

# ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA W ŚWIĘTOKRZYSKIM PARKU NARODOWYM W LATACH 1991–2001 NA PODSTAWIE BIOWSKAŹNIKA *HYPOGYMNIA PHYSODES*

Katarzyna Sawicka–Kapusta, Marta Zakrzewska

**Sawicka–Kapusta K., Zakrzewska M., 2002:** Zanieczyszczenie powietrza w Świętokrzyskim Parku Narodowym w latach 1991–2001 na podstawie biowskaźnika *Hypogymnia physodes*, (*Air contamination in Świętokrzyski National Park between 1991–2001 using Hypogymnia physodes as bioindicator*) Regionalny Monitoring Środowiska Przyrodniczego nr 3, s. 81–84, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce.

**Zarys treści:** Porost *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. został użyty do porównania zanieczyszczenia powietrza Świętokrzyskiego PN w 1991 i 1998 roku oraz do oceny zanieczyszczenia powietrza Stacji Bazowej Św. Krzyż. Uzyskane dane wykazały obniżenie stężeń większości analizowanych metali. Wyniki z 2001 roku pokazały nadal wysokie stężenia Pb, Zn i S. Globalny Indeks Zanieczyszczeń oraz Indeks Zasiarczenia pozwoliły zaliczyć ŚwPN do parków średnio zanieczyszczonych.

*Katarzyna Sawicka–Kapusta*, Uniwersytet Jagielloński, Zakład Monitoringu Środowiska, Instytut Nauk o Środowisku, Ingardena 6, 30–060 Kraków, e-mail: sawicka@eko.uj.edu.pl

*Marta Zakrzewska*, Uniwersytet Jagielloński, Zakład Monitoringu Środowiska, Instytut Nauk o Środowisku, Ingardena 6, 30–060 Kraków, e-mail: zakrz@eko.uj.edu.pl

## 1. Wprowadzenie

Biomonitoring – biologiczna metoda oceny stanu środowiska jest wykorzystywana do wykrywania koncentracji metali ciężkich, radionuklidów, wielu zanieczyszczeń gazowych, trwałych związków organicznych takich jak PCB czy WWA. Jest więc niezwykle pomocna w śledzeniu zarówno zagrożeń jak i pozytywnych zmian zachodzących w naturalnych ekosystemach, będących pod wpływem antropopresji. Monitoring biologiczny może być również efektywnym systemem wczesnego ostrzegania (Burton, 1986, O'Brien i wsp., 1993, Conti i Cecchetti, 2001). Dobrymi biowskaźnikami są te organizmy żywe, które są szeroko rozpowszechnione i pospolite, dają możliwość oceny poziomu zanieczyszczenia we względnie krótkim czasie, są stosunkowo odporne na zanieczyszczenia, a w kontakcie z substancjami toksycznymi wykazują szybką i jednoznaczną reakcję (Grodziński i Yorks, 1981, Martin i Coughtrey, 1982, Loppi i wsp., 1992, Fałtynowicz, 1995). Spośród wielu różnorodnych biowskaźników bardzo czuлыми i powszechnie stosowanymi są mchy i porosty (Rühling i Tyler, 1973, Pilegaard i wsp., 1979, Grodzińska i wsp., 1990). Porosty są bardziej uniwersalne będąc równocześnie indykatorami i akumulatorami. Pomimo dużej wrażliwości na zanieczyszczenia gazowe, są długowieczne i mogą akumulować substancje toksyczne w koncentracjach, które mogą być toksyczne dla roślin wyższych i zwierząt (De Wit, 1983, Puckett, 1988, Jones i wsp., 1991).

i wsp., 1991). Porosty bardzo efektywnie wychwytyują i akumulują metale ciężkie i siarkę z powietrza atmosferycznego, a ich zawartość w plesze odzwierciedla stopień zanieczyszczenia (Le Blanc i Rao, 1973, Pilegaard i wsp., 1979, Tyler, 1989, Richardson, 1995). Porost *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. (pustułka pęcherzykowata) jest jednym z najczęściej stosowanych biowskaźników skażenia powietrza metalami ciężkimi i dwutlenkiem siarki (Pilegaard i wsp., 1979, Burton, 1986, Conti i Cecchetti, 2001)

Celem niniejszej pracy jest porównanie zanieczyszczenia powietrza Świętokrzyskiego Parku Narodowego oraz ocena zanieczyszczenia powietrza Stacji Bazowej Św. Krzyż na podstawie koncentracji metali ciężkich i siarki w plechach porostu *Hypogymnia physodes* zebranych w latach 1991–2001.

## 2. Metody

Na obszarze Świętokrzyskiego Parku Narodowego dwukrotnie, we wrześniu 1991 i 1998 roku, a na terenie Stacji Bazowej Św. Krzyż we wrześniu 2001 roku, zebrano odpowiednio z 10, 21 i 7 stanowisk próby porostu *Hypogymnia physodes*. Metale ciężkie (Cd, Pb, Cu, Zn i Fe) oznaczone były metodą AAS po uprzedniej mineralizacji wysuszonych plech w mieszaninie stężonego kwasu azotowego i nadchlorowego w stosunku 4:1 (Pilegaard, 1979). Siarka ogólna oznaczona została metodą turbidymetryczną Buttersa–Chenry'ego (Nowosielski, 1968). Koncentracje metali ciężkich i siarki podano w  $\mu\text{g g}^{-1}$  suchej masy.

### 3. Wyniki

Średnia koncentracja kadmu w plechach porostu *Hypogymnia physodes* zebranych na terenie Parku w 1991 roku wynosiła 1,89  $\mu\text{g g}^{-1}$  przy zakresie od 0,57 do 3,47  $\mu\text{g g}^{-1}$ , natomiast średnie stężenie tego metalu w 1998 roku było niższe i wynosiło 1,18  $\mu\text{g g}^{-1}$  wahając od 0,40 do 2,80  $\mu\text{g g}^{-1}$ . Należy jednak podkreślić, że ponad połowa stanowisk w parku charakteryzowała się wysokimi wartościami – powyżej 1,20  $\mu\text{g g}^{-1}$ . W 2001 średnia koncentracja kadmu w plechach porostów zebranych na obszarze Stacji Bazowej Św. Krzyż była niższa i wynosiła 0,77  $\mu\text{g g}^{-1}$  przy zakresie od 0,53 do 1,12  $\mu\text{g g}^{-1}$  (tab. 1). Ponieważ obszar Stacji mieści się we wschodniej części Świętokrzyskiego Parku Narodowego (na północnym stoku masywu Łysogór) porównano dane dotyczące Stacji z odpowiadającymi im stężeniami tego pierwiastka stwierdzonymi na tym terenie w 1998 roku. Okazało się, że średnie wartości są niemal identyczne, co świadczy o takim samym zanieczyszczeniu powietrza tej części Parku na przestrzeni ostatnich trzech lat.

Tab. 1. Średnie koncentracje i zakres ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) metali ciężkich i siarki w plechach porostu *Hypogymnia physodes* zebranych na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego i Stacji Bazowej ZMŚP Święty Krzyż.

Tab. 1. Concentrations and ranges of heavy metals and sulphur in *Hypogymnia physodes* collected from Świętokrzyski National Park and Integrated Natural Environment Monitoring Base Station in Święty Krzyż.

Teren (rok) Area (year)	Stężenie ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) Concentration ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )					
	Cd	Pb	Cu	Zn	Fe	S
ŚwPN (1991) N = 10	1,89 0,57-3,47	33,5 13,7-55,5	8,5 5,7-10,0	167 113-215	1376 711-1904	-
ŚwPN (1998) N = 21	1,18 0,40-2,80	17,7 2,0-40,0	9,5 6,6-15,0	113 30-173	867 107-1854	1694 1141-2506
Św. Krzyż (2001) N = 7	0,77 0,53-1,12	22,4 5,9-32,8	6,7 5,6-7,7	150 122-193	715 453-1457	1483 1215-1722

Stężenie ołowiu na terenie Parku w 1991 roku było wysokie i wynosiło średnio 33,5  $\mu\text{g g}^{-1}$ . Poszczególne wartości mieściły się w zakresie od 13,7 do 55,5  $\mu\text{g g}^{-1}$ . W 1998 roku średnia koncentracja tego toksycznego metalu zmniejszyła się o połowę i wynosiła 17,7  $\mu\text{g g}^{-1}$ , jednak na prawie wszystkich stanowiskach wartości były wysokie i wahały się od 12,00 do 40,00  $\mu\text{g g}^{-1}$ . Koncentracja ołowiu (22,4  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) na terenie Stacji Bazowej Św. Krzyż w 2001 roku była wyższa w porównaniu ze średnią koncentracją tego metalu stwierdzoną dla całego Parku w 1998 roku, natomiast nie różniła się od średniej wyliczonej dla odpowiadających stanowisk znajdujących się w obrębie Stacji. Podobnie jak w przypadku kadmu świadczy to takim samym zanieczyszczeniu tej części Parku na przestrzeni ostatnich trzech lat.

Poziom miedzi na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego we wszystkich latach był podobny i wynosił w 1991 roku 8,5  $\mu\text{g g}^{-1}$  wahając się w granicach od 5,7 do 10,0  $\mu\text{g g}^{-1}$ , w 1998 roku – 9,5  $\mu\text{g g}^{-1}$  z zakresem nieco szerszym od 6,6 do 15,0  $\mu\text{g g}^{-1}$ . W 2001 roku średnie stężenie miedzi na terenie Stacji Bazowej Św. Krzyż było nieco niższe i wynosiło 6,7  $\mu\text{g g}^{-1}$ . Wszystkie stanowiska miały bardzo podobne poziomy tego metalu od 5,6 do 7,7  $\mu\text{g g}^{-1}$ .

Koncentracja cynku w plechach zebranej *Hypogymnia physodes* była najniższa w 1998 roku i wynosiła średnio 113  $\mu\text{g g}^{-1}$  a najwyższa w 1991 roku ze średnią koncentracją

167  $\mu\text{g g}^{-1}$ . W obydwu okresach poziomy tego metalu na wszystkich stanowiskach były odpowiednio albo bardzo niskie od 30 do 173  $\mu\text{g g}^{-1}$  dla 1998 roku, albo bardzo wysokie od 113 do 215  $\mu\text{g g}^{-1}$  dla 1991 roku. W roku 2001 w Stacji Bazowej Św. Krzyż zanotowano ponowny wzrost koncentracji cynku wynoszący 150  $\mu\text{g g}^{-1}$ , z wysokimi poziomami tego metalu na wszystkich badanych stanowiskach od 122 do 193  $\mu\text{g g}^{-1}$  (tab. 1).

Poziom żelaza w plechach zebranych na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego zdecydowanie obniżył się na przestrzeni 10 lat z 1376  $\mu\text{g g}^{-1}$  w 1991 roku do 715  $\mu\text{g g}^{-1}$  w 2001 roku (Św. Krzyż). W 1998 roku stężenie żelaza w plechach *Hypogymnia physodes* wynosiło 867  $\mu\text{g g}^{-1}$  i było bardzo podobne do stwierdzonego na terenie Stacji Bazowej.

Zawartość siarki w plechach *Hypogymnia physodes* na obszarze Świętokrzyskiego Parku Narodowego analizowano po raz pierwszy dopiero w 1998 roku. Stwierdzone wtedy wartości były wysokie i wynosiły średnio 1694  $\mu\text{g g}^{-1}$ , przy zakresie wynoszącym od 1141 do 2506  $\mu\text{g g}^{-1}$ . W 2001 roku średnia koncentracja siarki na terenie Stacji Bazowej Św. Krzyż była również wysoka i wynosiła 1483  $\mu\text{g g}^{-1}$ . Na wszystkich siedmiu stanowiskach wartości były podobne i wahały się od 1215 do 1722  $\mu\text{g g}^{-1}$  (tab. 1). Uzyskane dane potwierdzają utrzymujące się zanieczyszczenie powietrza na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego dwutlenkiem siarki.

### 4. Dyskusja

Aby ocenić stopień zanieczyszczenia metalami ciężkimi i siarką powietrza Świętokrzyskiego Parku Narodowego, obliczono Całkowity Wskaźnik Zanieczyszczenia zwany również Globalnym Indeks Zanieczyszczeń (GI). Indeks ten, wyliczony dla każdego z pierwiastków oddzielnie, pokazuje ile razy stężenie danego metalu w poroście *Hypogymnia physodes* z badanego terenu przewyższa analogiczną wartość tego samego elementu na terenie porównawczym (kontrolnym, czystym). Całkowity Wskaźnik Zanieczyszczenia metalami ciężkimi to suma wszystkich indeksów wyliczonych dla poszczególnych metali (Cd, Pb, Cu, Fe, Zn).

Przy ocenie zanieczyszczenia Parków Narodowych w Polsce przyjęto następujące kryteria klasyfikacji oparte na wartościach Globalnego Indeksu Zanieczyszczeń (Sawicka-Kapusta i Rakowska, 1993, Sawicka-Kapusta i wsp., 1999). Do Parków czystych zaklasyfikowano te, dla których wartość indeksu była poniżej 10 (GI<10,0). Parki średnio zanieczyszczone miały wartości indeksu GI = 10,1-14,0. Za Parki zanieczyszczone uznano te, których GI = 14,1-20,0 i wreszcie Parki zdegradowane osiągały wartość indeksu powyżej 20 (GI>20,1)

Przy ocenie zanieczyszczenia powietrza Parków Narodowych dwutlenkiem siarki posłużono się Indeks Zanieczyszczenia, jednak kryteriami klasyfikacji do poszczególnych kategorii były inne wartości GI: parki czyste – wartość GI<1,5; średnio zanieczyszczone GI = 1,6-2,0; parki zanieczyszczone GI>2,1.

Globalny Indeks Zanieczyszczenia dla Świętokrzyskiego Parku Narodowego w 1991 roku wynosił 21,9 i na tej podstawie zaliczono go do parków zdegradowanych, natomiast w 1998 roku wartość indeksu zmniejszyła się prawie

dwukrotnie (GI = 12,3). Na wartość indeksu GI w 1991 roku wpłynęła przede wszystkim bardzo wysoka koncentracja metali toksycznych, która dawała wartość indeksu dla kadmu 4,9 a dla ołowiu 8,2. Dla pozostałych metali Cu, Zn i Fe wartości indeksów wynosiły od 2,3 do 3,9 (tab. 2). W 1998 roku zmniejszyła się koncentracja kadmu i ołowiu w plechach zebranego na terenie parku porostu *Hypogymnia physodes* i to głównie spowodowało obniżenie wartości Globalnego Indeksu Zanieczyszczeń. Wykonana w 2001 roku ocena zanieczyszczenia powietrza Stacji Bazowych ZMŚP, również na podstawie zawartości Cd, Pb, Cu, Zn i Fe w plechach tego samego gatunku porostu i wyliczonego GI, wykazała że Stacja Bazowa Św. Krzyż należy do średnio zanieczyszczonych metalami ciężkimi. Wartość GI wynosiła 10,9 i złożyły się na to podwyższone zawartości ołowiu i cynku jak również stosunkowo wysoka koncentracja kadmu.

Koncentracja siarki w plechach *Hypogymnia physodes* była analizowana w 1998 roku w 21 stanowiskach w Świętokrzyskim PN i w 2001 roku na terenie 7 stanowisk Stacji Bazowej Św. Krzyż. Wyliczony Indeks Zasiarczenia wynoszący 2,1 w 1998 roku i 1,9 w 2001 roku pozwolił zaliczyć Świętokrzyski PN w pierwszym okresie do parków zanieczyszczonych a w drugim do średnio zanieczyszczonych (tab. 2).

Tab. 2. Globalny Indeks Zanieczyszczeń (GI).

Tab. 2. Global Pollution Index (GI).

Teren (rok) Area (year)	Indeks Index						
	Cd	Pb	Cu	Zn	Fe	GI Metale Metals	GI Siarka Sulphur
ŚwPN (1991)	4,9	8,2	2,3	2,6	3,9	<b>21,9</b>	---
ŚwPN (1998)	2,3	2,7	2,6	1,8	2,9	<b>12,3</b>	<b>2,1</b>
Św. Krzyż (2001)	2,1	2,6	1,7	2,7	1,8	<b>10,9</b>	<b>1,9</b>

Od początku lat 90-tych rejestrujemy w Polsce sukcesywny spadek emisji zanieczyszczeń przemysłowych i w związku z tym obserwujemy poprawę stanu środowiska (Kamieński, 1998, Ochrona Środowiska, 1999, 2001). Przeprowadzona dwukrotnie ocena zanieczyszczenia powietrza na terenie parków narodowych potwierdza poprawę sytuacji umożliwiającą prawidłowe funkcjonowanie skażonych terenów. Na początku lat 90-tych tylko trzy spośród 17 istniejących wtedy Parków Narodowych zaliczono pod czystych, osiem do średnio zanieczyszczonych, cztery do Parków zanieczyszczonych a dwa do zdegradowanych. W tej ostatniej grupie, obok Ojcowskiego Parku Narodowego, znalazł się Świętokrzyski PN. Zadecydowały o tym bardzo wysokie koncentracje metali toksycznych: kadmu i ołowiu oraz żelaza. W 1998 roku sytuacja w Świętokrzyskim PN uległa znacznej poprawie, a w zebranych tam porostach stwierdzono dużo niższe koncentracje Pb i Fe, a także obniżone ilości Cd (tab. 1). Wartości te wpłynęły na zdecydowane obniżenie Globalnego Indeksu Zanieczyszczeń tego parku (GI obniżyło się z 21,9 na 12,3), pozwalające na przeniesienie Świętokrzyskiego PN z parków zdegradowanych do grupy parków średnio zanieczyszczonych. Spodziewano się, że w 2001 roku nastąpi dalsza poprawa stanu zanieczyszczenia powietrza w Świętokrzyskim Parku Narodowym, ale koncentracje metali ciężkich i siarki w porostach na terenie Stacji Bazowej

Bazowej Św. Krzyż zaklasyfikowały ją do średnio zanieczyszczonych – nie zmieniając tym samym statusu parku.

Emisja zanieczyszczeń pyłowych z zakładów szczególnie uciążliwych województwa świętokrzyskiego, na terenie którego zlokalizowany jest Świętokrzyski Park Narodowy, w 1998 roku wynosiła 12 tys. ton w tym udział ołowiu stanowił 7 kg a cynku 9 kg. W 2000 roku emisja pyłowa zmniejszyła się do 8,8 tys. ton, udział ołowiu był podobny (6 kg) natomiast ponad dwa razy wzrósł udział cynku wynoszący 24 kg. Emisja dwutlenku siarki z terenu województwa wynosiła w 1998 roku 73,9 tys. ton a w 2000 roku obniżyła się do 48,7 tys. ton (Ochrona Środowiska 1999, 2001).

Według raportu Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Kielcach do największych i szczególnie uciążliwych źródeł emisji w województwie, emitujących co najmniej 200 ton pyłu i 500 ton gazów rocznie, należą Cementownia „Nowiny” S.A i Zakłady Przemysłu Wapienniczego „Truskawica” S.A. w Sitkowie, Cementownie w Ożarowie i Małogoszczy, oraz Kopalnie i Zakłady Chemiczne „Siarkopol” w Grzybowie, Huta „Ostrowiec” S.A. w Ostrowcu Świętokrzyskim oraz Zakłady Metalowe „Mesko” S.A. w Skarżysku Kamiennej. Dużym zagrożeniem dla obszaru Parku może być również Elektrociepłownia Kielce S.A., Miejska Energetyka Ciepła Sp. z o.o. w Ostrowcu Świętokrzyskim i Elektrownia im T. Kościuszki w Połańcu (Raport, 2001). Wydaje się, że wszystkie te zakłady przy sprzyjających warunkach meteorologicznych mogą przyczynić się do pogorszenia stanu powietrza na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego, tym bardziej, że w zakładach w których następuje wzrost działalności gospodarczej następuje również wzrost emisji. Istotny wpływ na stan zanieczyszczenia powietrza, oprócz źródeł lokalnych, mogą mieć również odległe ośrodki miejskie i przemysłowe a więc transgraniczny napływ zanieczyszczeń. Również wyniesienie Świętokrzyskiego PN powyżej 300 m ponad otoczenie powoduje dodatkowo jego ekspozycję na zanieczyszczenia (Kowalkowski, Józwiak, 1999).

Zanieczyszczenie powietrza Stacji Bazowej Św. Krzyż charakteryzujące się stosunkowo wysokimi stężeniami badanych metali i siarki a przede wszystkim ołowiu i cynku (wyższymi aniżeli w 1998 roku) świadczące, jeśli nie o pogorszeniu, to na pewno nie na poprawie stanu środowiska ŚwPN powinno budzić zaniepokojenie lokalnych władz wojewódzkich jak również dyrekcji Świętokrzyskiego PN.

Panujący powszechny optymizm związany z występującym w Polsce trendem obniżania zanieczyszczenia powietrza nie może spowodować braku kontroli stanu środowiska szczególnie obszarów chronionych a zastosowana metoda bioindykacyjna mogłaby być w tym bardzo pomocna.

## 5. Literatura

- Burton M.A.S., 1986: *Biological monitoring of environmental contaminants*. MARC Rep. 32, Monitoring and Assessment Research Centre, King's College London, University of London, London.
- Conti M.E., Cecchetti G., 2001: *Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment – a review*. Environ. Pollut. 114: 471–492.
- De Wit T., 1983: *Lichens as indicators for air quality*. Environ. Monit. Assess. 3: 273–282.
- Fałtynowicz W., 1995: *Wykorzystanie porostów do oceny zanieczyszczenia powietrza*. Centrum Edukacji Ekologicznej Wsi. Krosno.
- Grodzińska K., Szarek G., Godzik B., 1990: *Heavy metal deposition in Polish National Parks: Changes during ten years*. Water, Air Soil Pollut. 49: 409–419.
- Grodziński W., Yorks T.P., 1981: *Species and ecosystem level bioindicators of airborne pollution: an analysis of two major studies*. Water, Air Soil Pollut. 16: 33–53.
- Jones D., Wilson M.J., McHardy W.J., 1991: *Heavy metals lichens*. W: J. G. Farmer (red.). Proc. Inter. Conf. Heavy Metals in the Environment. September 1991, CEP Consultants, Edinburgh, 1: 115–117.
- Kamiński Z. (red.), 1998: *Stan środowiska w Polsce*. Raport PIOŚ. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa.
- Kowalkowski A., Józwiak M., 1999: *Dynamika zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego w latach 1994–1996 w Świętokrzyskim Parku Narodowym*. Materiały X Ogólnopolskiego Sympozjum Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego pt. „Funkcjonowanie i tendencje rozwoju geosystemów Polski ze szczególnym uwzględnieniem parków narodowych”. Kampinoski Park Narodowy, Wojskowa Akademia Techniczna, 36–38.
- Le Blanc F., Rao D.N., 1973: *Effects of sulphur dioxide on lichen and moss transplants*. Ecology. 54: 612–617
- Loppi S., Corsini A., Chiti F., Bernardi L., 1992: *Air quality bioindication by epiphytic lichens in central – northern Italy*. Al-lionia 31: 107–119.
- Martin M.H., Coughtrey P.J., 1982: *Biological monitoring of heavy metals pollution—lead and air*. Appl. Sci. Publ. London
- Nowosielski O., 1968: *Metody oznaczania potrzeb nawożenia*. PWRiL, Warszawa.
- O'Brien D.J., Kaneene J.B., Poppenga R.H., 1993: *The use of mammals as sentinels for human exposure to toxic contaminants in the environment*. Environ. Health Perspect. 99: 351–368.
- Ochrona Środowiska 1999: *Informacje i opracowania statystyczne*. GUS, Warszawa.
- Ochrona Środowiska 2001: *Informacje i opracowania statystyczne*. GUS, Warszawa.
- Pilegaard K., 1979: *Heavy metals in bulk precipitation and transplanted Hypogymnia physodes and Dicranoweisia cirrata in the vicinity of a Danish steelworks*. Water, Air Soil Pollut. 11: 77–91.
- Pilegaard K., Rasmussen L., Gyddesen H., 1979: *Atmospheric background deposition of heavy metals in Denmark monitored by epiphytic cryptogams*. J. Appl. Ecol. 16: 843–853.
- Puckett K.J., 1988: *Bryophytes and lichens as monitors of metal deposition*. Lichens, Bryophytes and Air Quality. Bibl. Lichenol. 30: 231–267.
- Raport 2001: *Stan środowiska w województwie świętokrzyskim w roku 2000*. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Kielce.
- Richardson J., 1995: *Metal uptake in plants*. Water, Air Soil Pollut. 29: 256–267.
- Rühling A., Tyler G., 1973: *Heavy metal deposition in Scandinavia*. Water, Air Soil Pollut. 2: 445–455.
- Sawicka-Kapusta K., Rakowska A., 1993: *Heavy metal contamination in Polish national parks*. Proc. Second European Conference on Ecotoxicology, 11 – 15 May, Amsterdam, The Netherlands. W. Slooff, H. De Kruijff (red.). Sci. Total Environ., Supplement 1993, Part 1: 161–166.
- Sawicka-Kapusta K., Zakrzewska M., Idzi G., Jasińska K., Budka D., Damek M., Gdula-Argasińska J., 1999: *Ocena zanieczyszczenia polskich parków narodowych metalami ciężkimi, przy pomocy porostu Hypogymnia physodes, jako biowskaznika*. Ekspertyza. ZMŚ, INoŚ, Uniwersytet Jagielloński, Kraków.
- Tyler G., 1989: *Uptake, retention and toxicity of heavy metals in lichens*. Water, Air Soil Pollut. 47: 321–333.

## AIR CONTAMINATION IN ŚWIĘTOKRZYSKI NATIONAL PARK ON THE BIOINDICATORS BASE BETWEEN 1991–2001

### Summary

Lichen *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. was used to compare the air pollution in Świętokrzyski National Park in 1991 and 1998 and to estimate the air pollution in the Base Station Św. Krzyż. The data obtained showed decrease in concentrations of most studied metals. Results from 2001 indicate still high amounts of Pb, Zn and S. Basing on Global Pollution Index and Sulphur Index, ŚwNP was estimated as a moderately polluted park.