

MONITORING NIE TYLKO W AGENCJI

Lukasz J. Binkowski, Paweł Dudzik, Agnieszka Huget, Katarzyna Sawicka-Kapusta (Kraków)

Jednym z najbardziej aktualnych i wciąż rosnących problemów w ochronie środowiska i przyrody jest sprawne monitorowanie obecności zanieczyszczeń oraz ocena konsekwencji, jakie niesie ze sobą ich emisja z przemysłu i gospodarki (Ryc. 1). Znanych jest obecnie wiele metod oceny zanieczyszczenia, ale tylko jedna z nich – biomonitoring – wykorzystuje organizmy żywe i w związku z tym tylko ona mierzy rzeczywisty wpływ zanieczyszczeń na biosferę.

dobrze biowskaźniki to przede wszystkim powszechność występowania, stosunkowo wysoka odporność na zanieczyszczenia, a zarazem widoczna i szybka na nie reakcja. W odróżnieniu od indykatorów, akumulatory to organizmy, które oprócz szerokiego zasięgu i wysokiej odporności na zanieczyszczenia charakteryzują się intensywną akumulacją pewnych substancji (metali, pestycydów i innych związków), a niekiedy widoczną na nie odpowiedzią.



Ryc. 1. Kraków – miasto, w którym zanieczyszczenie powietrza, w związku z przemysłem, transportem i ukształtowaniem terenu, bije niechlubne rekordy w naszym kraju. Fot. P. Dudzik.

Monitoring biologiczny (biomonitoring) jest popularną metodą oceny zanieczyszczenia środowiska, którą stosuje się na całym świecie. Opiera się ona na organizmach żywych tzw. biowskaźnikach, wśród których najczęściej wyróżniamy wskaźniki (indykatory) i akumulatory. Na podstawie reakcji tych organizmów na potencjalne zanieczyszczenie można wyciągać wnioski na temat stanu danego środowiska. Oczywiście nie wszystkie organizmy nadają się do wykorzystania w biomonitoringu. Cechy charakteryzujące

Monitoring biologiczny opiera się na bardzo różnych organizmach. Znane są liczne indykatory i akumulatory należące do mchów, grzybów, roślin wyższych, a także zwierząt, zarówno bezkręgowców, jak i kręgowców. Oczywiście wybór gatunków odpowiednich do biomonitoringu konkretnych substancji zależy od ich charakteru. I tak np. w szacowaniu pozostałości pestycydów w środowisku najczęściej bada się ich stężenia w tłuszczu zwierząt (bo to w nim się głównie akumulują), a gdy interesuje nas skażenie

powietrza dwutlenkiem siarki (SO_2), to będziemy badać kumulację siarki w plechach porostów (efektywnych akumulatorów tego pierwiastka) lub skład gatunków porostów na danym terenie (wg tzw. skali porostowej¹, czyli systemu opartego na porostach jako biowskaźnikach (indykatorach), a nie akumulatorach). Nie sposób przedstawić w jednym artykule bogactwa sprawdzonych i powszechnie stosowanych w biomonitoringu gatunków. Pokusiliśmy się jednak o przegląd wybranych i najczęściej stosowanych w naszym kraju wskaźników i akumulatorów metali ciężkich – pierwiastków utożsamianych w społeczeństwie z zanieczyszczeniem środowiska. Przykłady zaczerpnęliśmy z własnych badań i dotyczą one ptaków, drobnych ssaków, porostów oraz drzew. Na ich podstawie przybliżymy wymagania stawiane takim organizmom oraz możliwe rozszerzenia i kompleksowość tej metody.

Czy metale naprawdę są ciężkie?

Większość ludzi łączy nazwę „metale ciężkie” wyłącznie z pierwiastkami szkodliwymi, co nie jest zgodne z prawdą. Co ciekawe, termin ten mimo, że występuje powszechnie w literaturze naukowej, nigdy nie był oficjalnie zdefiniowany przez Międzynarodową Unię Chemii Czystej i Stosowanej (IUPAC²). Powszechnie przyjmowano, że metale ciężkie to te, których gęstość wynosi przynajmniej 5 g/cm^3 . Należy być jednak świadomym tego, że istnieje wiele niespójnych ze sobą sposobów klasyfikowania tej grupy pierwiastków, opartych m.in. na gęstości, toksyczności i masie atomowej. Dlatego nie powinien nikogo dziwić fakt, że wielu badaczy zalicza do grupy metali ciężkich, oprócz ołowiu, kadmu i rtęci, glin (jeden z najlżejszych metali), arsen (metaloide), czy magnez i potas (makroelementy niezbędne do życia). Zdecydowanie też bezpieczniej i poprawnie będzie pierwiastki, o których mowa nazywać po prostu metalami. Warto również podkreślić, że badane przez biomonitoring metale należą do grupy metali fizjologicznych (czyli potrzebnych do życia, m.in. cynk, miedź i żelazo) oraz zupełnie nam zbędnych (jak ołów, czy rtęć). W dzisiejszym środowisku spotykamy wszystkie z nich, dlatego znajdujemy je także w żywych

organizmach, a to czy powodują skutki uboczne w ustroju (również metale fizjologiczne), czy nie, zależy od ich stężenia, co odkrył już w XVI wieku Paracelsus³.

Ptaki w biomonitoringu

Ptaki to bardzo duża gromada kręgowców, w obrębie której wyróżniono jak dotąd około 10 000 gatunków. W Polsce zaobserwowano 451 gatunków, z czego 231 uznaje się za lęgowe. Wśród nich bez trudu można wskazać kilka szeroko rozpowszechnionych w naszym kraju, jak np. bogatka, wróbel, muchołówka, sroka, bażant, krzyżówka i łyska. Ptaki te spełniają podstawowy wymóg biomonitoringu – mają szeroki zasięg bytowania. Warunek ten jest bardzo ważny, ponieważ większość badań biomonitoringowych to analizy porównawcze, gdzie zestawia się ze sobą co najmniej dwa oddalone od siebie tereny. Konieczna jest więc możliwość pozyskania osobników tego samego gatunku na wybranych obszarach. Wymaga się także, aby wybrany do badań gatunek był na tyle liczny, żeby nie zagrażało mu wyginięcie (inaczej pozyskanie kilkunastu osobników dla przeglądowego monitoringu mogłoby się stać przyczyną zaniku populacji).

Ważnym założeniem metod biomonitoringowych wykorzystujących ptaki jest również pewność, że wybrane osobniki, przynajmniej przez wystarczająco długi okres żyją w środowisku, którego stan chcemy ocenić. Problem ten zdaje się nie dotyczyć gatunków takich jak wróbel czy sroka, które w ciągu roku nie zmieniają znacząco miejsca bytowania. Inaczej jest u gatunków migrujących, których przykładem jest krzyżówka, najczęściej spotykana u nas kaczka (Ryc. 2). Większość osobników, które w połowie roku widzimy nad polskimi stawami i rzekami spędza zimę daleko na południu, w okolicach Morza Śródziemnego, a nawet w Afryce. Poziomy ksenobiotyków⁴, które wykryjemy u takich ptaków mają więc nie do końca jasne pochodzenie i trudno przypisać je do konkretnego, badanego przez nas terenu. Sytuacja jednak nie jest zupełnie beznadziejna – z pomocą przychodzi nam znajomość biologii tego gatunku. Krzyżówki wracają do nas z zimowisk w parach,

¹ Skala porostowa – system oceny zanieczyszczenia powietrza SO_2 bazujący na obserwacji typu plech porostów występujących na pniach drzew w danym terenie. Opracowana przez Hawkswortha i Rosa w 1970, przystosowana do warunków Polski przez prof. Józefa Kiszkę w 1990 r.

² IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) – międzynarodowa organizacja standaryzująca m.in. symbolikę i nazewnictwo chemiczne na całym świecie.

³ Paracelsus, czyli Phillippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim – szwajcarski przyrodnik i lekarz; sformułował prawo „Dosis facit venenum” (dawka czyni truciznę).

⁴ Ksenobiotyk (z gr. *ksenos* – obcy) to substancja, która w normalnych warunkach nie jest naturalnym składnikiem żywego organizmu. Niektórzy badacze zaliczają do tej grupy wyłącznie związki chemiczne, inni rozszerzają ją także na pierwiastki chemiczne (w tym niektóre metale, jak np. ołów czy rtęć).

najczęściej na przełomie marca i kwietnia. W tym czasie rozpoczyna się sezon godowy i kaczki przystępują do lęgów. Spędzą więc w tym terenie najbliższe 3–4 miesiące życia. Potomstwo, które wychowają będzie żyło przynajmniej do lipca czy sierpnia tylko na terenie, na którym się wykuło. Jeżeli u tych młodych osobników wykryte zostaną badane metale, to będzie to oznaczało, że występują one w tym środowisku. Również stężenie ksenobiotyków u dorosłych ptaków, które już w swoim życiu migrowały może nam sporo powiedzieć. Po pierwsze, jest to sygnał,



Ryc. 2. Krzyżówka stanowi przykład gatunku ptaka, który spełnia podstawowe założenia użycia w biomonitoringu – powszechność występowania i znaczna liczebność populacji. Fot. Ł. J. Binkowski.

że gdzieś w zasięgu migracji ptaków dane pierwiastki są dla nich dostępne. Po drugie, stężenia np. w krwi są powiązane z zupełnie niedawną intoksykacją, więc nawet jeżeli dany osobnik przebywa na danym terenie zaledwie dwa tygodnie, to skład jego krwi będzie głównie obrazował bieżące narażenie już na tym terenie. Inaczej będzie w przypadku piór, w których stężenia metali mówią o ich dostępności w czasie wzrostu tkanki, czyli w okresie pierzenia.

Jednymi z najczęściej badanych narządów są wątroba i nerki. Wątroba jest głównym narządem oczyszczającym organizm, więc przynajmniej na pewnym etapie większość zabsorbowanych metali wraz z krwią trafia do wątroby. Nie wszystkie jednak docelowo się w niej akumulują. Istnieje pojęcie tzw. narządu krytycznego, w którym szczególnie dany metal (lub związek) jest akumulowany. Dla kadmu takim narządem są nerki, dla ołowiu kości, a dla rtęci nerki i układ nerwowy. Wiadomo również, że podwyższone ilości kadmu i ołowiu we krwi, wątrobie i śledzionie są wskaźnikami krótkotrwałej ekspozycji, która wystąpiła w niezbyt odległym czasie. Jeżeli więc chcemy skutecznie ocenić zanieczyszczenie u zwierząt na danym terenie, powinniśmy wybrać odpowiednie narządy krytyczne, a to z kolei może zrobić tylko specjalista, nie tylko z zakresu

biomonitoringu, ale również biologii danego gatunku, z naciskiem na zagadnienia fizjologiczne i ekologiczne. Łatwy sposób pobierania tkanek gwarantuje współpraca z myśliwymi, którzy często pozwalają na pobranie próbek z tuszek upolowanych ptaków czy ssaków. Oczywiście nie w każdym badaniu musi dojść do uśmiercenia osobnika. Jeżeli prowadzony jest tzw. monitoring przyżyciowy, to wtedy bada się tkanki lub materiały, które można pobrać od żywych zwierząt (np. krew, pióra, odchody, pazury) lub nawet bez ich łapania (pióra i odchody zgromadzone wokół gniazd, czy wśród innych gromad zwierząt np. zrzuty poroża jeleniowatych znajdujące w lesie). W wielu przypadkach jednak nie pobierzemy wtedy próbek z narządów krytycznych, co utrudnia wnioskowanie.

Co mogą powiedzieć drobne ssaki?

Ptaki są badane w biomonitoringu bardzo często, ale nie rzadziej wybieraną grupę stanowią drobne ssaki, w tym gryzonie, które są stosowane w tych badaniach od lat 70. XX wieku. Wykorzystywano je do oceny zanieczyszczenia środowiska metalami, przede wszystkim obszarów przemysłowych lub sąsiadujących z nimi ekosystemów, terenów położonych wzdłuż ciągów komunikacyjnych czy wreszcie obszarów zurbanizowanych. Drobne ssaki są dobrymi bioindykatorami, ponieważ są szeroko rozpowszechnione w środowisku, zajmują ograniczone terytorium, mają niewielkie rozmiary, krótki okres życia (w naturalnym środowisku jest to zaledwie kilka miesięcy) i są łatwe do pozyskania. Najczęściej stosowanymi w europejskim biomonitoringu gatunkami gryzoni są: mysz leśna, mysz zaroślowa, nornica ruda, nornik bury i nornik zwyczajny. Bardzo dobrymi biowskaźnikami są gatunki należące do owadożernych (np. ryjówka aksamitna i kret europejski) ze względu na pozycję jaką zajmują w łańcuchu troficznym. Jako zwierzęta mięsożerne, których głównym pokarmem są dżdżownice i larwy owadów akumulują znacznie większe ilości metali i różnych związków w swoich tkankach, aniżeli roślinożerne gryzonie. Oczywiście wybór gatunków badanych zależy od ich występowania na danym terenie, więc te, które stosowane są w Polsce nie zawsze odpowiadają gatunkom badanym w innej części Europy czy świata. W Stanach Zjednoczonych i Kanadzie najczęściej stosowanymi w biomonitoringu gatunkami są z owadożernych ryjówka krótkoogoniasta, a z gryzoni nornik preiowy, nornik łąkowy, nornik kalifornijski i myszak leśny. Gatunki drobnych ssaków wykorzystywane w naszym kraju w bioindykacji to przede wszystkim mysz leśna i nornica ruda –

gatunki powszechnie występujące w ekosystemach leśnych. Na terenach przemysłowych, na których rosną zdegradowane lasy sosnowe z ubogą bazą pokarmową, gatunkiem wskaźnikowym jest mysz zarosłowa. W ekosystemach łąkowych bada się nornika burego, a w agrocenozach nornika zwyczajnego i mysz polną.

W badaniach bioindykacyjnych z udziałem zwierząt, w tym drobnych ssaków, wykorzystuje się głównie akumulację metali w ich tkankach i narządach. Podobnie jak w przypadku ptaków metodą przyżyciową (Ryc. 3) mogącą mieć zastosowanie u drobnych ssaków jest badanie krwi i sierści (odpowied-



Ryc. 3. Wiele metod biomonitoringowych opiera się na metodach nieinwazyjnych. Widoczna na zdjęciu pułapka żywołowna stosowana jest do odławiania w terenie drobnych ssaków. Fot. P. Dudzik.

nika piór). Ze względu na krótki okres życia gryzoni i owadożernych, zwierzęta te nadają się doskonale do kontroli stanu środowiska na przestrzeni kilku czy kilkunastu lat. Odławiając je w tym samym miejscu po kilku latach można sprawdzać czy nastąpiła poprawa lub pogorszenie stanu środowiska. Drobne ssaki jako bioindykatory można stosować również w aspekcie oceny narażenia człowieka. W medycynie myszy laboratoryjne czy szczury wykorzystuje

się jako zwierzęta modelowe. Drobne ssaki żyjące w zdegradowanym naturalnym środowisku stanowią model ekspozycji człowieka znacznie lepszy, aniżeli te same gatunki poddawane różnym eksperymentom w warunkach hodowlanych. Nigdy bowiem w laboratorium nie mamy tylu działających czynników, które występują równocześnie w środowisku naturalnym. Oczywiście otrzymanych na drobnych ssakach wyników nie możemy przenosić bezpośrednio na człowieka, ale na ich podstawie otrzymujemy pewne informacje, które możemy wykorzystać do oceny narażenia ludzi. Należy podkreślić, że zmiany histopatologiczne spowodowane działaniem metali wykazane w narządach gryzoni odłowionych w naturalnym środowisku są podobne do występujących u ludzi. Wykazanie istnienia niecałkowitej bariery łożyskowej dla kadmu, ołowiu i rtęci u gryzoni, zostało również potwierdzone u ludzi.

Nie tylko zwierzęta

Zakres badań biomonitoringowych nie zamyka się tylko w królestwie zwierząt. Porosty stanowią specyficzną grupę organizmów, która powstała na skutek wytworzenia się trwałej symbiozy pomiędzy samożywnym glonem i cudzożywnym grzybem. Na całym świecie występuje ok. 20 tys. gatunków porostów. Porosty (Ryc. 4) są jednymi z najczulszych biowskaźników zanieczyszczenia powietrza, ponieważ czerpią wodę i substancje potrzebne im do życia bezpośrednio z niego (nie posiadają systemu naczyniowego). Olbrzymie ilości tlenków węgla, azotu, siarki, ołowiu, fluoru oraz innych substancji emitowanych do atmosfery, mają więc widoczny wpływ na stan porostów. Uszkodzenia komórek glonu odbijają się na kondycji całego organizmu, ponieważ



Ryc. 4. Plechy *Hypogymnia physodes* najczęściej wykorzystywanego w biomonitoringu porostu. Fot. A. Huget.

to glon obciążony jest utrzymaniem zarówno siebie jak i grzyba poprzez fotosyntezę. Co więcej glon jest bardzo wrażliwy, ponieważ zawartość chlorofilu w biomacie całego organizmu jest niewielka i nawet drobne uszkodzenia aparatu asymilacyjnego mogą odbić się na żywotności plech. Negatywny wpływ zanieczyszczeń widać przez deformacje plech, nekrozy czy zmiany ich pokroju. Zmianie ulega również kolor plechy np. na biały, żółtawy, rdzawy, brązowy, a nawet czarny. Wszystko to świadczy o obniżeniu aktywności procesów metabolicznych. Ogólnie porosty odpowiadają na zanieczyszczenie środowiska poprzez zmianę częstotliwości występowania, a także stopnia pokrycia w terenie (właśnie na tej podstawie stworzono wspomnianą wcześniej skalę porostową oraz ustala się strefy lichenoindykacyjne, a także wyznacza indeks czystości atmosfery IAP – Index of Atmospheric Purity). Porosty nie reagują specyficznie na poszczególne zanieczyszczenie, ale na całkowity toksyczny efekt mieszaniny zanieczyszczeń. Cechuje je różna tolerancja – najbardziej wrażliwe są porosty krzaczkowate ze względu na fakt, iż mają największą powierzchnię kontaktu z powietrzem. Mniej wrażliwe są porosty listkowate, łuseczkowate, a najmniej porosty skorupiaste. Wszystkie te obserwacje znajdują zastosowanie w użyciu porostów, jako biowskaźników (Ryc. 6).



Ryc. 5. Wiązka porostowa podczas transplantacji lichenoindykacyjnej. Fot. Ł. J. Binkowski.

Ze względu na zjawisko akumulacji metali, związków siarki, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i radionuklidów⁵ porosty zdominowały również biomonitoring skażeń powietrza jako akumulatory. Badania przeprowadzone w Norwegii po katastrofie w Czarnobylu wykazały wzrost stężenia izotopów promieniotwórczych w plechach porostów

i w ciałach reniferów, które się nimi żywiły. Metody lichenoindykacyjne dzieli się na bierne i aktywne. Metody bierne polegają na badaniu naturalnie występujących porostów w danym miejscu, zaś aktywne obejmują pobranie porostów z terenu czystego i eksponowanie ich na obszarze o dużym zanieczyszczeniu, czyli przeprowadzeniu transplantacji porostowej (Ryc. 5). Postępuje się w ten sposób, gdyż w bardzo zanieczyszczonych terenach porosty są często nieobecne. Zalety lichenoindykacji to łatwy pobór próbek, niskie koszty badań oraz możliwość monitorowania rozległych obszarów.

Czego dowiemy się w lesie?

Porosty najczęściej spotykamy w lasach – ekosystemach, które są intensywnie badane przez biomonitoring. Zanieczyszczenia powietrza poprzez złożony skład chemiczny mogą oddziaływać na ekosystemy leśne w sposób antagonistyczny, sumujący się albo synergiczny. Właśnie ten złożony skład pyłów i gazów może wpływać w jednym czasie na wiele struktur komórkowych roślin, co może prowadzić do ich uszkodzenia i do zakłócenia podstawowych procesów fizjologicznych, takich jak fotosynteza czy wzrost.

Zanieczyszczenia pyłowe powietrza mogą powodować mechaniczne uszkodzenia liści, prowadzące do zabrudzenia i uszkodzenia kutikuli pokrywającej blaszkę. To natomiast może prowadzić do ograniczenia dostępu światła, podniesienia temperatury zanieczyszczonego liścia oraz zatykania szparek. Poważne uszkodzenie blaszki następuje w wyniku oddziaływania chemicznego wody z wybranymi składnikami zawartymi w pyłach. Powstające substancje mają toksyczne działanie i wnikając do liścia mogą powodować cykl różnych negatywnych przemian. Blaszki liściowe mogą być więc wykorzystywane jako wskaźniki zanieczyszczeń powietrza. Na skutek oddziaływania gazowych zanieczyszczeń powietrza (SO₂, NO_x, HF, O₃, PAN)⁶ na liściach roślin pojawiają się charakterystyczne uszkodzenia w postaci chloroz i nekroz, które pozwalają na identyfikację stresora.

Nie tylko żywe liście są przydatne w biomonitoringu. Ściółka jest jednym z ogniw rozkładu obumarłej materii organicznej, który jest poważnie zagrożony przez zanieczyszczenia powietrza. Dynamika jej dekompozycji jest bardzo ważna dla funkcjonowania ekosystemu. Pulę biogenów stanowi tutaj materia organiczna, która zawarta jest w ściółce, a tempo jej

⁵ radionuklidy to inaczej izotopy promieniotwórcze.

⁶ NO_x – umowne oznaczenie tlenków azotu, HF – fluorowodór, O₃ – ozon, PAN – azotan nadtlenoacetylu

rozkładu wpływa na dostępność pierwiastków dla roślin. Wpływ zanieczyszczenia na dany ekosystem leśny może w znaczny sposób modyfikować ten proces (często silnie go hamując, co zwalnia obieg składników odżywczych w ekosystemie). Ważnym elementem są tutaj opadające liście (tzw. opad podkoronowy) i ich skład. W miarę starzenia się liści na drzewie, cenne dla rośliny pierwiastki są w dużym stopniu wycofywane z nich i transportowane do in-

po pniach, który z kolei dostarcza do dna lasu głównie spłukane przez deszcz zanieczyszczenia pyłowe. Gatunek drzewa kształtuje zarówno ilość, jak i skład wód spływających po pniu. W drzewostanach liściastych udział spływu w ogólnym dopływie substancji chemicznych do dna lasu jest największy, natomiast w drzewostanach iglastych jest znacznie niższy. Związane jest to z budową korony, wiekiem drzew oraz morfologią kory.



Ryc. 6. Przykłady plechki (od lewej): zdrowej, z niewielkimi uszkodzeniami i bardzo uszkodzonej przez zanieczyszczenia. Fot. A. Huget.

nych organów. Wyschnięty liść opadający na dno lasu zawiera także pierwiastki, które mają pochodzenie antropogeniczne, jak na przykład kadm czy ołów. Ma to ogromny wpływ na ilość pierwiastków w powierzchniowych warstwach gleby, jak również na dalszą dostępność tych metali dla roślin. Na całościowy opad podkoronowy wpływa nie tylko zawartość pierwiastków w liściach, ale również wielkość opadu ściółki na jednostkę powierzchni i skład gatunkowy drzew, który występuje na danym obszarze. Jeśli obserwujemy przewagę gatunków, które akumulują znaczne ilości metali, przy równoczesnej niskiej frekwencji gatunków drzew o niskiej zdolności akumulacji, można oczekiwać wysokiego dopływu do dna lasu (Ryc. 7).

Dla dopływu metali do ściółki, oprócz opadu podkoronowego, ma również duże znaczenie tzw. spływ

Kto monitoruje?

Jak widać w biomonitoringu przynależność do świata roślin czy zwierząt nie decyduje o użyteczności organizmu. Wiele z nich znajduje zastosowanie w badaniach naukowych, jak i w przekrojowym i stałym monitoringu środowiska, który w naszym kraju nadzorowany jest przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska i ujęty jest w programie PMŚ.

Państwowy Monitoring Środowiska (PMŚ) został utworzony na mocy ustawy o Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska z dnia 20 lipca 1991 roku. Jego celem jest zagwarantowanie wiarygodnych informacji o stanie środowiska w Polsce. Jest to system pomiarów, ocen i prognoz stanu środowiska, składający się z trzech Bloków: Presje na środowisko, Stan

środowiska oraz Oceny i Prognozy. Stanowi on podstawę skutecznej polityki ekologicznej Państwa. Programy PMŚ opracowywane są obecnie w systemie trzyletnim, aktualnie obowiązujący obejmuje lata 2013-2015. Blok Stan składa się z siedmiu podsystemów: Monitoring jakości powietrza, Monitoring jakości wód, Monitoring jakości gleby i ziemi, Monitoring przyrody, Monitoring hałasu, Monitoring



Ryc. 7. Łapacz listowia – przyrząd służący do szacowania rozmiarów opadu podkoronowego w danym czasie w przeliczeniu na jednostkę powierzchni. Fot. P. Dudzik.

pól elektromagnetycznych i Monitoring promieniowania jonizującego. Przy realizacji zadań większości podsystemów PMŚ stosuje się monitoring techniczny (aparaturowy). Biomonitoring realizowany jest przede wszystkim w podsystemie monitoringu przyrody, składającym się z czterech zadań: monitoring gatunków i siedlisk przyrodniczych, monitoring ptaków, monitoring lasu oraz Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP). Celem

ZMŚP jest dostarczenie danych o stanie środowiska, mechanizmach jego funkcjonowania, tendencjach krótko i długoterminowych zmian zachodzących pod wpływem zmian klimatu i antropopresji oraz rodzaju zagrożeń. Obecnie badania ZMŚP prowadzone są w 10 Stacjach Bazowych rozmieszczonych na terenie całej Polski, w których realizuje się m.in. program „Metale ciężkie i siarka w porostach”, który ocenia zanieczyszczenie powietrza metalami i SO_2 na podstawie stężeń ośmiu pierwiastków (Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Ni, Cr i S) w plechach pustułki pęcherzykowej zebranych z naturalnego środowiska na terenie stacji lub transplantowanych.

Najważniejsze korzyści wynikające z monitoringu

Na emisje zanieczyszczeń narażone są miliony ludzi na całym świecie. Długotrwała ekspozycja na złożone z różnych substancji zanieczyszczenie powietrza jest powiązana ze wzrostem śmiertelności z powodu chorób układu oddechowego, układu krążenia i różnego rodzaju nowotworów, w tym przede wszystkim raka płuc. W Europie ostatnio coraz głośniejszą mowa się o stopniu, w jakim zanieczyszczenie powietrza przyczynia się do wzrostu śmiertelności ludzi. Również w naszym kraju coraz częściej wiąże się zachorowalność na choroby układu krążenia i choroby nowotworowe ze stanem środowiska. Ocenia się, że w Polsce w 2014 roku około 5 tys. osób zmarło na skutek zanieczyszczeń powietrza. Dlatego wykorzystanie informacji dostarczanych przez biomonitoring do oceny ryzyka istniejącego dla ludzkiego zdrowia jest niezwykle ważne. Pozwoli to zidentyfikować najważniejsze zagrożenia oraz podejmować decyzje o zapobieganiu im i o rewaloryzacji środowiska.

Autorzy współtworzyli Zespół Monitoringu Środowiska w Instytucie Nauk o Środowisku UJ w Krakowie, któremu przewodniczyła prof. dr hab. Katarzyna Sawicka-Kapusta. Obecnie dr Łukasz Binkowski jest pracownikiem naukowym Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie, Paweł Dudzik jest pracownikiem naukowo-technicznym UJ, Agnieszka Huget wciąż pasjonuje się biologią, prof. Sawicka-Kapusta jest profesorem emerytowanym UJ. E-mail: lbinkowski@gmail.com