

OCENA ZANIECZYSZCZENIA ŚRODOWISKA  
METALAMI CIĘŻKIMI  
NA TERENIE PARKU KRAJOBRAZOWEGO  
„PODLASKI PRZEŁOM BUGU”

ELŻBIETA KRÓLAK, GRAŻYNA GOŁUB

Akademia Podlaska, Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska,  
ul. Prusa 12, 08-110 Siedlce

Keywords: heavy metals, falling dust, soil, Dandelion (*Taraxacum officinale* Webb.), Landscape Park „The Podlasie Ravine of the Bug River”

THE ASSESSMENT OF HEAVY METAL POLLUTION OF  
THE ENVIRONMENT IN THE AREA  
OF THE LANDSCAPE PARK „THE PODLASIE  
RAVINE OF THE BUG RIVER”

The eastern area of Poland is the land of great natural worth both on a country and Europe's scale. This area encompasses the valley of the middle-Bug river that is preserved as the Landscape Park.

In this research an attempt was undertaken to assess the heavy metal pollution of the environment in the area of the Landscape Park named „The Podlasie Ravine of the Bug River”. The level of heavy metals in falling dust, soil, and Dandelion (*Taraxacum officinale* Webb.) was being examined in the five localities, situated in the area of the Park. The research showed that none of the mean permissible standard values of the falling dust, Pb, and Cd were outreached; however, it was observed that the fall of Pb was locally higher in relation to the standard Pb fall values in Janów Podlaski.

The concentration level of the elements in the soil equaled the „0” degree of heavy metal pollution of the soils. In the circumstances of the reaction soil about pH 6–7 and low concentrations of the metals in the soil the Cd, Pb elements accumulate in Dandelion in trace quantities. The obtained results indicate that there is no threat whatsoever existing in the shape of the heavy metals in the area of the Landscape Park „The Podlasie Ravine of the Bug River”.

Streszczenie

Wschodnie tereny Polski to obszary cenne przyrodniczo zarówno w skali kraju, jak i Europy. Należy do nich dolina środkowego Bugu, objęta ochroną jako Park Krajobrazowy. W pracy podjęto próbę oceny zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi na terenie Parku

Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu”. Badano zawartość metali w opadających pyłach, glebie i mniszku lekarskim (*Taraxacum officinale* Webb.) w pięciu miejscowościach położonych na terenie parku. Nie odnotowano przekroczeń dopuszczalnych norm średnich rocznych wartości opadu pyłu, ołowiu i kadmu na terenie Parku, chociaż lokalnie w Janowie Podlaskim stwierdzono podwyższony w stosunku do norm opad ołowiu. Zawartość metali w glebach odpowiadała „0” stopniowi zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi. Przy odczynie badanych gleb ok. pH 6–7, niewielkich stężeniach metali w glebie, pierwiastki: Cd i Pb gromadzą się w mniszku lekarskim w ilościach śladowych. Wyniki badań wskazują, że na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” nie występują zagrożenia ze strony metali ciężkich.

## WPROWADZENIE

Wśród głównych zanieczyszczeń środowiska metale ciężkie, obok  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , pyłów, lotnych związków organicznych, stanowią jedno z najpowszechniej występujących rodzajów zanieczyszczeń [7]. Mają one zdolność przemieszczania się między poszczególnymi elementami środowiska. Głównym źródłem metali ciężkich w glebie, wodach i roślinach jest ich depozycja z atmosfery. Metale do powietrza dostają się przede wszystkim z procesów spalania węgla kamiennego [6, 8, 9, 16]. Na terenie Polski bardzo duży udział w zanieczyszczaniu środowiska metalami mają procesy spalania węgla w indywidualnych gospodarstwach domowych. Szacuje się, że z tych źródeł do atmosfery dostaje się około 30% ogólnej emisji Cr, Cu, Pb oraz ponad 40% Zn, Cd, Ni [9].

Zagadnienie skażenia środowiska metalami ciężkimi występuje praktycznie na terenie całej Polski, także na obszarach uznanych za specjalnie chronione. Do obszarów takich zalicza się m.in. parki krajobrazowe [3]. Na terenie województwa mazowieckiego położonych jest 9 parków krajobrazowych. Zajmują one powierzchnię 149 175,8 ha, co stanowi 4,18% powierzchni województwa. Wśród nich znajduje się Park Krajobrazowy „Podlaski Przełom Bugu” [22].

Najcenniejszym pod względem przyrodniczym obszarem parku jest rzeka Bug. Należy ona do największych i najlepiej zachowanych, nie poddanych regulacji rzek nizinnych w Europie. Koryto rzeki o szerokości 100–200 m zachowało naturalny charakter. Cennym zbiorowiskiem na terenie Parku są nadrzeczne łągi wierzbowo-topolowe, które w Europie zostały niemal doszczętnie wykarczowane. Na żyznych glebach doliny Bugu występują także inne lasy liściaste – łągi wiązowo-jesionowe o bardzo bogatym runie. W lasach tych rośnie wiele chronionych i rzadkich gatunków roślin [4]. Na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” stwierdzono obecność 765 gatunków roślin naczyniowych, w tym 18 gatunków roślin zarodnikowych, 5 gatunków nagonasiennych oraz 742 gatunków okrytonasiennych. Występują 34 gatunki drzew, 50 gatunków krzewów i krzewinek oraz 681 gatunków roślin zielnych. Z grup roślin chronionych 36 gatunków objętych jest ochroną ścisłą oraz 16 podlega ochronie częściowej. Bardzo liczną, obejmującą 136 gatunków, grupę stanowią rośliny rzadkie w skali kraju i regionu.

Na obszarze Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” stwierdzono występowanie 290 gatunków zwierząt, reprezentujących 5 gromad kręgowców: ssaki, ptaki, gady, płazy i ryby. Stanowi to 52% bogactwa gatunkowego

krajowej fauny kręgowców, podanego przez Głowacińskiego i in. [5]. Najliczniejsza jest gromada ptaków – stwierdzono 141 gatunków lęgowych, co stanowi 61% bogactwa gatunkowego krajowej awifauny, oraz 62 gatunki nielegowe – przelotne i zimujące. Kolejnymi grupami, odznaczającymi się w skali całej Polski wysokim poziomem bogactwa gatunkowego, są gady (67% krajowej liczby gatunków) oraz płazy (56%). W granicach parku odnotowano 41 gatunków ryb (37% listy krajowej); ponadto wykazano obecność 33 gatunków ssaków, czyli 35% przedstawicieli tej gromady stwierdzonych na obszarze Polski [17].

Na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” nie prowadzono dotychczas badań zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi [26–28, 32]. Biorąc pod uwagę z jednej strony walory przyrodnicze, a z drugiej uwzględniając możliwość zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego metalami ciężkimi z lokalnych gospodarstw domowych rozproszonych w małych miejscowościach położonych na terenie parku, w pracy podjęto próbę oceny zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu”. Oceny tej dokonano opierając się na:

– oznaczeniu ilości opadających pyłów i zawartych w nich metali ciężkich na terenie pięciu miejscowości położonych w granicach Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu”;

– oznaczeniu zawartości metali ciężkich w glebach i roślinie – mniszku lekarskim (*Taraxacum officinale* Webb.), pobranych w punktach pomiaru imisji pyłów.

## METODYKA BADAŃ

### BADANIA TERENOWE, OBIEKT BADAŃ

Park Krajobrazowy „Podlaski Przełom Bugu” leży w granicach administracyjnych województwa mazowieckiego i częściowo lubelskiego. Do 1998 r. park leżał na terenie województwa białskopodlaskiego. Zgodnie z fizjograficznym podziałem Polski [15] park jest położony na wschodnim krańcu Niziny Środkowopolskiej w makroregionie Nizina Południowo-Podlaska. Park został utworzony na podstawie rozporządzenia wojewody białskopodlaskiego z dnia 25 sierpnia 1994 r. Powierzchnia parku wynosi 30 904 ha, otuliny 17 131 ha. Obejmuje on fragment lewobrzeżnej doliny Bugu, od ujścia Krzny do ujścia rzeki Tocznaj. Długość parku w linii prostej wynosi 65 km, przeciętna szerokość w części północnej – 6 km, w części południowej – 3–5 km [17, 22].

Badaniami objęto 5 miejscowości położonych na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu”: Bohukały, Janów Podlaski, Konstantynów, Hołowczyce, Mierzvice (Rys. 1). W miejscowościach tych mieszka od kilkuset do kilku tys. mieszkańców: Bohukały liczą ok. 1000 mieszkańców, Janów Podlaski – ok. 2,5 tys. mieszkańców, Konstantynów – ok. 1450 mieszkańców, Hołowczyce – ok. 500 mieszkańców, w Mierzwicach mieszka ok. 200 mieszkańców [11].

## POBÓR PRÓB

Pyły do badań pobierano w każdej miejscowości w odległości około 300–500 m od budynków opalanych węglem. W Janowie Podlaskim punkt poboru prób usytuowany był w pobliżu ruchliwej drogi, obok stadniny koni. Pyły (suchą i moką depozycję) pobierano do kuwet fotograficznych o wymiarach  $28 \times 35 \times 8$  cm, usytuowanych na wysokości ok. 2,5–3 m nad powierzchnią gruntu. Taki sposób poboru prób jest zalecany m.in. przez CLOR w celu określenia wielkości opadu nuklidów promieniotwórczych [23]. Aby zabezpieczyć pyły przed wywiewaniem, kuwety smarowano bardzo cienką warstwą wazeliny. Osady pobierano wraz z wodą deszczową. Dokonywano tego systematycznie raz na kwartał w okresie od 1 IV 1998 do 31 III 1999 r.

Próby gleb, z terenów nie użytkowanych rolniczo, pobierano z powierzchniowej warstwy gleby, do głębokości ok. 20 cm, w pobliżu miejsc poboru pyłów. Analizowane próby były reprezentatywne dla danego terenu i pochodziły z powierzchni około  $0,5 \text{ km}^2$  z pięciu punktów poboru. Próby gleb pobierano dwukrotnie w czerwcu i październiku 1998 r. w ilości ok. 1 kg.

Równoległe z próbami gleb do badań pobierano mniszek lekarski (*Taraxacum officinale* Webb.). Zbierano części nadziemne oraz korzeń rośliny. Z każdego punktu pomiarowego pobierano po 10 okazów.

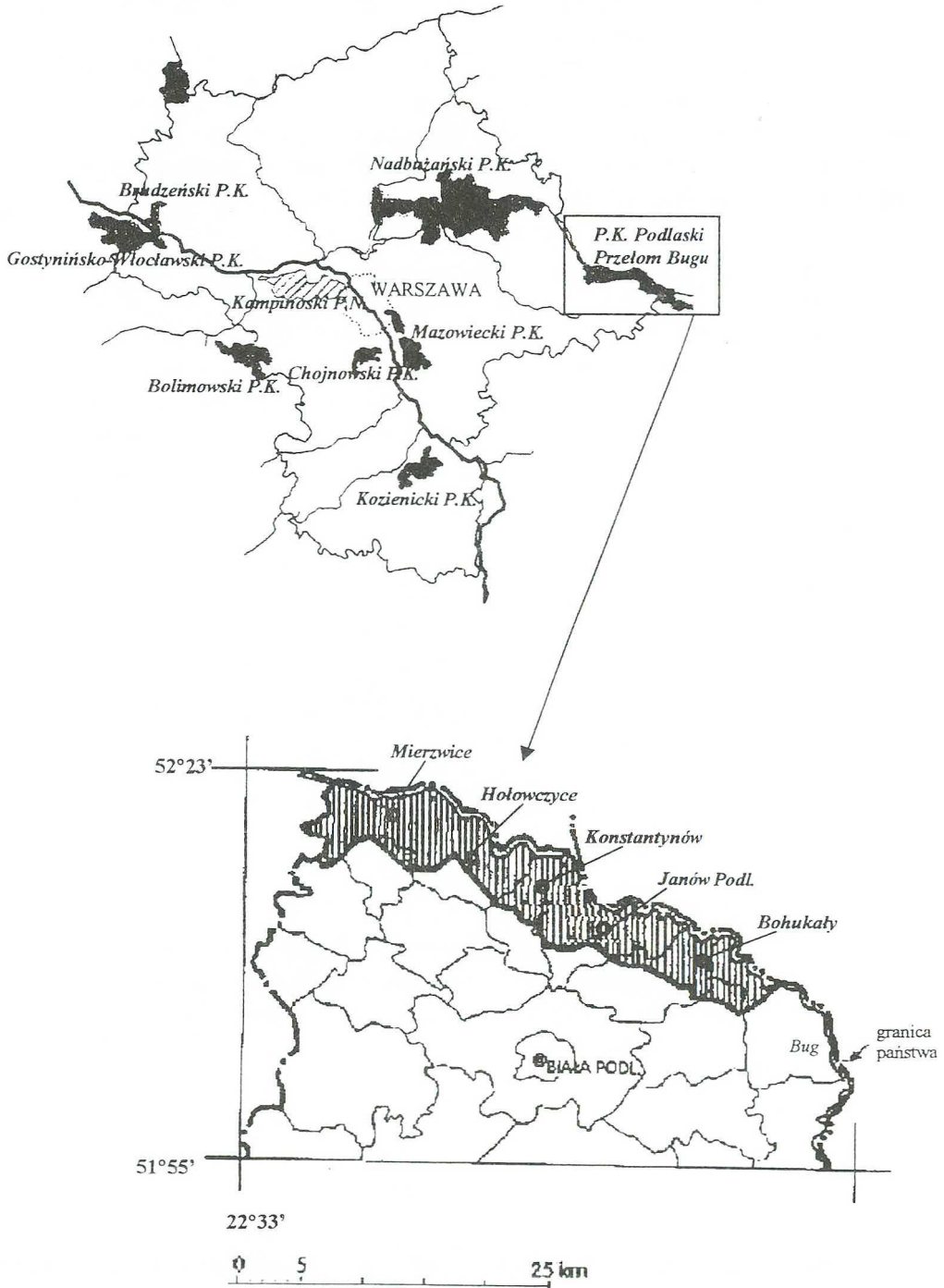
## BADANIA LABORATORYJNE – PRZYGOTOWANIE PRÓB DO ANALIZY

Zebrane próby pyłów, łącznie z wodą deszczową, odparowywano do sucha w parownicy porcelanowej. Następnie próby mineralizowano w piecu muflowym, w temp.  $420^\circ\text{C}$  przez 24 godziny. Zmineralizowane próby ważono, a następnie próby o masie  $\leq 1$  g rozpuszczano w  $2 \text{ cm}^3$  stężonego kwasu azotowego (cz.d.a.) z  $0,5 \text{ cm}^3$  30% wody utlenionej (cz.d.a.). Roztwór sączono do kolb miarowych o pojemności  $50 \text{ cm}^3$ , osad na sączku przemywano na gorąco ok.  $10 \text{ cm}^3$  1M kwasu azotowego i uzupełniano zawartość kolb miarowych wodą destylowaną do kreski.

Zebraną glebę suszono napowietrznie, próby homogenizowano, a następnie odważano 5-gramowe naważki i mineralizowano w piecu muflowym w temp.  $420^\circ\text{C}$  przez 24 godziny. Po mineralizacji próby rozpuszczano podobnie jak osady atmosferyczne.

Liście i korzenie mniszka lekarskiego myto dokładnie wodą destylowaną, suszono napowietrznie. Próby uśredniano, pobierano suchą masę naważek 2-gramowych liści i korzeni. Następnie mineralizowano w piecu muflowym w temp.  $420^\circ\text{C}$  przez 24 godziny. Potem postępowano podobnie jak z próbami osadów i gleb.

W roztworach otrzymanych w wyniku mineralizacji i przeprowadzania związków zawartych w próbach w postaci azotanów liczbę wybranych pierwiastków oznaczono metodą AAS. Oznaczenie metali ciężkich metodą AAS wykonano przy użyciu aparatu firmy Carl Zeiss Jena AAS 30, stosując do analizy płomień typu acetylen–powietrze. W próbach roślin zawartość Cd



Rys. 1. Lokalizacja punktów poboru prób na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu”  
 The location of the sampling stations in the area of the Landscape Park “The Podlasie Ravine of the Bug River”

i Pb analizowano przy użyciu kuwety grafitowej. W próbach pyłów, gleby i roślin analizowano ogólną zawartość metali.

W celu oznaczenia pH gleby odważano próby gleby suchej napowietrznie o masie 10 g, dodawano 25 cm<sup>3</sup> 1 M roztworu KCl i pozostawiano na 24 godziny. Następnie pH-metrem mierzono odczyn roztworu glebowego.

W próbach gleby oznaczano także skład granulometryczny metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego [24].

## OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

Na podstawie masy zebranego pyłu, liczby dni poboru prób, powierzchni kuwety (0,1 m<sup>2</sup>) oraz wyników zawartości metali ciężkich w analizowanych próbach obliczono opad dobowy pyłu, opad dobowy metali na jednostkę powierzchni oraz stężenie metali w opadających pyłach. Wyniki oznaczeń metali w pyłach poddano analizie statystycznej. Obliczono również średnie stężenie pierwiastków w glebie, określono odczyn oraz skład granulometryczny gleb. Określono także stężenie metali w liściach i korzeniu mniszka lekarskiego. Opierając się na wynikach stężeń metali w powietrzu, glebie i mniszku lekarskim obliczono współczynniki wzbogacenia w układzie: liście mniszka/powietrze, korzeń mniszka/gleba oraz powietrze/gleba. W obliczaniu współczynników wzbogacenia korzystano z zależności [2, 13]:

$$EF = \frac{\frac{C_1 Me^{+n}}{C_{1n}}}{\frac{C_2 Me^{+n}}{C_{2n}}}$$

gdzie:

- $C_1 Me^{+n}$  – zawartość badanego pierwiastka w badanym środowisku,
- $C_2 Me^{+n}$  – zawartość badanego pierwiastka w środowisku odnośnikowym,
- $C_{1n}$  – zawartość pierwiastka odnośnikowego w badanym środowisku,
- $C_{2n}$  – zawartość pierwiastka odnośnikowego w środowisku odnośnikowym

przy zastosowaniu Mn jako pierwiastka odnośnikowego.

## WYNIKI BADAŃ

### PYŁY

Średni opad dobowy pyłów na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” wynosił 56,1 (18,7 – 93,7) mg/m<sup>2</sup> (Tab. 1), co w przeliczeniu na opad roczny daje wartość 20,5 g/m<sup>2</sup> i jest niemal dziesięciokrotnie niższy niż NDS, wynoszące 200 g/m<sup>2</sup> × rok [35].

Tabela 1. Opad dobowy pyłów [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ] i metali ciężkich [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” w okresie: 1 IV 1998 – 31 III 1999  
 The daily deposition of falling dust [ $\text{mg}/\text{m}^2$ ] and heavy metals [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] in the area of the Landscape Park “The Podlasie Ravine of the Bug River” in period: 1 IV 1998 – 31 III 1999

	Bohukały	Janów Podlaski	Konstantynów	Hołowczyce	Mierzvice	Średnio Mean
Pyły Dust	93,7 $\pm 79,4$	73,0 $\pm 73,4$	65,2 $\pm 20,1$	30,0 $\pm 16,4$	18,7 $\pm 8,6$	56,1 $\pm 52,7$
Pb	6,4 $\pm 3,3$	305,8 $\pm 422,3$	4,1 $\pm 2,6$	3,6 $\pm 1,6$	3,4 $\pm 0,7$	64,6 $\pm 208,5$
Cd	9,0 $\pm 5,8$	9,3 $\pm 11,2$	1,0 $\pm 0,9$	6,0 $\pm 1,6$	1,0 $\pm 0,3$	5,3 $\pm 6,4$
Cu	1,9 $\pm 0,9$	1,3 $\pm 0,7$	1,0 $\pm 0,7$	14,6 $\pm 27,4$	0,8 $\pm 0,3$	3,9 $\pm 1,2$
Zn	18,5 $\pm 12,0$	47,2 $\pm 33,4$	12,9 $\pm 14,4$	9,7 $\pm 7,9$	6,6 $\pm 2,1$	19,0 $\pm 21,6$
Mn	25,4 $\pm 18,9$	26,1 $\pm 25,2$	4,4 $\pm 3,3$	10,4 $\pm 6,5$	10,8 $\pm 5,4$	15,4 $\pm 15,8$
Fe	860,2 $\pm 514,1$	653,0 $\pm 467,5$	193,1 $\pm 126,4$	391,8 $\pm 321,5$	135,4 $\pm 55,2$	446,7 $\pm 418,4$
Ni	1,1 $\pm 1,1$	1,4 $\pm 1,1$	0,85 $\pm 0,8$	0,6 $\pm 0,3$	1,5 $\pm 1,8$	1,1 $\pm 1,1$
Cr	0,3 $\pm 0,3$	0,6 $\pm 0,7$	0,4 $\pm 0,5$	0,2 $\pm 0,2$	0,3 $\pm 0,2$	0,4 $\pm 0,4$

Tabela 2. Stężenie metali [ $\mu\text{g}/\text{g}$ ] w opadających pyłach na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” w okresie: 1 IV 1998 – 31 III 1999

The concentration of heavy metals in falling dust [ $\mu\text{g}/\text{g}$ ] in the area of the Landscape Park “The Podlasie Ravine of the Bug River” in period: 1 IV 1998 – 31 III 1999

	Bohukały	Janów Podlaski	Konstantynów	Hołowczyce	Mierzvice	Średnio Mean
Pb	116,5 $\pm 54,7$	3 466,3 $\pm 1425,0$	60,1 $\pm 22,7$	135,2 $\pm 75,9$	211,5 $\pm 89,6$	797,9 $\pm 1483,1$
Cd	172,8 $\pm 117,2$	112,4 $\pm 23,7$	15,3 $\pm 9,2$	253,3 $\pm 174,4$	73,8 $\pm 64,7$	125,6 $\pm 121,6$
Cu	36,1 $\pm 17,9$	43,1 $\pm 22,2$	15,2 $\pm 6,2$	36,5 $\pm 10,2$	57,0 $\pm 42,0$	37,6 $\pm 24,9$
Zn	333,6 $\pm 216,1$	879,6 $\pm 469,5$	238,7 $\pm 134,5$	315,7 $\pm 143,7$	463,3 $\pm 363,7$	446,2 $\pm 351,9$
Mn	420,7 $\pm 246,1$	394,4 $\pm 223,7$	63,9 $\pm 29,8$	343,9 $\pm 68,7$	701,0 $\pm 471,0$	384,8 $\pm 311,3$
Fe	15 313,8 $\pm 8066,1$	8440,9 $\pm 5665,0$	2890,7 $\pm 1185,9$	11860,2 $\pm 5100,6$	8257,2 $\pm 8257,2$	9352,6 $\pm 6938,6$
Ni	9,8 $\pm 9,8$	24,3 $\pm 11,9$	13,5 $\pm 14,6$	25,7 $\pm 17,4$	32,3 $\pm 20,3$	21,1 $\pm 15,3$
Cr	6,8 $\pm 6,7$	10,0 $\pm 4,7$	4,9 $\pm 9,0$	5,7 $\pm 4,8$	19,3 $\pm 19,2$	9,3 $\pm 10,7$

## Metale ciężkie w opadających pyłach

Ołów. Średni opad dobowy ołowiu na terenie całego Parku Krajobrazowego wynosił  $64,6$  ( $3,4 - 305,8$ )  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ , co w przeliczeniu na opad roczny stanowi  $23,6$   $\text{mg}/\text{m}^2$  i jest niższy niż NDS. Jedynie w Janowie Podlaskim stwierdzono przekroczenie norm opadu Pb, wynosił on w skali roku  $110,1$   $\text{mg}/\text{m}^2$  [35]. Średnie stężenie ołowiu w opadających pyłach na terenie Parku to  $797,9$  ( $60,1 - 3466,3$ )  $\mu\text{g}/\text{g}$ .

Kadm. Średni opad dobowy kadmu na badanym terenie wynosił  $5,3$  ( $1,0 - 9,3$ )  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ , co jest jednoznaczne z wartością  $1,93$   $\text{mg}/\text{m}^2 \times \text{rok}$ . Na badanym terenie opad Cd był niższy niż NDS, wynoszące  $10$   $\text{mg}/\text{m}^2 \times \text{rok}$  [35]. Średnie stężenie Cd w opadających pyłach w okresie badań na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” wynosiło:  $125,6$  ( $15,3 - 253,3$ )  $\mu\text{g}/\text{g}$ .

Miedź. Opad dobowy miedzi [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ] na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” mieścił się w przedziale wartości:  $0,8 - 14,6$ . Średnia wartość opadu dobowego dla całego Parku to  $3,9$   $\mu\text{g}/\text{m}^2$ . Natomiast średnie stężenie miedzi w opadających pyłach na badanym terenie to  $37,6$  ( $15,2 - 57,0$ )  $\mu\text{g}/\text{g}$ .

Cynk. Średni opad cynku na badanym terenie wynosił  $19,0$   $\mu\text{g}/\text{m}^2 \times \text{doba}$ , zakres mierzonych wartości to:  $6,6 - 47,2$   $\mu\text{g}/\text{m}^2 \times \text{doba}$ . Natomiast średnie stężenie cynku w pyłach opadających na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” wynosiło  $446,2$  ( $238,7 - 879,6$ )  $\mu\text{g}/\text{g}$ .

Mangan. Średni opad dobowy manganu na  $1$   $\text{m}^2$  powierzchni na badanym terenie wynosił  $15,4$  ( $4,4 - 26,1$ )  $\mu\text{g}$ , a średnie stężenie manganu w opadających pyłach na terenie Parku Krajobrazowego wynosiło  $384,8$  ( $63,9 - 701,0$ )  $\mu\text{g}/\text{g}$ .

Żelazo. Spośród oznaczonych pierwiastków największy opad i najwyższe stężenie w pyłach osiągnęło żelazo. Średni opad dobowy żelaza na terenie Parku w okresie badań wyniósł  $446,7$  ( $135,4 - 860,2$ )  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ . Jego koncentracja była na poziomie tysięcy  $\mu\text{g}/\text{g}$ . Wartość średnia dla Parku Krajobrazowego wyniosła  $9352,6$  ( $2890,7 - 15313,8$ )  $\mu\text{g}/\text{g}$ .

Nikiel. Średni opad dobowy niklu wynosił  $1,1$  ( $0,6 - 1,5$ )  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ , a stężenie niklu w pyłach na terenie badań to  $21,1$  ( $9,8 - 32,3$ )  $\mu\text{g}/\text{g}$ .

Chrom. Najniższe stężenie w pyłach i najniższy opad dobowy spośród badanych metali odnotowano dla Cr. Średnie stężenie tego pierwiastka w pyłach na terenie parku wynosiło  $9,3$  ( $4,9 - 19,3$ )  $\mu\text{g}/\text{g}$ , a średni opad dobowy –  $0,4$  ( $0,2 - 0,6$ )  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ .

Odnotowano wysoce istotne statystycznie korelacje ( $n = 20$ ,  $p \leq 0,001$ ) pomiędzy opadem: Mn i Fe ( $r = 0,8915$ ), Mn i Cd ( $r = 0,8817$ ), Mn i Pb ( $r = 0,7023$ ), Mn i pyłów ( $r = 0,7894$ ), Fe i Cd ( $r = 0,8611$ ), Fe i pyłów ( $r = 0,7715$ ), Cd i Pb ( $r = 0,7568$ ), Cd i pyłów ( $r = 0,7917$ ), Pb i Cr ( $r = 0,7436$ ); a także istotne statystycznie zależności ( $n = 20$ ,  $p \leq 0,05$ ) pomiędzy opadem: Mn i Ni ( $r = 0,5178$ ), Fe i Pb ( $r = 0,5003$ ), Fe i Cr ( $r = 0,4930$ ), Cd i Cr ( $r = 0,5818$ ), Pb i pyłów ( $r = 0,5418$ ), Ni i Cr ( $r = 0,6125$ ). Także statystycznie wysoce istotne korelacje ( $n = 20$ ,  $p \leq 0,001$ ) wystąpiły pomiędzy stężeniem w pyłach: Cu i Mn ( $r = 0,8959$ ), Cu i Fe ( $r = 0,6972$ ), Cu i Ni ( $r = 0,6783$ ), Cu i Cr



( $r = 0,8006$ ), Zn i Pb ( $r = 0,7379$ ), Mn i Fe ( $r = 0,6867$ ), Ni i Mn ( $r = 0,6648$ ), Mn i Cr ( $r = 0,7438$ ) oraz istotne statystycznie zależności ( $n = 20$ ,  $p = 0,05$ ) pomiędzy stężeniem Fe i Cd ( $r = 0,5862$ ) i Fe i Cr ( $r = 0,4840$ ) (Tab. 3).

Tabela 3. Współczynniki korelacji między: A – stężeniem pierwiastków w pyłe; B – opadem dobowym pierwiastków/m<sup>2</sup> na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” w okresie: 1 IV 1998 – 31 III 1999

The correlation coefficients between: A – concentration of elements in falling dust; B – daily deposition of elements/m<sup>2</sup> in the area of the Landscape Park “The Podlasie Ravine of the Bug River” in period: 1 IV 1998 – 31 III 1999

A \ B	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe	Ni	Cr
Pb	×			0,7379*				
Cd	0,7568*	×				0,5862**		
Cu			×		0,8959*	0,6972*	0,6783*	0,8006*
Zn				×				
Mn	0,7023*	0,8817*			×	0,6867*	0,6648*	0,7438*
Fe	0,5003*	0,8611*			0,8915*	×		0,4840**
Ni					0,5178**		×	
Cr	0,7436*	0,5818*				0,4930**	0,6125**	×
Pyły Dust	0,5418**	0,7917*			0,7894*	0,7715*		

\*  $p < 0,001$ ,  $n = 20$

\*\*  $p < 0,05$ ,  $n = 20$

#### GLEBA

Wyniki oznaczeń stężeń metali w glebie i odczynu gleby zestawiono w tabeli 4. Średnia zawartość ołowiu w glebie na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” wynosiła 6,9 (2,1–14,7)  $\mu\text{g/g}$ . Spośród badanych metali najniższe średnie stężenie w glebie odnotowano dla kadmu; wynosiło ono 0,18 (0,06–0,32)  $\mu\text{g/g}$ . We wszystkich punktach pomiarowych stężenie miedzi było na poziomie pojedynczych  $\mu\text{g/g}$  i poniżej. Średnie stężenie tego pierwiastka w glebie na terenie Parku Krajobrazowego wynosiło 1,66 (0,63–4,26)  $\mu\text{g/g}$ . Natomiast stężenie cynku w glebie było na poziomie dziesiątek  $\mu\text{g/g}$ . Średnia jego zawartość w glebach to 37,0 (8,3–47,1)  $\mu\text{g/g}$ .

Pierwiastki, które zalicza się do podstawowych składników gleby, to mangan i żelazo. Ich zawartość w glebie była na poziomie setek i tysiąca  $\mu\text{g/g}$ . I tak średnia zawartość manganu w glebach na badanym terenie wyniosła 101,3 (39,5–171,2)  $\mu\text{g/g}$ . Natomiast średnia zawartość żelaza w badanych glebach to 1084,1 (567,9–1617,1)  $\mu\text{g/g}$ .

Tabela 4. Zawartość metali ciężkich w glebie [ $\mu\text{g/g}$ ] oraz odczyn gleby na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu”

The concentration of heavy metals in soil [ $\mu\text{g/g}$ ] and reaction of soil in the area of the Landscape Park “The Podlasie Ravine of the Bug River”

Miejscowość Locality	Pierwiastek Element								
	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Fe	Ni	Cr	pH w KCl
Bohukały	5,1	0,06	0,85	45,8	42,8	567,9	0,35	0,53	6,82
Janów Podlaski	2,1	0,09	0,63	8,3	89,6	961,3	0,75	0,60	6,75
Konstantynów	14,7	0,32	4,26	41,1	171,2	1617,1	1,5	2,99	6,00
Hołowczyce	4,5	0,25	1,24	42,7	39,5	1236,3	0,9	2,03	6,62
Mierzvice	8,3	0,16	1,32	47,13	163,8	1038,1	1,0	0,85	6,39
Średnia $\pm$ SD Mean $\pm$ SD	6,9 $\pm$ 4,8	0,18 $\pm$ 0,15	1,66 $\pm$ 1,47	37,0 $\pm$ 16,2	101,3 $\pm$ 63,6	1084,1 $\pm$ 384,3	0,9 $\pm$ 0,4	1,4 $\pm$ 1,4	

Stosunkowo w niewielkich ilościach występowały w glebie nikiel i chrom. Średnie stężenie niklu na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” wynosiło 0,9 (0,35 – 1,5)  $\mu\text{g/g}$ , a średnie stężenie chromu – 1,4 (0,53 – 2,99)  $\mu\text{g/g}$ .

Odczyn badanych gleb w każdym z punktów pomiarowych był powyżej wartości pH 6,0. Najniższe pH gleby (6,0) stwierdzono w Konstantynowie, a najwyższe w Bohukałach (6,82), w pozostałych punktach badań pH gleb wynosiło: Janów Podlaski 6,75; Hołowczyce 6,62; Mierzvice 6,39. Badane gleby to gleby lekko kwaśne (Konstantynów, Mierzvice) i obojętne (Hołowczyce, Janów Podlaski, Bohukały).

Gleby na terenie parku to gleby piaszczyste. Glebę w Hołowczycach zakwalifikowano jako piasek gliniasty mocny, w Janowie Podlaskim i Konstantynowie jako piasek gliniasty lekki pylasty, w Mierzvicach – jako piasek słabo gliniasty, a w Bohukałach – piasek luźny. Spośród badanych gleb najwięcej frakcji iłu koloidalnego w ilości 3% stwierdzono w glebie pobranej w Konstantynowie, w pozostałych punktach badań frakcja iłu koloidalnego stanowiła 2% części ziemistych. Gleba na terenie Konstantynowa charakteryzowała się również największą zawartością frakcji pyłu, wynoszącą 32% (Tab. 5).

Tabela 5. Skład granulometryczny gleb na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu”  
The granulometric composition in the area of the Landscape Park “The Podlasie Ravine of the Bug River”

Miejscowość Locality	% frakcji granulometrycznych % of granulometric fraction			
	1–0,1	0,1–0,02	< 0,02	< 0,002
Bohukały	79	16	5	2
Janów Podlaski	61	28	11	2
Konstantynów	53	32	15	3
Hołowczyce	65	19	16	2
Mierzvice	73	18	9	2

MNISZEK LEKARSKI (*Taraxacum officinale* Webb.)

Jest rośliną szeroko rozpowszechnioną, stosowaną w ziołolecznictwie [25]. Wykorzystywany jest także jako wskaźnik poziomu metali w środowisku [1, 12, 29, 30]. Zawartość badanych pierwiastków w liściach i korzeniu rośliny zestawiono w tabeli 6.

Stężenie ołowiu w roślinie w większości oznaczeń nie przekroczyło wartości pojedynczych  $\mu\text{g/g}$ . W korzeniu mniszka lekarskiego ołów gromadził się w ilościach średnio:  $0,33 \mu\text{g/g}$ ; zakres mierzonych wartości:  $0,06-0,7 \mu\text{g/g}$ , w liściach zaś średnie stężenie ołowiu wynosiło:  $0,92 (0,5-1,9) \mu\text{g/g}$ . Ilości kadmu w roślinie to dziesiąte i setne części  $\mu\text{g/g}$ . Średnia zawartość w korzeniu to:  $0,06 (0,03-0,1) \mu\text{g/g}$ , a średnia zawartość w liściach:  $0,19 \mu\text{g/g}$  (zakres oznaczonych wartości:  $0,08-0,4 \mu\text{g/g}$ ). Miedź kumulowała się w korzeniu mniszka lekarskiego średnio na poziomie wartości  $4,5 (1,5-11,6) \mu\text{g/g}$ . W liściach osiągnęła, podobnie jak w korzeniu, stężenie  $5,0 (2,2-10,3) \mu\text{g/g}$ . Na poziomie wartości dziesiątek  $\mu\text{g/g}$  występował w korzeniu i liściach rośliny cynk. Średnie stężenie tego pierwiastka w korzeniu to:  $18,2 (12,0-30,5) \mu\text{g/g}$ , a w liściach:  $41,4 (18,7-65,1) \mu\text{g/g}$ . W podobnych stężeniach jak cynk gromadził się w roślinie mangan. Średnie stężenie manganu w korzeniu i w liściach wynosiło odpowiednio:  $14,7 (5,0-28,2) \mu\text{g/g}$  i  $35,7 (12,3-90,9) \mu\text{g/g}$ . Spośród oznaczanych metali w największych stężeniach, zarówno w liściach, jak i w korzeniu, występowało żelazo. Średnia zawartość żelaza w korzeniu mniszka lekarskiego to:  $114,1 (43,9-234,8) \mu\text{g/g}$ , a w liściach:  $282,0 (83,7-758,3) \mu\text{g/g}$ . Średnio na poziomie dziesiątych części  $\mu\text{g/g}$ , tak w liściach, jak i w korzeniu rośliny, gromadziły się nikiel i chrom. Średnia zawartość niklu w korzeniu mniszka to:  $0,45 (0,17-0,70) \mu\text{g/g}$ , a w liściach:  $0,52 (0,28-0,78) \mu\text{g/g}$ . Natomiast średnia zawartość chromu w korzeniach mniszka wynosiła:  $0,68 (0,20-1,67) \mu\text{g/g}$ , a w liściach:  $0,98 (0,05-2,40) \mu\text{g/g}$ . Z zestawień w tabeli 6 widać, że największe stężenie w mniszku lekarskim osiągnęły pierwiastki występujące w największym stężeniu w glebie, tj. żelazo i cynk. W ilościach śladowych natomiast kumulowały się pierwiastki toksyczne, tj. kadm i ołów.

## DYSKUSJA

Z analizy danych zawartych w tabelach 1, 2, 4 i 6 wynika, że na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” nie występują zagrożenia ze strony metali ciężkich. Zawartość oznaczonych metali w pyłach opadających, zgodnie z oczekiwaniami, jest niższa niż wartości stwierdzone na terenie Górnego Śląska (Nowy Bytom) [34], wokół elektrociepłowni i zakładów przemysłowych na terenie Lublina [21], a także niższa niż np. w centrum Siedlec [18] czy Mińska Mazowieckiego [19].

Na terenie parku nie stwierdzono przekroczeń NDS wartości normowanych, tj. opadu pyłów, Pb i Cd. Jedynie lokalnie w Janowie Podlaskim opad

Tabela 6. Stężenie pierwiastków [ $\mu\text{g/g}$ ] w korzeniu i liściach mniszka lekarskiego (*Taraxacum officinale*) na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu”

The concentration of elements [ $\mu\text{g/g}$ ] in root and leaves of Dandelion (*Taraxacum officinale*) in the area of the Landscape Park “The Podlasie Ravine of the Bug River”

Pierwiastek Element	Pb		Cd		Cu		Zn		Mn		Fe		Ni		Cr	
	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L
Bohukały	0,06	0,5	0,03	0,09	1,9	10,3	15,9	35,6	5,0	17,3	43,9	83,7	0,17	0,50	0,20	0,05
Janów Podlaski	0,70	0,5	0,07	0,40	4,9	2,3	30,5	18,7	28,2	12,3	234,8	125,0	0,59	0,60	1,67	0,89
Konstantynów	0,40	1,9	0,06	0,30	11,6	6,9	15,7	65,1	11,8	90,9	88,8	758,3	0,33	0,47	0,38	2,40
Hołowczyce	0,30	0,8	0,10	0,10	2,8	3,4	12,0	43,5	14,6	21,7	131,7	246,2	0,50	0,28	0,37	0,50
Mierzvice	0,20	0,9	0,04	0,08	1,5	2,2	16,8	43,9	13,9	36,3	71,5	196,8	0,70	0,78	0,8	1,06
Średnia $\pm$ SD	0,33	0,92	0,06	0,19	4,5	5,0	18,2	41,4	14,7	35,7	114,1	282,0	0,45	0,52	0,68	0,98
Mean $\pm$ SD	$\pm$ 0,24	$\pm$ 0,58	$\pm$ 0,02	$\pm$ 0,15	$\pm$ 4,16	$\pm$ 3,51	$\pm$ 7,13	$\pm$ 16,74	$\pm$ 8,45	$\pm$ 32,13	$\pm$ 74,60	$\pm$ 273,58	$\pm$ 0,21	$\pm$ 0,18	$\pm$ 0,59	$\pm$ 0,88

K – korzeń (root), L – liście (leaves).

ołowiu w okresie badań był powyżej NDS. Podwyższony w stosunku do innych punktów poboru prób opad ołowiu w Janowie Podlaskim związany jest prawdopodobnie z lokalizacją punktu poboru prób w pobliżu ruchliwej drogi dojazdowej do stadniny koni. Wyniki oznaczeń ołowiu, kadmu i pyłów na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” w porównaniu z danymi z 1997 r. dla innych obszarów chronionych z terenu Polski wskazują, że opad ołowiu i kadmu na badanym terenie jest wyższy niż wartości średnie dla Polski, wynoszące odpowiednio:  $17 \text{ mg/m}^2 \times \text{rok}$  i  $0,9 \text{ mg/m}^2 \times \text{rok}$  [36].

Wysokie wartości współczynników korelacji zdają się wskazywać na te same źródła pierwiastków w atmosferze. Nie można wykluczyć tu znacznego udziału w zanieczyszczeniu tzw. pylenia wtórnego, związanego z unoszeniem cząstek gleby przez wiatr, zwłaszcza że dużo statystycznie istotnych zależności stwierdzono pomiędzy opadem pierwiastków występujących w glebie w najwyższych stężeniach, tj. Mn i Fe, a opadem Cd, Pb, Cr, Ni, a także opadem Mn, Fe i pyłów. Wysoki współczynnik korelacji pomiędzy stężeniem w pyłach Pb i Zn ( $r = 0,7379$ ,  $p = 0,001$ ) zdaje się wskazywać, że źródłem tych metali w opadających pyłach na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” mogą być procesy związane ze spalaniem węgla. Oba te pierwiastki charakteryzują się niskimi temperaturami topnienia [31], osiągają wysokie współczynniki emisji z procesów energetycznych w wyniku spalania węgla kamiennego [8]. Wyższy opad Pb i Zn oraz wyższe ich koncentracje w opadających pyłach w okresie grzewczym stwierdzono na terenach rolniczych byłego województwa siedleckiego [20].

Nie można wykluczyć także napływu na teren parku zanieczyszczeń z obszarów położonych w stosunku do parku na zachód i południowy zachód. Wobec przewagi na terenie województwa mazowieckiego wiatrów z kierunków zachodnich i południowo-zachodnich, wschodnie tereny województwa są szczególnie narażone na zanieczyszczenia napływowe. Wskazują na to także wyniki badań Hryniewicz i Przybylskiej [10]. Autorki te zwróciły uwagę, że północno-wschodnie obszary Polski znajdują się pod wpływem zanieczyszczeń z terenów Europy Zachodniej i południowo-zachodniej Polski.

Spośród oznaczanych pierwiastków najwyższe wartości współczynników wzbogacenia odnotowano dla pierwiastków najbardziej lotnych, tj. Pb i Cd (Tab. 7). Potwierdzać to może przypuszczenie, że metale te przenoszone są z bardzo drobnociarnistymi frakcjami pyłów o wymiarach cząstek  $< 10 \mu\text{m}$  [6, 16]. Pyły drobnociarniste mają bowiem zdolność utrzymywania się w powietrzu kilka – kilkanaście dni [33].

Średnie koncentracje metali w glebie odpowiadają „0” stopniowi zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi [14]. Spośród badanych gleb najwyższe stężenie oznaczanych metali, z wyjątkiem cynku, odnotowano w glebie w Konstantynowie. Wiąże się to prawdopodobnie z największym spośród badanych gleb udziałem frakcji pylastych i ilastych zawartych w glebie. Mimo najwyższego na badanym terenie opadu ołowiu w Janowie Podlaskim, nie odnotowano w tym punkcie podwyższonej w stosunku do innych punktów poboru prób zawar-

tości ołowiu w glebie. Nie odnotowano także statystycznie istotnych korelacji między opadem pyłu a zawartością Pb w glebie oraz stężeniem ołowiu w opadzie i zawartością w glebie.

Wobec faktu, że badane gleby mają odczyn obojętny i lekko kwaśny, nadają się one pod wszystkie uprawy ogrodnicze i rolnicze. Odczyn badanych gleb związany jest z charakterem drzewostanów na terenie Parku Krajobrazowego. Największą powierzchnię (50,3%) zajmuje las mieszany świeży. Znaczny jest udział boru mieszanego świeżego (16,8%) i boru świeżego (15%) oraz lasów łęgowych, olsów i olsów jesionowych [17].

Niski poziom metali ciężkich w glebie, niewielki opad metali na jednostkę powierzchni oraz lekko kwaśny i obojętny odczyn gleb na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” nie stwarzają możliwości dużego pobierania metali ciężkich przez rośliny. Zawartość metali w liściach mniszka lekarskiego znajduje się dla większości oznaczanych pierwiastków na poziomie dolnych wartości podawanych w literaturze jako tło, przy wykorzystaniu mniszka lekarskiego jako bioindykatora w ocenie poziomu zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi [12, 29, 30].

Tabela 7. Współczynniki wzbogacenia w układach powietrze/gleba, liście mniszka/powietrze, korzeń mniszka/gleba na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu”

The enrichment coefficients in relation: air/soil, leaves of dandelion/air, root of dandelion/soil in the area of the Landscape Park “The Podlasie Ravine of the Bug River”

Układ Relation	Miejscowość Locality	Pierwiastek/Element						
		Pb	Cd	Cu	Zn	Fe	Ni	Cr
Powietrze/gleba Air/soil	Bohukały	2,3	293,7	4,3	0,7	2,7	2,8	1,3
	Janów Podlaski	374,7	283,5	15,5	23,9	2,0	7,4	3,8
	Konstantynów	10,9	128,0	95,3	15,5	4,8	12,2	4,4
	Hołowcyce	3,4	116,5	3,4	0,8	1,0	3,1	0,3
	Mierzvice	5,9	107,4	10,0	2,3	1,8	7,4	5,2
	Średnia/Mean	79,4	185,8	25,9	7,5	2,5	6,6	13,0
Liście mniszka /powietrze Leaves/air	Bohukały	0,10	0,01	6,9	2,6	0,14	1,2	0,2
	Janów Podlaski	0,005	0,11	1,7	0,7	0,47	1,4	2,8
	Konstantynów	0,022	0,01	0,03	0,2	0,18	0,02	0,3
	Hołowcyce	0,09	0,006	1,47	2,2	0,33	0,2	1,4
	Mierzvice	0,08	0,02	1,13	1,8	0,46	0,5	1,0
	Średnia/Mean	0,06	0,03	2,2	1,5	0,3	0,6	1,1
Korzeń mniszka /gleba Root/soil	Bohukały	0,12	4,4	5,8	2,9	0,66	4,2	3,2
	Janów Podlaski	1,00	2,4	25,7	11,6	0,77	2,5	8,8
	Konstantynów	0,39	2,7	49,5	1,3	0,79	3,2	1,8
	Hołowcyce	0,18	1,0	0,7	0,8	0,73	1,5	0,5
	Mierzvice	0,28	2,9	13,8	1,2	0,81	8,2	11,1
	Średnia/Mean	0,39	2,6	19,1	3,5	0,75	3,9	5,0

Większość pierwiastków osiągała bardzo niskie współczynniki wzbogacenia w układzie liście mniszka/powietrze. Praktycznie we wszystkich punktach pomiarowych Pb i Cd osiągnęły współczynnik wzbogacenia  $< 1$ , średnia wartość współczynników wzbogacenia dla Cu, Zn i Cr mieściła się w zakresie wartości: 1,1 – 2,2. Zatem możliwości włączania metali ciężkich do roślin poprzez wchłanianie ich z powietrza w środowisku, gdzie opad metali jest niski, wydają się niewielkie. Zdecydowanie wyższe wartości współczynników wzbogacenia odnotowano w układzie korzeń mniszka/gleba dla Cd, Cu, Zn, a także dla Cr i Ni. W większości analiz współczynniki wzbogacenia były  $> 1$ . Wysokie współczynniki w układzie korzeń/gleba dla Cu, Ni stwierdzono także na terenie Mińska Mazowieckiego [19]. Na fakt wyższych współczynników wzbogacenia w układzie korzenie roślin/gleba zwrócili uwagę m.in. Burczyk i in. [2]. Najmniejsze współczynniki wzbogacenia w układzie korzeń mniszka lekarskiego/gleba stwierdzono dla Fe i Pb. Oznacza to, że pierwiastki te są słabo pobierane przez mniszek lekarski, zarówno systemem korzeniowym, jak i przez liście. Natomiast korzeń mniszka bogaty jest w mikroelementy, m.in. Cu, Zn.

## WNIOSKI

1. Na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” nie odnotowano przekroczeń opadu Pb, Cd i pyłów ujętych w normy, z wyjątkiem Janowa Podlaskiego, gdzie stwierdzono nieznaczne przekroczenia norm opadu Pb.

2. Duża liczba statystycznie istotnych korelacji pomiędzy opadem metali oraz ich stężeniem w pyłach wskazuje na te same źródła metali w powietrzu.

3. Wysokie współczynniki wzbogacenia opadających pyłów w takie pierwiastki, jak: Pb, Cd, Cu, Ni, Cr wskazują, że metale te unoszone są do atmosfery głównie z aerozolami.

4. Zawartość metali ciężkich w glebach na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu” odpowiada „0” stopniowi zanieczyszczeń gleb.

5. Przy pH gleb ok. 6–7 oraz niewielkich stężeniach metali ciężkich w glebie nie ma obawy włączania do roślin poprzez system korzeniowy metali toksycznych (Pb i Cd); wskazują na to wyniki zawartości tych metali w korzeniu mniszka lekarskiego.

6. Wysokie współczynniki wzbogacenia w układzie korzeń mniszka lekarskiego/gleba dla pierwiastków: Cu, Ni, Zn, Cr wskazują, że korzeń mniszka jest bogatym źródłem mikroelementów.

7. Na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu”, wobec niewielkich stężeń metali w opadających pyłach oraz ich niewielkiego opadu powierzchniowego, możliwe jest zbieranie roślin leczniczych na potrzeby ziołolecznictwa bez obawy nadmiernego pobierania metali toksycznych.

## LITERATURA

- [1] Borowska K.: *Zawartość selenu w różnych częściach lucerny i mniszka lekarskiego z plantacji lucernianych założonych na trzech typach gleb*, Roczniki Gleboznawcze, **47**, 3/4, 239–245 (1996).
- [2] Burczyk J., D. Wiechuła, J. Mirosławski, E. Dorda, A. Pauksztó, R. Rochel, J. Kwapuliński: *Kontaminacja roślin w zasięgu emisji przemysłowej na przykładzie Cieszyńska*, Ochr. Powiet. i Probl. Odpadów, **3** (161), 124–127 (1994).
- [3] Dziennik Ustaw Nr 114, Poz. 492, Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, Ustawa o Ochronie Przyrody z dn. 16 X 1991.
- [4] Dziennik Ustaw Nr 41, Poz. 214, Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dn. 6 IV 1995, w sprawie ochrony gatunkowej roślin.
- [5] Głowaciński Z., M. Bioniek, A. Dyduch, R. Getrychowa, Z. Jakubiec, A. Kosiór, M. Zemanek: *Stan fauny kręgowców i wybranych bezkręgowców Polski – wykaz gatunków, ich występowanie, zagrożenia i status ochrony*, Studia Naturae, Ser. A, **21**, 1–1/63 (1980).
- [6] Głowiak B., J.M. Pacyna: *Obieg metali śladowych w procesie spalania węgla w elektrowniach*, Ochr. Powiet. i Probl. Odpadów, **1**, 16–21 (1981).
- [7] GUS – Główny Urząd Statystyczny, *Ochrona Środowiska. Informacje i opracowania statystyczne*, Warszawa 1999.
- [8] Hławiczka S.: *Emisja metali do powietrza z procesów energetycznego wykorzystania paliw w Polsce. Cz. I. Spalanie węgla kamiennego*, Ochr. Powiet. i Probl. Odpadów, **6** (164), 143–145 (1994).
- [9] Hławiczka S.: *Ocena emisji metali do powietrza z obszaru Polski. Cz. II. Emisje w latach 1980–1995*, Arch. Ochr. Środ., **24** (4), 91–108 (1998).
- [10] Hryniewicz R., G. Przybylska: *Actual and predicted air pollution and deposition rates of pollutants in north eastern Poland*, Ekol. Pol., **41** (1/2), 75–104 (1993).
- [11] Informacja ustna: Urząd Gminy Janów Podlaski, Konstantynów; mieszkańcy wsi: Bohukały, Hołowczyce, Mierzvice.
- [12] Kabata-Pendias A., S. Dudka: *Dandelion (Taraxacum officinale) as a convenient indicator of metal pollution*, J. Geochem. Health, **13**, 108–113 (1991).
- [13] Kabata-Pendias A., H. Pendias: *Biogeochemia pierwiastków śladowych*, PWN, Warszawa 1993.
- [14] Kabata-Pendias A., M. Piotrowska, T. Motowicka-Terelak, B. Maliszewska-Kordybach, K. Filipiak, A. Krakowiak, C. Pietruch: *Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 1994.
- [15] Kondracki J.: *Geografia fizyczna Polski*, PWN, Warszawa 1988.
- [16] Koniecznyński J., T. Kaczyńska, J. Tarkowski: *Występowanie metali śladowych we frakcjach ziarnowych popiołów lotnych emitowanych z elektrowni*, Ochr. Powiet. i Probl. Odpadów, **5–6**, 128–133 (1981).
- [17] Kot H. (red.): *Informator przyrodniczy województwa białkopodlaskiego*, Siedlce 1997.
- [18] Królak E., A. Woźna, K. Syrocka: *Monitoring opadających pyłów i metali ciężkich w Siedlcach w roku 1995*, Chemia i Inżynieria Ekologiczna, **4** (1), 65–81 (1997).
- [19] Królak E., M. Kruszewska: *Charakterystyka ekotoksykologiczna środowiska na terenie Mińska Mazowieckiego*, Chemia i Inżynieria Ekologiczna, **5** (11), 994–1003 (1998).
- [20] Królak E.: *Metale ciężkie w pyłach opadających na terenach rolniczych byłego województwa siedleckiego*, Chemia i Inżynieria Ekologiczna, **6**, 497–504 (1999).
- [21] Kukier U.: *Metale ciężkie w atmosferze i glebach Lublina*, Arch. Ochr. Środ., **2**, 117–138 (1991).
- [22] Lewandowski D.: *Mazowieckie Parki Krajobrazowe*, Zarząd Mazowieckiego i Chojnowskiego Parku Krajobrazowego, Warszawa 1999.



- [23] *Metoda pomiaru globalnej aktywności beta opadu całkowitego*, Centralny Ośrodek Pomiarów Skażeń Promieniotwórczych, Warszawa 1977.
- [24] Ostrowska A., S. Gawliński, Z. Szczubińska: *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*, Katalog Instytutu Ochrony Środowiska, Warszawa 1991.
- [25] Poprzęcki W.: *Zioloлецznictwo*, Spółdzielnia Agencji Reklamowej „Spar”, Warszawa 1989.
- [26] Raport o stanie środowiska w województwie białskopodlaskim w 1994 r., Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska i Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Białej Podlaskiej, 1995.
- [27] Raport o stanie środowiska w województwie białskopodlaskim w 1996 r., Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska i Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Białej Podlaskiej, 1997.
- [28] Raport Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Warszawie, Stan Środowiska w Województwie Mazowieckim, Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa 1999.
- [29] Rule J. H.: *Use of small plants as phytomonitors with emphasis on the common dandelion Taraxacum officinale*, [in:] Adriano D.C., Z. Chen, S. Yang: *Biogeochemistry of Trace Elements*, Environ. Geochem. Health, Special Issue, 16, 1994.
- [30] Rule J. H.: *Site investigations for inorganic element contamination utilizing selective soil extractions and phytomonitors*, [in:] *Materiały z II Międzynarodowej Konferencji IOŚ*, Warszawa 1997.
- [31] *Słownik chemiczny*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1974.
- [32] Stan czystości powietrza w woj. białskopodlaskim, 1996, Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska i Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Białej Podlaskiej, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Biała Podlaska 1997.
- [33] Warych J.: *Zanieczyszczenie powietrza cząstkami aerozolowymi i wynikające stąd problemy*, Ochr. Powiet. i Probl. Odpadów, 3, 93–97 (1999).
- [34] Wiechuła D., J. Mirosławski, J. Kwapuliński, B. Swoboda, J. Manderka: *Biomarkery w toksykologii środowiskowej*, [in:] *Materiały II Konf. Biologiczne Monitorowanie Skażenia Środowiska*, Kazimierz Dolny 1996.
- [35] Załącznik do Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dn. 28 IV 1998 (Dz.U. Nr 55, poz. 355).
- [36] *Zanieczyszczenie powietrza w Polsce w latach 1996–1997*, Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Państwowa Inspekcja Sanitarna, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 1998.

Wpłynęło: 3 kwietnia 2000, zaakceptowano do druku: 8 września 2000.