyjnego na poziom zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi.

W próbkach *Lemna minor* L. pobranych z punktów pomiarowych 1, 3-5 stężenie Ni, Cd i Pb było poniżej granicy oznaczalności zastosowanej metody analitycznej.

Rys. 4. Stężenia miedzi i cynku w *Lemna minor* L.Fig. 4. Concentration of copper and zinc in *Lemna minor* L.

Największe stężenie miedzi odnotowano w rzęsie drobnej pobranej ze zbiornika położonego na terenie rezerwatu przyrody Kokorycz ($c_{Cu} = 112$ mg/kg s.m.). W pozostałych punktach pomiarowych stężenie miedzi było zdecydowanie niższe oraz poniżej granicy oznaczalności. Potencjalnym źródłem tego analitu mogą być środki ochrony roślin stosowane na sąsiadujących z rezerwatem polach. W próbkach pobranych ze zbiornika położonego 20 metrów od autostrady A4 (punkt pomiarowy nr 2) oznaczono również miedź oraz odnotowano duże stężenie cynku ($c_{Zn} 363 =$ mg/kg s.m.).

Podsumowanie i wnioski

W biomonitoringu wód powierzchniowych rośliny wodne, m.in. *Lemna minor* L., są postrzegane jako jeden z głównych bio wskaźników poziomu ich zanieczyszczenia wybranymi analitami. Analiza stężeń m.in. metali ciężkich związanych w bocie dostarcza wielu informacji dotyczących zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska wodnego oraz umożliwia wyznaczenie źródeł pochodzenia zanieczyszczeń.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że *Lemna minor* L. może być wykorzystywana jako bioczułnik punktowych źródeł zanieczyszczających ekosystemy wodne metalami ciężkimi. Wykazano wpływ ruchu komunikacyjnego oraz aglomeracji miejskich na stężenie metali ciężkich w rzęsie drobnej bytującej w badanych zbiornikach i ciekach wodnych.

Literatura

- [1] Strutyńska M, Rybak J. Biologiczna ocena jakości wody rzeki Widawy w oparciu o analizę makrozoobentosu. Wrocław: EKO-DOK: 2016.
- [2] Jastrzębska M, Cwynar P, Polechoński R, Skwara T. The content of heavy metals (Cu, Ni, Cd, Pb, Zn) in common reed (*Phragmites australis*) and floating pondweed (*Potamogeton natans*). *Pol J Environ Stud.* 2010;19:243-246. <http://www.pjoes.com/pdf/19.1/243-246.pdf>.
- [3] Elles MP, Blaylock MJ, Huang JW, Gussman CD. Plants as a natural source of concentrated mineral nutritional supplements. *Food Chem.* 2000;71:181-188. DOI: 10.1016/S0308-8146(00)00142-4.
- [4] Baldantoni D, Alfani A. Usefulness of different vascular plant species for passive biomonitoring of Mediterranean rivers. *Environ Sci Pollut Res.* 2016;23:13907-13917. DOI: 10.1007/s11356-016-6592-6.
- [5] Lehndorff E, Schwark L. Biomonitoring of Air Quality in the Cologne Conurbation using Pine Needles as a Passive Sampler - Part III: Major and Trace Elements. Elsevier Ltd.; 2010. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2010.04.052.
- [6] Deben S, Fernandez JA, Carballeira A, Aboal JR. Using devitalized moss for active biomonitoring of water pollution. *Environ Pollut.* 2016;210:315-322. DOI: 10.1016/j.envpol.2016.01.009 0269-7491.
- [7] Rajfur M, Klos A, Waclawek M. Application of alga in biomonitoring of the Large Turawa Lake. *Int J Environ Sci and Health.* 2011;46:1401-1408. DOI: 10.1080/10934529.2011.606717.
- [8] Hédouin L, Bustamante P, Fichez R, Warnau M. The tropical brown alga *Lobophora variegata* as a bioindicator of mining contamination in the New Caledonia lagoon: A field transplantation study. *Marine Environ Res.* 2008;66:438-444. DOI: 10.1016/j.marenvres.2008.07.005.
- [9] Markert B, Wünschmann S, Diatta J, Chudzińska E. Innowacyjna obserwacja środowiska - bioindykatory i biomonitoring: definicje, strategie i zastosowania. *Ochr Środ Zasob Natur.* 2012;53:115-152.
- [10] Markert B. Definitions and principles for bioindication and biomonitoring of trace metals in the environment. *J Trace Elements in Medicine and Biol.* 2007;21(1):77-82. DOI: 10.1016/j.jtomb.2007.09.015.
- [11] Markert B, Baltrėnaitė E, Chudzińska E, Marco D.S, Diatta J, Ghaffari Z, et al. Multilingual education of students on a global scale and perspective - international networking on the example of bioindication and biomonitoring (B&B technologies). *Environ Sci Pollut Res.* 2014;21:5450-5456. DOI: 10.1007/s11356-013-2132-9.
- [12] Seo D, Vasconcellos MBA, Catharino MGM. Vanadium determination in *Perna perna* mussels (Linnaeus, 1758: Mollusca, Bivalvia) by instrumental neutron activation analysis using the passive biomonitoring in the Santos coast, Brazil. *J Radioanal Nucl Chem.* 2013;296:459-463. DOI: 10.1007/s10967-012-2048-8.
- [13] Szoszkiewicz K, Jusik S, Zgoła T. Klucz do oznaczania makrofitów dla potrzeb oceny stanu ekologicznego wód powierzchniowych. Warszawa: Biblioteka Monitoringu Środowiska; 2010.
- [14] Matuszkiewicz W. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Warszawa: Wyd Naukowe PWN; 2006.
- [15] Rutkowski L. Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej. Warszawa: Wyd Naukowe PWN; 2006.
- [16] Li SX, Feng-Ying F, Yang H, Jian-Cong N. Thorough removal of inorganic and organic mercury from aqueous solutions by adsorption on *Lemna minor* powder. *J Hazard Mater.* 2011;186:423-429. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2010.11.009.
- [17] Qunfang Z, Jianbin Z, Jianjie F, Jianbo S, Guibin J. Biomonitoring: an appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. *Anal Chim Acta.* 2008;606(2):135-150. DOI: 10.1016/j.aca.2007.11.018.
- [18] Gopalapillai Y, Vigneault B, Hale BA. Root length of aquatic plant, *Lemna minor* L., as an optimal toxicity endpoint for biomonitoring of mining effluents. *Environ Asses Manage.* 2014;10(4):1-20. DOI: 10.1002/ieam.1558.
- [19] Conte B, Sorbo S, Piscopo M, Rabbito D, De Ruberto F, Guerriero, G, et al. Antioxidant activity and ultrastructural alterations in the biosensor *lemna minor* L. exposed in bags in sarno river (South Italy). *Fres Environ Bull.* 2017;26(1):225-236.
- [20] Blinova I. Use of freshwater algae and duckweeds for phytotoxicity testing. *Environ Toxic.* 2004;11(4):425-428. DOI: 10.1002/tox.20042.
- [21] Witkowski L, Sławik M. Zmiana studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Gminy Grodków, Projekt. Grodków: Gmina Grodków; 2013.

- [22] Jończak R, Grajczyk J. Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Gminy Lewin Brzeski. Lewin Brzeski: SoftGis s.c.; 2011. <http://www.bip.lewin-brzeski.pl/download/attachment/16402/zal-nr-1-do-uchwnr-xxi-155-2012-w-spr-uchwalenia-studium-uwarunkowan.pdf>.
- [23] Zięba I, Badora K. Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Gminy Niemodlin. Niemodlin: BAU-Project; 2014. <http://niemodlin.pl/download/attachment/3837/zal-nr1-1.pdf>.
- [24] Podgórska B, Synowiec P, Górniak J, Podgórska S. Program ochrony środowiska dla Gminy Niemodlin na lata 2016-2026. Niemodlin: Albeko; 2016. <http://niemodlin.pl/download/attachment/17218/program-ochrony-srodowiska-dla-gminy-niemodlin-na-lata-2016-2026.pdf>.
- [25] Śliwa K. Zmiana studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Opola. Opole: Biuro Urbanistyczne. 2010. <http://www.bip.um.opole.pl/?id=41860>.
- [26] Instrukcja obsługi aparatu AAS iCE 3500 firmy Thermo Scientific. Warszawa: Spectro-Lab; 2013.

***Lemna minor* L. AS A BIOMONITOR OF POINT SOURCES OF AQUATIC ECOSYSTEMS CONTAMINATION WITH HEAVY METALS**

Chair of Biotechnology and Molecular Biology, University of Opole, Opole

Abstract: A preliminary study was conducted in 2016 to assess the possibility of using common duckweed (*Lemna minor* L.) in passive biomonitoring of surface waters. The duckweed was collected from reservoirs and watercourses located in Grodkow, Lewin Brzeski, Niemodlin and Opole (Opole Province). Heavy metals (Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd and Pb) in mineralized biota samples were determined by atomic absorption spectrometry (AAS). Differences in heavy metals concentrations were observed in samples of *Lemna minor* L. collected from reservoirs located at different distances from contamination sources, such as communication routes (A4 motorway, national road 94) and industrial plants. The results of the study confirmed the usefulness of *Lemna minor* L. as a biomonitor of point sources of aquatic ecosystems contamination with, i.a. lead and nickel.

Keywords: common duckweed *Lemna minor* L., passive biomonitoring, surface waters, bioindicator