

Małgorzata RAJFUR<sup>1</sup>, Andrzej KŁOS<sup>1</sup>, Dorota GAWLIK<sup>2</sup>, Lidmila HYŠPLEROVA<sup>3</sup>  
i Maria WACŁAWEK<sup>1</sup>

## AKUMULACJA METALI CIĘŻKICH W MCHACH *Pleurozium schreberi* EKSPONOWANYCH W POBLIŻU TORU WYŚCIGÓW SAMOCHODOWYCH W KAMIENIU ŚLĄSKIM

### ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN THE MOSSES *Pleurozium schreberi* EXPOSED NEAR THE TRACK RACING IN KAMIEN SLASKI

**Abstrakt:** Przedstawiono wyniki badań biomonitoringowych dotyczących emisji metali ciężkich: Ni, Cd i Pb, wywołanej wyścigami samochodowymi. Badania prowadzono na terenie lotniska w Kamieniu Śląskim (PL). W badaniach wykorzystano epigeiczne mchy *Pleurozium schreberi* eksponowane wzdłuż trasy wyścigów samochodowych zlokalizowanej na płycie lotniska. Mchy eksponowano dwukrotnie: przez okres 25 dni przed wyścigiem oraz przez okres 25 dni podczas i po wyścigu. Wyniki umożliwiły wyznaczenie względnego współczynnika akumulacji (*Relative Accumulation Factors - RAF*), który pokazał przyrost stężeń analitów po okresie ekspozycji. Wyniki badań wykazały znaczący przyrost badanych metali w mchach eksponowanych podczas i po wyścigach.

**Słowa kluczowe:** metale ciężkie, biomonitoring aktywny, *Pleurozium schreberi*, emisja komunikacyjna

Obecnie klasyczny, techniczny monitoring zanieczyszczenia środowiska jest coraz częściej wzbogacany o metody biomonitoringowe, w których wykorzystywane są organizmy wykazujące mierzalne zmiany morfologiczne, anatomiczne i fizjologiczne, zachodzące wskutek fizykochemicznych zmian otoczenia. Metody biomonitoringowe dzielą się na metody pasywne, w których analizuje się zmiany zachodzące w organizmach roślinnych w swoim naturalnym środowisku oraz na metody aktywne polegające na transplantacji i ekspozycji organizmów w środowisku zanieczyszczonym. Najczęściej wykorzystywanymi biomonitorami zanieczyszczenia powietrza są mchy i porosty, o czym decyduje m.in. ich specyficzna budowa (brak korzeni, kutykuli i epidermy), szerokie rozpowszechnienie geograficzne, możliwość zebrania odpowiedniej ilości materiału do badań oraz duża (w przypadku mchów) tolerancja na zanieczyszczenia. Poprzez analizę składu chemicznego tych organizmów można uzyskać wiele informacji o zanieczyszczeniu badanych obszarów [1-3].

Biomonitoring pasywny zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi z wykorzystaniem mchów został zapoczątkowany około roku 1960 przez Relinga i Tylera. Obecnie na uwagę zasługuje fakt, że od 1990 r. (w odstępach pięcioletnich) w 28 krajach Europy prowadzone są metodyczne badania dotyczące akumulacji zanieczyszczeń w mchach, w których oznaczane były różnymi technikami analitycznymi, m.in. AAS, ICP-MS i INAA, stężenia 10 metali ciężkich: As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, V i Zn. W 2005 roku dodatkowo oznaczono także Al, Sb i N. Od 2000 r. badania te są koordynowane przez *International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on*

<sup>1</sup> Zakład Badań Fizykochemicznych, Katedra Biotechnologii i Biologii Molekularnej, Uniwersytet Opolski, ul. kard. B. Kominka 4, 45-032 Opole, tel. 77 401 60 42, email: mrajfur@o2.pl

<sup>2</sup> Publiczne Liceum Ogólnokształcące Nr II z Oddziałami Dwujęzycznymi im. Marii Konopnickiej w Opolu, ul. K. Pułaskiego 3, 45-048 Opole

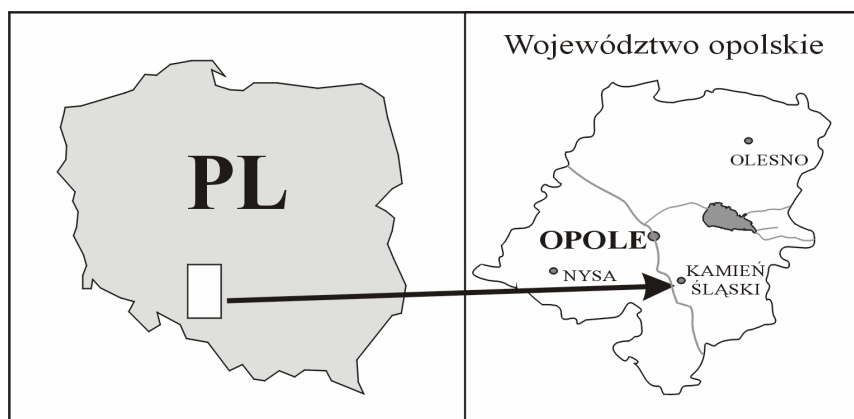
<sup>3</sup> Katedra Chemii, Uniwersytet w Hradec Králové, ul. Rokitanskeho 60, 500 03 Hradec Králové, CZ

*Natural Vegetation and Drops*, Bangor, UK. Uzyskane wyniki wskazują na sukcesywne zmniejszanie się stężenia większości badanych analitów w pobieranych próbkach mchów: arsenu, kadmu, żelaza, ołowiu i wanadu o 52÷72%, miedzi, niklu i cynku o 20÷30% i chromu o 2%. Od roku 1995 nie stwierdzono redukcji stężenia rtęci w badanym materiale [4].

Przykładem biomonitoringu aktywnego z zastosowaniem mchów są badania prowadzone we Włoszech, na podstawie których dokonano oceny zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi, m.in. Cd, Cr, Cu, Fe, Mn i Pb, w mieście Ancerra, znajdującego się na obszarze tzw. „włoskiego trójkąta śmierci” ze względu na zanieczyszczenia powietrza. Do badań wykorzystano epifityczne mchy *Scorpiurum circinatum*, które transplantowano z mało zanieczyszczonych obszarów szczytu Monte Faito (1200 m n.p.m.). Transplanty przeniesiono na obszar miejski, dzieląc go na trzy strefy: 1) strefa silnie zurbanizowana i zaludniona, 2) strefa przemysłowa i 3) obszar rolniczy. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że powietrze miasta Ancerra jest silnie zanieczyszczone badanymi analitami [5].

Od wielu lat poważnym obciążeniem dla środowiska jest emisja komunikacyjna. W 2008 r. w Polsce wskutek ruchu samochodowego zostało wyemitowanych ok. 18,305 Mg ołowiu (ok. 3,3% całkowitej rocznej emisji), ok. 5,758 Mg niklu, ok. 3,455 Mg miedzi i ok. 0,363 Mg kadmu (ok. 0,2% całkowitej rocznej emisji). W 2008 r., w porównaniu do roku 2007 r. nastąpiło zwiększenie emisji kadmu, niklu i ołowiu, zmniejszyła się natomiast emisja miedzi [6]. Biomonitoring emisji komunikacyjnej prowadzony był m.in. w latach 1994 i 1995 wzdłuż 55 km odcinka autostrady A1 Lille-Paryż we Francji, na Węgrzech w pobliżu autostrady M3 oraz wzdłuż drogi w Accera w Ghanie [7].

Celem prowadzonych przez nas badań była ocena emisji metali ciężkich: Ni, Cd i Pb, wzbogacających lokalnie aerozol atmosferyczny wskutek ruchu samochodowego na terenie wyścigów samochodowych na lotnisku w Kamieniu Śląskim. Do badań wykorzystano mchy *Pleurozium schreberi* transplantowane z lasów położonych w pobliżu wsi Kamień Śląski.



Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań

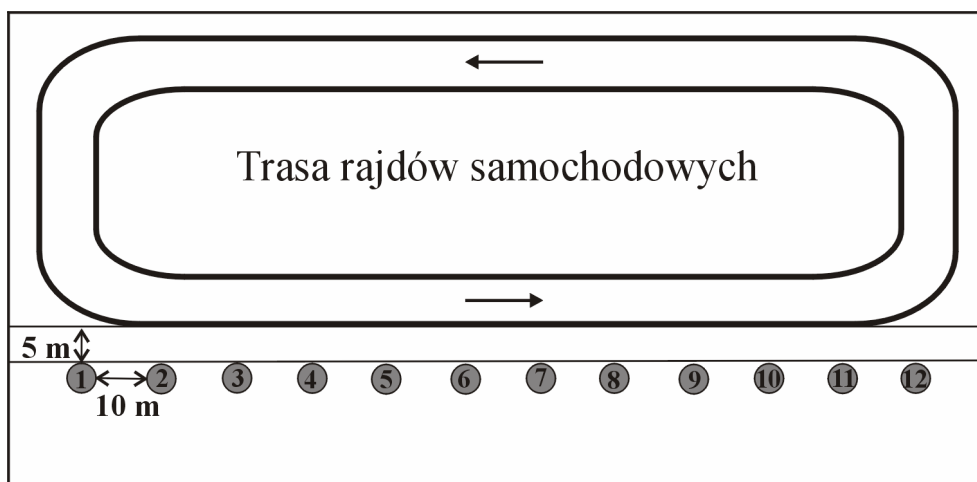
Fig. 1. Location of the area studied

### Charakterystyka obszaru badań

Badania biomonitoringowe prowadzono na powojсковym lotnisku w Kamieniu Śląskim, położonym na terenie województwa opolskiego, w gminie Gogolin, około 25 km od miasta Opole (rys. 1). W odległości 8 km od lotniska przebiega autostrada A4 (Drezno-Kraków). Obecny status lotniska to „inne miejsce przystosowane do startów i lądowań statków powietrznych” [8]. Odbywają się tam imprezy motoryzacyjne, m.in. wyścigi samochodowe.

### Metodyka badawcza

Próbki mchów przeznaczone do transplantacji zbierane były w jednym miejscu, w lasach, położonych w pobliżu wsi Kamień Śląski, w dniu poprzedzającym okres ekspozycji, osobno dla każdego etapu badań. Mchy po oczyszczeniu z zanieczyszczeń mechanicznych umieszczono w siatkach z tworzywa sztucznego; masa próbki wynosiła 2 g. Tak przygotowane próbki mchów umieszczono na wysokości 0,5 m od gruntu na drewnianych tyczkach wzdłuż trasy wyścigu (rys. 2).



Rys. 2. Rozmieszczenie próbek mchów na lotnisku w Kamieniu Śląskim

Fig. 2. Location the moss samples at the airport in Kamien Slaski

Próbki eksponowano dwukrotnie w okresach 04-29.05.2010 r. oraz 30.05-23.06.2010 r. W pierwszym etapie próbki eksponowano przed wyścigami, natomiast drugi etap ekspozycji obejmował okres podczas i po wyścigach. W pierwszym i w drugim etapie próbki eksponowano w tych samych miejscach. Przyrosty stężeń analitów w eksponowanych próbkach oceniano poprzez porównanie stężeń tych analitów z próbkami ślepy, pozostawionymi w laboratorium w zamkniętych naczyniach. Po okresie ekspozycji próbki wraz z próbkami ślepy były suszone w temperaturze 373 K, homogenizowane w moździerzu agatowym i mineralizowane. Do oznaczania stężeń metali w roztworach po mineralizacji wykorzystano absorpcyjny spektrometr atomowy SOLAAR 969 firmy UNICAM.

### Wyniki badań i ich interpretacja

W tabeli 1 przedstawiono średnie stężenia metali ciężkich oznaczonych w 12 próbkach mchów eksponowanych w I i II etapie oraz w próbach ślepych.

Średnie stężenia metali ciężkich [ $\mu\text{g/g}$  s.m.] w 1 g suchej masy mchów

Tabela 1

Mean concentrations of heavy metals [ $\mu\text{g/g}$  d.m.] in 1 g of dry mass of mosses

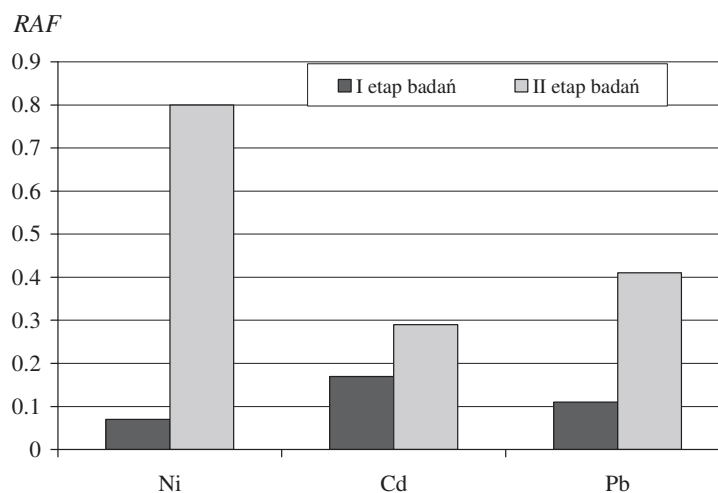
Table 1

Rodzaj próbek	Ni	Cd	Pb
I etap	7,10	3,09	21,6
Próba ślepa	6,58	2,63	19,5
II etap	19,0	3,87	23,4
Próba ślepa	10,6	3,00	16,6

W celu oceny przyrostu stężeń metali ciężkich w próbkach mchów wyznaczono względny współczynnik akumulacji (*Relative Accumulation Factors - RAF*):

$$RAF = (c_{x,1} - c_{x,0}) / c_{x,0}$$

gdzie:  $c_{x,0}$  - stężenie analitu przed okresem ekspozycji,  $c_{x,1}$  - stężenie analitu po okresie ekspozycji [7]. Wyniki przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Przyrost stężenia Ni, Cd i Pb w eksponowanych próbkach mchów

Fig. 3. Increase in concentration of Ni, Cd and Pb in the exposed moss samples

Wyniki przedstawione na wykresie wskazują, że po I etapie ekspozycji nastąpił nieznaczny przyrost stężeń badanych analitów w eksponowanych mchach. Zwiększenie stężeń o 8% Ni, 18% Cd i 11% Pb mieści się w granicy niepewności metody pomiarowej

[7], ale też może wynikać z większego poziomu tła w miejscu ekspozycji w porównaniu z miejscem pobierania próbek mchów do badań.

Dużo większy przyrost stężeń analitów zakumulowanych w mchach w odniesieniu do próby ślepej zaobserwowano po II etapie badań: 80% Ni, 29% Cd i 41% Pb. Może to świadczyć o lokalnym wzbogacaniu aerozolu atmosferycznego wywołanym ruchem samochodowym, przy czym wzbogacanie aerozolu atmosferycznego może mieć charakter pierwotny, np. może następować wskutek uwalniania analitów zawartych w paliwie, ścierania się opon albo emisji z katalizatorów [9], lub charakter wtórny polegający na wzbogacaniu aerozolu atmosferycznego poprzez mechaniczne unoszenie pyłów z gleby wywołane ruchem samochodów [10].

### Podsumowanie i wnioski

Metody biomonitoringowe są coraz popularniejszym sposobem służącym do oceny stanu środowiska. Przeprowadzone badania wskazują na szersze zastosowanie metod aktywnego biomonitoringu, mianowicie na skuteczny i tani sposób oceny depozycji zanieczyszczeń w pobliżu szlaków komunikacyjnych. Na podstawie analizy zmian składu chemicznego mchów eksponowanych w różnej odległości od dróg i autostrad można ocenić rozkład depozycji zanieczyszczeń emitowanych do powietrza wskutek ruchu samochodowego.

### Literatura

- [1] Grodzińska K.: Ochrona środowiska. Mchy i kora drzew jako czułe wskaźniki skażenia środowiska gazami i pyłami przemysłowymi. Wyd. PAN, Wrocław 1983.
- [2] Szczepaniak K. i Biziuk M.: *Aspects of the biomonitoring studiem using mosses and lichens as indicators of metal pollution*. Environ. Res., 2003, (3), 221-230.
- [3] Bioanalitika w ocenie zanieczyszczenia środowiska, red. W. Wardencki. CEEAM, Gdańsk 2004.
- [4] Harmens H., Norris D.A., Steinnes E. i in.: *Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: Spatial patterns and temporal trends in Europe*. Environ. Pollut., 2010, **158**, 3144-3156.
- [5] Basile A., Sorbo S., Aprile G., Conte B., Castaldo Cobianchi R., Pisani T. i Loppi S.: *Heavy metal deposition in the Italian "triangle of death" determined with the moss *Scorpiurum circinatum**. Environ. Pollut., 2009, **157**, 2255-2260.
- [6] Dębski B., Olendrzyński K., Cieślińska J., Kargulewicz I., Skośkiewicz J., Olecka A. i Kania K.: Inwentaryzacja emisji do powietrza SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NH<sub>3</sub>, pyłów, metali ciężkich, NMLZO i TZO w Polsce za rok 2008. Instytut Ochrony Środowiska, Krajowy Administrator Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji - Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa 2008.
- [7] Kłos A.: Porosty w biomonitoringu środowiska. Wyd. Uniwersytetu Opolskiego, Opole 2009.
- [8] [http://www.naukowy.pl/encyklopedia/Port\\_lotniczy\\_Opole-Kamień\\_Śląski](http://www.naukowy.pl/encyklopedia/Port_lotniczy_Opole-Kamień_Śląski), 15.07.2010.
- [9] Polkowska Ż., Dubiella-Jackowska A., Zabiegała B. i Namieśnik J.: *Skład zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska wzdłuż dróg o różnym natężeniu ruchu pojazdów mechanicznych*. Ecol. Chem. Eng. S, 2007, **14**(3), 315-338.
- [10] Kłos A., Rajfur M., Waclawek M. i Waclawek W.: *Impact of roadway particulate matter on deposition of pollutants in the vicinity of main roads*. Environ. Prot. Eng., 2009, **3**, 105-121.

## ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN THE MOSSES *Pleurozium schreberi* EXPOSED NEAR THE TRACK RACING IN KAMIEN SLASKI

<sup>1</sup>Chair of Biotechnology and Molecular Biology, Opole University

<sup>2</sup>Lyceum No. 2 in Opole

<sup>3</sup>Chair of Chemistry, University of Hradec Králové, Hradec Králové, CZ

**Abstract:** The results of biomonitoring research of heavy metals Ni, Cd and Pb emissions caused by street racing were presented. The study was conducted at the airport in Kamien Slaski (PL). In the study epigeic mosses *Pleurozium schreberi* exposed along the racing route, located on the apron, were used. Mosses were exposed twice for 25 days before the race and for a period of 25 days during and after the race. The results were interpreted using the computed relative accumulation factors (*RAF*), indicating the increase in concentration of analytes after the exposure. The results showed significant increase in the studied metals concentrations in the mosses exposed during and after the races.

**Keywords:** heavy metals, active biomonitoring, *Pleurozium schreberi*, transports emissions