

**Elżbieta BIERNACKA¹, Jacek BOROWSKI², Ilona MAŁUSZYŃSKA¹,
Marcin J. MAŁUSZYŃSKI¹**

¹Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW
Department of Hydraulic Engineering and Environmental Recultivation WAU

²Katedra Ochrony Środowiska SGGW
Department of Environmental Protection WAU

Chrom, nikiel i ołów w wierzchniej warstwie gleb aglomeracji warszawskiej^{*}

Chromium, nickel and lead content in upper layer of soils of Warsaw agglomeration

Słowa kluczowe: chrom, nikiel, ołów, aglomeracja miejska

Key words: chromium, nickel, lead, urban agglomeration

Wprowadzenie

Liczne badania (Fortuna 1992, Czarnowska 1997, Biasioli i in. 2006, Chen i in. 2005) wskazują na negatywny wpływ aglomeracji miejskiej na właściwości fizyczno-chemiczne gleb tych obszarów, a w szczególności na nadmierną kumulację metali ciężkich w wierzchnich warstwach gleb. W ostatnich latach obserwuje się zmniejszanie zawartości ołowiu w glebach, co może być spowodowane zaprzestaniem stosowania czteroetylku ołowiu do wzbogacania paliw i w związku z tym zmniejszeniem emisji tego metalu.

Określenie ilości chromu, niklu i ołowiu w wierzchniej warstwie (0,00–0,20 m) gleb wybranych powierzchni aglomeracji warszawskiej i terenu antropogenicznie niezmiennego miało na celu stwierdzenie różnic zawartości badanych pierwiastków i porównanie ze standardami jakości gleb.

Materiał i metody

Materiał glebowy do analiz pobrano w 2004 roku z wierzchnich warstw (0,00–0,20 m) gleb Warszawy i okolic. Materiał odniesienia dla terenów zurbanizowanych stanowiły próbki z Lasu Kabackiego.

Badaniami objęto wierzchnie warstwy (0,00–0,20 m) gleb z pasów zieleni wzdłuż ulic: Dolina Służewiecka, Sikor-

^{*}Badania wykonano w ramach projektu nr 3P04G05324 finansowanego przez KBN.

skiego, Czarnomorska, Ostrobramska, Abrahama, Umińskiego, Cynamonowa oraz w miejscowościach Koczargi i Kiełpin.

Na obszarze badawczym wyznaczono 50 powierzchni o wymiarach $1,5 \times 1,5$ m. Z każdej powierzchni pobrano po 10 próbek, które wymieszano i do analiz fizyczno-chemicznych pobrano dwukilogramową próbkę średnią.

Wykonano następujące oznaczenia:

- skład granulometryczny metodą Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego,
- odczyn gleby (pH) metodą potencjometryczną,
- zawartość substancji organicznej (S_{org}) metodą ubytku masy podczas wyżarzania,
- kwasowość hydrolityczna (H_h) metodą Kappena,
- suma zasadowych kationów wymiennych (S) metodą Kappena,
- przewodność elektryczna (EC) metodą potencjometryczną,
- zawartość chromu (Cr), niklu (Ni) i ołowiu (Pb) metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej.

Ocenę zawartości badanych metali wykonano na podstawie standardów jakości gleb oraz standardów jakości ziemi zawartych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku (DzU 165, poz. 1359).

Wyniki i dyskusja

Większość próbek gleb pobranych z całego obszaru badawczego charakteryzowała się przewagą frakcji piasku, zawierającą się w przedziale od 44 do 83% (tab. 1).

Odczyn gleby pH mierzony w roztworze $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KCl nie wykazywał znacznego zróżnicowania na badanym obszarze i wahał się od 4,75 do 7,25 w glebach terenów zurbanizowanych, natomiast w glebach obszaru odniesienia (Las Kabacki) znajdował się w przedziale od 4,04 do 7,08 (tab. 1).

Kwasowość hydrolityczna wierzchnich warstw gleb wybranych terenów miasta zawierała się w przedziale wartości od $0,81$ do $3,33 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$, jedynie próbka nr 18 pobrana w miejscowości Kiełpin wykazywała wyższą od pozostałych próbek kwasowość hydrolityczną – $4,13 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$. Kwasowość hydrolityczna gleb z obszaru odniesienia (Las Kabacki) była nieco wyższa i mieściła się w przedziale od $1,06$ do $4,80 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$.

Oznaczone sumy zasadowych kationów wymiennych, niezależnie od terenu badań, charakteryzowały się dużym zróżnicowaniem. Sumy zasadowych kationów wymiennych zawierały się w zakresie od $1,46$ do $32,18 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$.

Substancja organiczna we wszystkich badanych glebach stanowiła od 2,0 do 8,5%.

Przewodność elektryczna mieściła się w przedziale od $0,32$ do $1,68 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$, co pozwoliło zakwalifikować te gleby do grupy niezasolonych.

Zgodnie ze standardami jakości gleb oraz standardami jakości ziemi zawartymi w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku (DzU 165, poz. 1359), gleby Lasu Kabackiego zakwalifikowano do grupy A (gleby obszarów poddanych ochronie). Pozostałe gleby zakwalifikowano do grupy C (gleby terenów komunikacyjnych).

TABELA 1. Właściwości fizyczno-chemiczne wierzchnich warstw gleb
 TABLE 1. Physicochemical properties of upper layer of soils

Numer próby Sample number	Procent frakcji o średnicy w mm Percent of fraction of diameter in mm			pH	S	H _h	T = S + H _h	S _{org}	EC
	1,0-0,1	0,1-0,02	< 0,02						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Las Kabacki / Kabacki Forest									
1	42	40	18	5,72	4,65	2,32	6,97	4,3	0,57
2	41	39	20	4,18	1,46	4,80	6,26	3,8	0,41
3	40	40	20	4,04	3,05	3,84	6,89	2,3	0,39
4	44	39	17	5,88	7,03	2,40	9,43	2,5	0,45
5	52	31	17	7,08	21,21	1,06	22,27	3,4	0,73
Dolina Służewiecka									
6	50	33	17	7,14	20,95	1,24	22,19	4,4	0,92
7	58	26	16	7,24	16,96	1,17	18,13	4,4	0,81
8	51	30	19	7,00	20,25	1,63	21,88	6,9	0,97
9	52	29	19	7,22	27,25	1,28	28,53	8,2	0,97
10	49	31	20	7,23	32,18	1,28	33,46	8,5	0,98
ul. Sikorskiego / Sikorskiego Street									
11	58	30	12	7,47	27,16	0,94	28,10	5,3	0,69
12	58	28	14	6,73	11,95	2,01	13,96	4,4	0,69
13	42	41	17	6,88	13,62	1,52	15,14	5,6	0,64
14	79	13	8	7,34	14,46	0,88	15,34	2,9	0,74
15	75	16	9	7,41	10,15	0,96	11,11	4,3	0,80

TABELA I, cd.
TABLE I, cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kielpin									
16	55	29	16	5,36	4,9	3,33	8,23	3,4	0,39
17	69	18	13	4,76	2,15	3,28	5,43	3,3	0,39
18	73	16	11	4,75	4,62	4,13	8,75	3,9	0,39
19	80	9	11	4,84	3,00	2,63	5,63	2,4	0,32
20	70	17	13	6,40	8,64	1,65	10,29	2,4	0,47
ul. Czarnomska / Czarnomska Street									
21	69	20	11	6,58	15,94	1,50	17,44	5,3	0,42
22	73	18	9	6,74	12,75	1,39	14,14	3,9	0,49
23	68	21	11	6,63	15,05	1,78	16,83	4,3	0,54
24	69	16	15	6,70	13,18	1,63	14,81	4,4	0,48
25	70	17	13	6,60	13,48	1,80	15,28	5,4	0,65
Koczargi									
26	59	31	10	6,68	14,54	1,35	15,89	7,8	0,53
27	65	27	8	6,63	16,90	0,94	17,84	5,3	0,55
28	77	18	5	6,05	3,13	1,69	4,82	2,0	0,36
29	79	16	5	5,85	4,14	1,68	5,82	3,4	0,33
30	69	23	8	6,00	9,75	2,23	11,98	4,4	0,46
ul. Ostrobramska / Ostrobramska Street									
31	62	24	14	6,07	13,25	2,48	15,73	6,8	0,58
32	79	13	8	6,38	7,04	1,75	8,79	3,8	1,02
33	72	17	11	6,00	5,62	1,78	7,40	2,9	0,85
34	82	11	7	6,85	15,62	0,81	16,43	2,9	0,62
35	78	13	9	7,04	27,01	0,95	27,96	8,2	0,72

ul. Abraham / Abraham Street										
36	32	42	26	7,05	20,37	1,34	21,71	7,7	1,33	
37	34	42	24	6,91	22,48	2,11	24,59	7,8	1,68	
38	32	42	26	6,55	14,48	1,66	16,14	6,3	0,79	
39	33	38	29	6,51	20,56	1,61	22,17	4,4	0,83	
40	29	35	36	6,48	17,08	1,69	18,77	5,3	0,64	
ul. Umińskiego / Umińskiego Street										
41	63	22	15	7,20	17,36	1,02	18,38	4,9	1,06	
42	47	33	20	6,95	20,19	1,48	21,67	4,8	1,44	
43	41	33	26	6,65	17,87	1,31	19,18	6,4	0,88	
44	65	20	15	6,75	16,04	1,41	17,45	3,9	1,15	
45	72	16	12	6,65	18,65	0,92	19,57	2,9	0,72	
ul. Cynamonowa / Cynamonowa Street										
46	62	22	16	7,08	19,90	1,35	21,25	5,9	0,81	
47	53	31	16	6,78	14,87	1,67	16,54	7,9	0,96	
48	52	32	16	6,79	14,49	1,16	15,65	6,3	1,03	
49	47	35	18	6,83	12,79	0,99	13,78	4,8	0,85	
50	47	36	17	6,98	13,73	1,39	15,12	6,8	0,86	

Oznaczenia / Explanations:

Hh – kwasowość hydrolityczna / hydrolytic acidity,

S – suma zasadowych kationów wymiennych / sum of exchangeable cations,

T – pojemność sorpcyjna / CEC,

S_{org} – zawartość substancji organicznej / organic matter content,

EC – przewodność elektrolityczna / electro conductivity.

Zawartość chromu oznaczona w wierzchniej warstwie gleb Lasu Kabackiego wahała się między 11,0 a 19,0 mg Cr·kg⁻¹ (tab. 2) i była znacznie mniejsza od wartości dopuszczalnej wynoszącej 50,0 mg Cr·kg⁻¹ (DzU 165, poz. 1359). Większe zawartości tego pierwiastka stwierdzili Paterson i inni (1996) w parkach Aberdeen, jak również Biasioli i inni (2006), prowadzący badania w okolicach Turynu.

Wierzchnie warstwy (0,00–0,20 m) gleb z miejscowości Koczargi i Kiełpin odznaczały się zbliżoną do oznaczonej w Lesie Kabackim zawartością chromu (8,0–27 mg Cr·kg⁻¹). Wierzchnie warstwy gleb z pozostałych terenów badań charakteryzowała większa w porównaniu do Lasu Kabackiego zawartość tego pierwiastka (9,0–53 mg Cr·kg⁻¹). Kumulacja chromu w próbkach z terenu Warszawy i okolic była znacznie mniejsza od dopuszczalnej (500 mg Cr·kg⁻¹, DzU 165, poz. 1359). Porównywalne zawartości w glebach aglomeracji miejskich stwierdzili Pichtel i inni (1997) oraz Paterson i inni (1996), podczas gdy Biasioli i inni (2006) zawartości kilkakrotnie większe.

W wierzchnich warstwach (0,00–0,20 m) gleb Lasu Kabackiego znajdowało się od 5,0 do 7,0 mg Ni·kg⁻¹ (tab. 2). Wartości te są znacznie mniejsze od uznawanych za dopuszczalne (35,0 mg Ni·kg⁻¹), zgodnie z polskimi standardami jakości gleb, jak również w porównaniu do wyników innych autorów zajmujących się parkami miejskimi (Paterson i in. 1996, Biasioli i in. 2006).

Pozostałe tereny badań charakteryzowała również, nieprzekraczająca dopuszczalną, zawartość niklu (300 mg Ni·kg⁻¹) i mieszcząca się w przedziale od 4,0 do 27,0 mg Ni·kg⁻¹. Zbliżone wartości

podali Paterson i inni (1996) oraz Chen i inni (2005), natomiast badania Biasioli i inni (2006) wskazały na znacznie większą kumulację niklu w wierzchnich warstwach gleb miejskich Turynu.

Wierzchnie warstwy (0,00–0,20 m) gleb Lasu Kabackiego zawierały od 12,0 do 22,0 mg Pb·kg⁻¹ (tab. 2), co nie przekracza zawartości dopuszczalnej, wynoszącej 50,0 mg Pb·kg⁻¹. Przedstawione powyżej wartości były zbliżone do podanych przez Czarnowską (1997), Biasioli i innych (2006), natomiast niższe od wyników Patersona i innych (1996).

Największa zawartość ołowiu w glebach z terenu Warszawy i okolic została stwierdzona w próbce pobranej przy ulicy Sikorskiego i wynosiła 124 mg·kg⁻¹ i była mniejsza od dopuszczalnej wartości (600 mg·kg⁻¹, DzU 165 poz. 1359). Badania prowadzone przez wiele zespołów (Paterson i in. 1996, Czarnowska 1997, Pichtel i in. 1997, Chen i in. 2005, Licznar i Licznar 2005, Biasioli i in. 2006) wskazują na znaczne zróżnicowanie zawartości ołowiu w wierzchnich warstwach gleb miejskich, jednakże w każdym badanym przypadku były to wartości większe od wyników zawartych w niniejszej publikacji.

Można przypuszczać, że zmniejszenie się zawartości ołowiu w glebach aglomeracji miejskiej spowodowane jest niską emisją tego metalu po zastosowaniu paliwa bezołowiowego.

Wnioski

Wyniki badań pozwalają na stwierdzenie, że:

1. Nagromadzenie ołowiu, niklu i chromu w wierzchniej (0,00–0,20 m)

TABELA 2. Zawartość chromu, niklu i ołowiu w wierzchnich warstwach gleb
 TABLE 2. The content of chromium, nickel and lead in upper layer of soils

Numer próby Sample number	Cr	Ni	Pb	Numer próby Sample number	Cr	Ni	Pb
	mg·kg ⁻¹				mg·kg ⁻¹		
Las Kabacki / Kabacki Forest				Koczargi			
1	11	7	12	26	11	7	18
2	12	5	19	27	12	9	21
3	19	6	16	28	13	5	18
4	12	7	22	29	9	4	26
5	17	7	13	30	8	10	32
Dolina Służewiecka				ul. Ostrobramska / Ostrobramska Street			
6	16	10	115	31	15	9	67
7	18	8	55	32	17	5	67
8	53	25	47	33	13	8	59
9	20	10	44	34	9	5	34
10	23	12	44	35	24	17	92
ul. Sikorskiego / Sikorskiego Street				ul. Abrahama / Abrahama Street			
11	25	12	124	36	33	20	19
12	13	5	35	37	37	22	30
13	20	12	105	38	33	20	15
14	19	9	94	39	33	21	16
15	14	7	47	40	45	27	17
Kielpin				ul. Umińskiego / Umińskiego Street			
16	16	8	15	41	44	24	29
17	10	6	15	42	31	19	30
18	12	5	14	43	33	20	20
19	9	6	10	44	22	12	29
20	27	8	22	45	18	10	24
ul. Czarnomorska / Czarnomorska Street				ul. Cynamonowa / Cynamonowa Street			
21	17	10	49	46	16	9	34
22	13	7	39	47	14	7	20
23	28	10	42	48	15	6	20
24	15	9	38	49	16	8	26
25	11	7	24	50	17	9	45

- warstwie gleb aglomeracji warszawskiej jest znacznie większe niż obszaru referencyjnego.
- Nie ma przekroczenia maksymalnych wartości uznanych za dopuszczalne, zawartych w standardach jakości gleby, wszystkich badanych metali ciężkich.
 - Zasolenie wierzchniej warstwy gleb obszaru aglomeracji warszawskiej jest wyższe niż terenu uznawanego za niezmienny antropopresją.

Literatura

- BIASIOLI M., BARBERIS R., AJMONE-MAR-SAN F. 2006: The influence of a large city on some soil properties and metal content. *Sci. Total Environ.* 356: 154–164.
- CHEN T.B., ZHENG Y.M., LEI M., HUANG Z.CH., WU H.T., CHEN H., FAN K.K., YU K., WU X., TIAN Q.Z. 2005: Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. *Chemosphere.* 60: 542–551.
- CZARNOWSKA K. 1997: Poziom niektórych metali ciężkich w glebach i liściach drzew miasta Łodzi. *Roczn. Glebozn.* XLVIII, 3/4: 49–61.
- FORTUNA W. 1992: Międzynarodowe kolokwium na temat warunków życia w mieście. *Ogrodnictwo* 5: 25–27.
- LICZNAR S.E., LICZNAR M. 2005: Oddziaływanie aglomeracji miejskiej Wrocławia na poziomy próchniczne gleb Parku Szczytnickiego. *Roczn. Glebozn.* LVI, 1/2: 113–118.
- PATERSON E., SANKA M., CLARK L. 1996: Urban soils as pollutant sinks – a case study from Aberdeen, Scotland. *Applied Geochemistry* 11: 129–131.
- PICHTEL J., SAWYERR H.T., CZARNOWSKA K. 1997: Spatial and temporal distribution of metals in soils in Warsaw, Poland. *Environmental Pollution* 98. 2 :169–174.
- Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku (DzU 165 poz. 1359) w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi.

Summary

Chromium, nickel and lead content in upper layer of soils of Warsaw agglomeration. Results of domestic and foreign research are showing the negative influence of urban agglomerations on physicochemical properties of urban soils particularly for the accumulation of heavy metals. The aim of research was determining differences of chromium, nickel and lead contents in upper layer of soils from agglomeration of Warsaw and area regarded as anthropogenically unchanged and comparing with permissible values stated in standards of the soils quality. Results of the research are pointing both the bigger the content of chromium, nickel and lead as well as salinity in upper layer of soils of Warsaw agglomeration in comparing to area of Kabacki Forest. Maximum value of examined heavy metals did not exceed permissible value stated in standards of the soils quality contained in the Directive of Ministry of the Environment.

Author's address:

Elżbieta Biernacka¹, Jacek Borowski², Ilona Małuszyńska¹, Marcin J. Małuszyński¹
¹Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
Poland
²Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Katedra Ochrony Środowiska
ul. Nowoursynowska 166, 02-776 Warszawa
Poland