

PIOTR LEWANDOWSKI\*, WOLFGANG BURGHARDT\*\*,  
PIOTR ILNICKI\*

## METALE CIĘŻKIE W GLEBACH DOLINY WARTY W OBREBIE MIASTA POZNANIA

\*Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska  
Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu;  
\*\*Institut für Ökologie, Abteilung der Angewandte Bodenkunde,  
Universität GH Essen

### WSTĘP

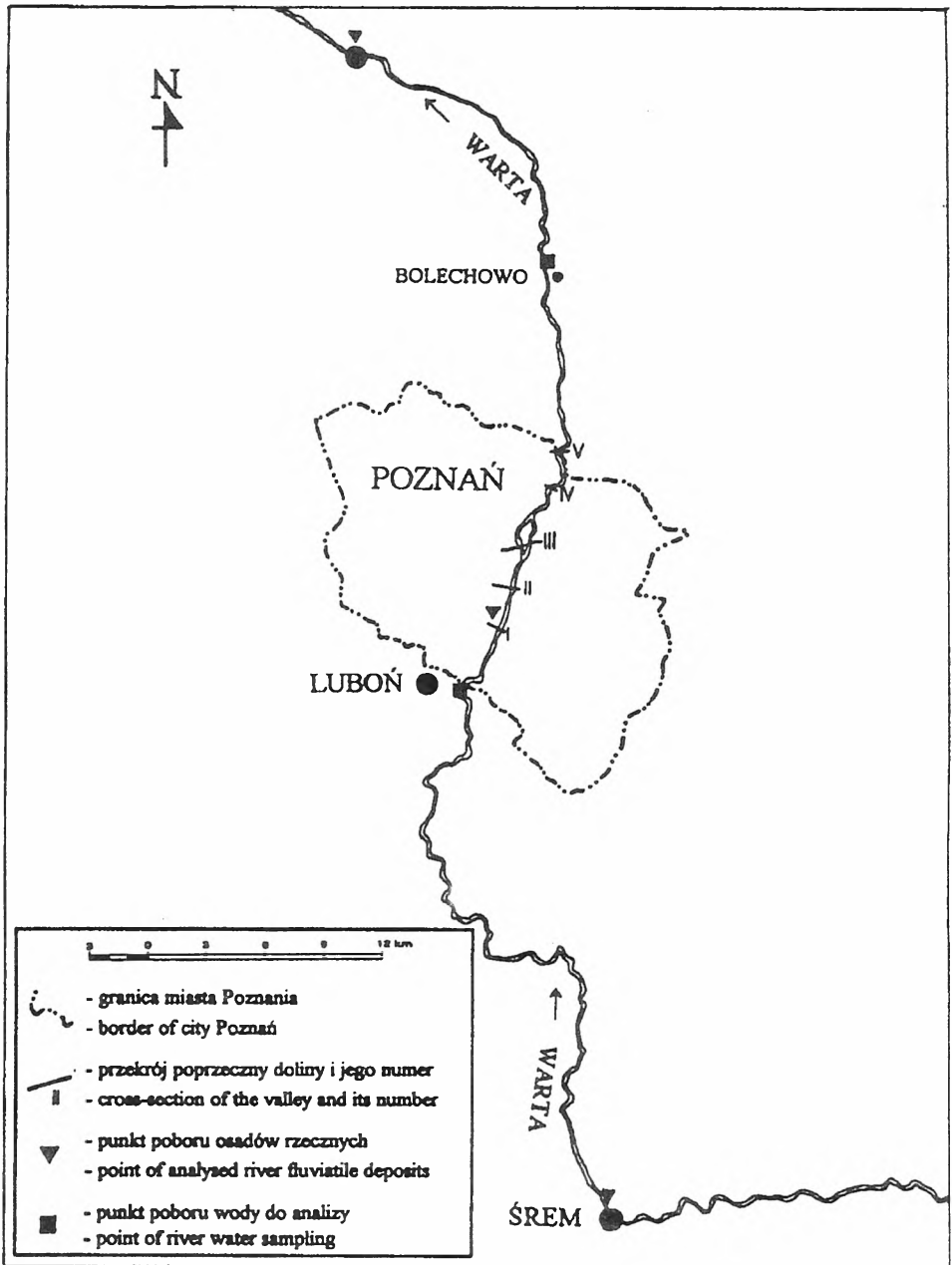
Dotychczasowe publikacje informujące o zanieczyszczeniu gleb metalami ciężkimi dotyczą w głównej mierze okręgów przemysłowych i aglomeracji miejskich, np. Warszawy [Czarnowska 1980; Czarnowska, Gworek 1991] czy Łodzi [Czarnowska, Walczak 1988]. Monitoring krajowy i regionalny zanieczyszczenia gleb obszarów wiejskich prowadzony jest przez IUNG oraz okręgowe stacje chemiczno-rolnicze [Tybiszewska 1996]. Na terenach zurbanizowanych wykonywane badania zawartości metali ciężkich w glebach przeprowadzają także terenowe stacje sanitarno-epidemiologiczne.

Celem niniejszych badań było ustalenie zawartości metali ciężkich w glebach doliny rzeki Warty w obrębie miasta Poznania.

Historia starych miast z reguły wiąże się z rzekami. Zanieczyszczenie gleb dolinowych w obrębie miasta odzwierciedla historię osadnictwa, przebieg zjawisk powodziowych, oddziaływanie zanieczyszczeń powstających w zlewni tej rzeki oraz imisje zanieczyszczeń z obszarów miejskich. Należy oczekiwać, iż będzie ono znacznie wyższe niż w terenach wiejskich. Przebudowa miast, pożary, powodzie, zmiany przebiegu koryt rzecznych i przemieszczenia gruntów w obrębie zurbanizowanych odcinków dolin rzecznych stanowią czynniki nie występujące na terenach wiejskich. Wskazuje to na specyfikę tego rodzaju obiektów.

### METODYKA

W obrębie granic miasta Poznania wyznaczono pięć przekrojów poprzecznych doliny rzeki Warty (I Dębina – Starołęka, II Wilda – Rataje, III Stary Rynek – Katedra – Śródka, IV Naramowice – Karolin, V Różany Potok – Koziegłowy).



RYSUNEK 1. Lokalizacja przekrojów poprzecznych doliny w obrębie Poznania oraz punktów pobrania próbek wody i osadów rzecznych  
 FIGURE 1. Localization of the valley cross-sections in the city of Poznań and points of river water and fluvial deposits sampling

TABELA 1. Charakterystyka gleb doliny Warty w Poznaniu  
TABLE 1. Characteristic of the Warta valley soils in Poznań

Sposób użytko- wania Utiliza- tion	Głęb- kość Depth [cm]	Liczba próbek Number of samples	Przewa- żający gatunek gleby Prevail- ing kind of soil	Strata przy pra- żeniu 550°C Ignition loss 550°C [%]	C [%]	N	S	C/N	Ca [mg/kg]
Lasy Forest	0–5	14	ps/pgl	7,3	4,49	0,33	0,12	13,82	3594,3
	5–10	14	ps/pgl	4,8	2,31	0,18	0,06	12,45	2522,8
	10–20	14	ps/pgl	3,3	1,70	0,14	0,05	12,36	3295,1
Obszary zadarnione Grassland	0–5	7	glp	5,3	3,22	0,24	0,12	14,04	2762,4
	5–10	7	glp	3,8	2,04	0,16	0,10	13,23	2707,3
	10–20	7	glp	2,6	1,57	0,22	0,11	13,15	3977,6
Trawniki Lawns	0–10	4	glp	6,9	4,31	0,22	0,06	21,86	16172,5
	10–25	4	ps/pgl	4,5	3,39	0,13	0,09	26,14	16743,3
	25–35	4	ps/pgl	2,6	2,08	0,09	0,01	23,68	11210,9
Podwórza Courtyards	0–25	6	pgl/ps	3,6	3,19	0,17	0,04	19,33	15855,9
	25–35	6	pl/ps	3,0	2,43	0,09	0,04	27,03	17205,7

Wzdłuż nich zlokalizowano płytkie odkrywki, z których pobierano próbki gleby. Lokalizacja przekrojów (rys. 1) uwzględnia najstarszą część miasta (przekrój III), część doliny w obszarach mało uprzemysłowionych (I) oraz część najsilniej podlegającą antropopresji (V). Szerokość doliny Warty w obrębie miasta jest niewielka (200–500 m). Jedynie jej południowa oraz środkowa część rozszerza się do 900–1000 m.

Próbki gleby o strukturze naruszonej pobrano w roku 1995 na obszarach zadarnionych (21 próbek) oraz w lasach (42) z głębokości 0–5, 5–10 i 10–20 cm. W obszarach zabudowanych pobierano je z podwórek (12) z głębokości 0–10, 10–25 i 25–35 cm, a z trawników (12) z głębokości 0–25 oraz 25–35 cm. Łącznie z 31 odkrywek pobrano 87 prób. Analizy wykonano w laboratorium Uniwersytetu w Essen metodami stosowanymi w Niemczech [Kuntze i in. 1988]. Skład granulometryczny oznaczono metodą pipetową, kwasowość – w  $\text{CaCl}_2$ , zawartość węgla dla próbek o  $\text{pH CaCl}_2 \geq 6,5$  – metodą Scheiblera, zaś popielność w piecu muflowym w temperaturze 550°C. Określono również zawartość wapnia, węgla, azotu, siarki oraz obliczono stosunek C/N. Analizy zawartości Cd, Cr, Cu, Ni, Pb i Zn wykonano metodą spektroskopii absorpcji atomowej (AAS), a As, Fe i Mn metodą spektrofotometrii płomieniowej.

Analizy pozwoliły na opracowanie charakterystyki badanych gleb oraz przedstawienie zawartości metali ciężkich w wierzchniej warstwie profilu glebowego, przy uwzględnieniu różnego sposobu użytkowania. Wyniki z poszczególnych odkrywek przedstawiono w tabelach i na rysunkach. W sposób graficzny przedstawiono zawartość kadmu, którego ilość przekracza dopuszczalny poziom. Od-

rębnie zobrazowano również zawartość metali ciężkich w najstarszej części miasta (przekrój III).

W celach porównawczych wykorzystano wyniki analizy wody (2 punkty) oraz osadów dennych (3 punkty) rzeki Warty wykonane w 1994 roku przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Poznaniu.

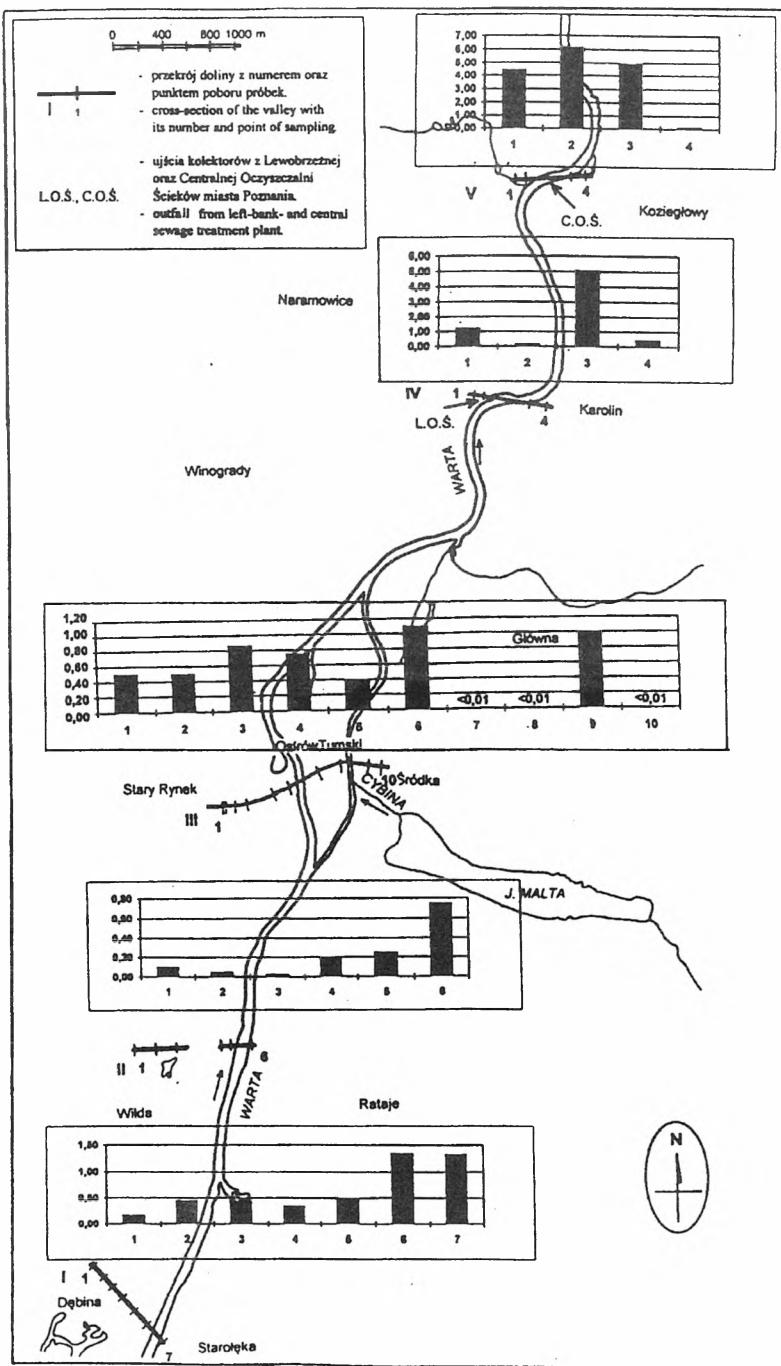
## WYNIKI

Na podstawie składu granulometrycznego gleb stwierdzono, że są to głównie piaski słabogliniaste i gliniaste lekkie, niekiedy gliny lekkie pylaste (tab. 1). W lasach i na terenach zadarnionych zawartość substancji organicznej jest podobna i w warstwie 0–10 cm układa się w przedziale 4–7%. Na terenach zabudowanych jest około dwukrotnie niższa. W lasach i na obszarach zadarnionych występują gleby o odczynie obojętnym i zasadowym (pH 7,5–8,0). Odczyn kwaśny stwierdzono jedynie w dwóch odkrywkach (I-4, IV-4) znajdujących się w lasach. W glebach użytkowanych jako lasy, ogrody i tereny zadarnione zawartość węgla wapnia jedynie sporadycznie przekracza 2%. Natomiast na podwórzach i trawnikach najczęściej układa się w przedziale 3–4%. Uwidacznia się to również przy analizie zawartości wapnia. Charakteryzujący aktywność mikroorganizmów stosunek C/N wskazuje na korzystne warunki występujące w lasach i na terenach zadarnionych. Podwyższony stosunek C/N (20–27) na terenach zabudowanych jest świadectwem zakłócenia przemiany materii organicznej w glebie. Zawartość siarki w glebach lasów oraz obszarów zadarnionych jest wysoka (0,05–0,12%),

TABELA 2. Zawartość metali ciężkich [mg/kg] w glebach doliny Warty  
TABLE 2. Heavy metals content [mg/kg] in the Warta valley soils

Sposób użytkowania Utilization	Głębokość Depth [cm]	Nr No*	Fe	Zn	Mn	Ni	Cd	Cu	Pb	Cr	As
Lasy Forest	0–5	14	8550	102,0	310	9,6	2,4	18,7	60,9	32,1	9,5
	5–10	14	8090	87,4	256	7,8	1,5	14,5	37,2	28,5	5,6
	10–20	14	7720	86,8	233	7,0	1,2	13,4	34,0	27,3	6,6
Obszary zadarnione Grassland	0–5	7	7940	86,5	343	7,5	1,2	13,9	29,7	22,2	6,0
	5–10	7	7600	77,4	286	6,4	1,0	11,9	32,5	20,1	5,8
	10–20	7	7190	63,8	237	6,5	0,9	9,9	28,0	16,2	4,8
Trawniki Lawns	0–10	4	13090	478	399	17,2	1,8	34,1	210,6	64,6	11,5
	10–25	4	12100	396	274	15,4	0,3	55,3	154,6	19,8	12,5
	25–35	4	8880	165	254	8,5	0,1	28,4	320,0	12,9	7,0
Podwórza Courtwards	0–25	6	8310	198	204	6,4	0,4	381,6	63,2	11,8	8,8
	25–35	6	7850	179	179	6,9	0,2	110,5	77,3	9,7	10,4
Średnio Mean			8430	137	268	8,4	1,2	49,8	69,7	24,8	7,6
Dopuszczalne Admissible				200		30,0	3,0	50,0	50,0	100,0	–

\*Nr –No – Liczba próbek – Number of samples



RYSUNEK 2.. Średnia zawartość kadmu [mg/kg] w poszczególnych odkrywkach  
 FIGURE 2. Mean content of cadmium [mg/kg] in soil pits

TABELA 3. Zawartość [mg/kg] badanych metali ciężkich w powierzchniowej warstwie gleby  
 TABLE 3. Content [mg/kg] of investigated heavy metals in the soil surface layer

Lp. No	Prze- krój nr Cross- -sec- -tion No	Pro- fil nr Pro- file No	Fe	Zn	Mn	Ni	Cd	Cu	Pb	Cr	As
1	I	1	11270	34,58	218,13	7,75	0,18	9,23	15,65	14,28	10,28
2	I	2	9400	36,13	170,85	7,75	0,45	7,88	18,65	13,63	8,20
3	I	3	8940	57,88	167,03	7,68	0,45	10,08	30,10	13,23	9,53
4	I	4	4630	17,80	184,88	1,98	0,35	1,83	13,93	4,70	1,20
5	I	5	4150	24,10	118,58	1,78	0,50	2,35	21,58	4,33	1,35
6	I	6	5470	77,20	269,03	3,55	1,35	6,90	8,30	34,88	0,95
7	I	7	9870	102,40	476,85	5,58	1,33	9,90	56,78	26,40	2,48
8	II	1	8980	59,80	191,25	7,18	0,10	12,70	22,18	10,93	9,60
9	II	2	7460	65,95	204,00	5,23	0,05	13,78	34,55	7,70	8,00
10	II	3	2720	24,85	53,55	2,48	0,28	6,38	11,65	3,55	3,23
11	II	4	7010	33,80	309,83	4,23	0,20	4,83	18,93	9,03	4,90
12	II	5	5640	46,03	258,83	4,10	0,25	5,63	11,63	19,03	4,58
13	II	6	12510	300,53	567,38	10,03	0,75	29,98	111,73	44,48	13,40
14	IV	1	12920	173,58	539,33	9,53	1,23	35,73	66,65	66,30	10,45
15	IV	2	6370	17,73	147,90	5,40	0,18	8,45	27,03	16,45	19,83
16	IV	3	5180	37,63	124,95	8,73	5,08	8,68	52,30	9,18	5,13
17	IV	4	3500	17,13	94,35	3,93	0,45	4,90	20,18	3,15	5,55
18	V	1	17540	256,00	527,48	17,40	4,48	47,30	101,73	87,85	7,98
19	V	2	7710	195,13	378,68	15,50	6,18	36,18	84,40	87,13	6,30
20	V	3	6990	159,48	316,20	15,95	4,95	27,13	53,00	48,20	2,30
21	V	4	6510	42,50	173,40	4,68	0,15	5,93	9,63	9,18	5,55

zaś na obszarach zurbanizowanych średnio wysoka (0,04–0,09%) [Motowicka-Terelak i in. 1993].

Zawartość metali ciężkich w poszczególnych warstwach gleby w zależności od sposobu użytkowania doliny Warty zaprezentowano w tabeli 2. Przedstawiono w niej również wartości dopuszczalne dla gleb lekkich według zarządzenia Ministra Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych z dnia 7 lipca 1986 roku w sprawie rolniczego wykorzystania ścieków. Średnia zawartość metali ciężkich w badanych poziomach przekracza wartość graniczną jedynie dla cynku, miedzi i ołowiu. Dotyczy to głównie obszarów zurbanizowanych. Przekroczenia są znaczne. W lasach powierzchniowa warstwa (0–5 cm) wykazuje wyraźny wzrost zawartości cynku, kadmu i ołowiu, czego nie stwierdzono na obszarach zadarnionych.

W tabeli 3 przedstawiono średnie ważone zawartości metali ciężkich dla poszczególnych odkrywek. Zawartość żelaza jest niska (średnio 8430 mg/kg) i jedynie sporadycznie dochodzi do 12510–17540 mg/kg. W 7 na 31 odkrywek zawartość cynku znacznie przekraczała 200 mg/kg. Dotyczy to szczególnie od-

TABELA 4. Wyniki analizy wody [mg/l] rzeki Warty (WIOŚ Poznań 1994/1995)  
 TABLE 4. Analysis of the river Warta water [mg/l] (WIOŚ Poznań 1994/1995)

Cecha Trait	Miasto – city Luboń (km 251,1)		Wieś – village Bolechowo (km 224,8)	
	dopuszczalne dla kl. I admissible for I class	zmierzone measured	dopuszczalne dla kl. I admissible for I class	zmierzone measured
Ca	–	122,95	–	120,2
N og.	5	10,235	10	10,565
P og.	0,1	0,525	0,25	0,665
Fe og.	1	1,955	1,5	1,44
Mn	0,1	0,14	0,3	0,14
Cr og.	–	0,005	–	0,004
Zn	0,2	0,109	0,2	0,11
Al	–	0,096	–	0,089
Cd	0,005	0,36	0,03	0,001
Cu	0,05	0,008	0,05	0,014
Ni	1	0,003	1	0,005
Pb	0,05	0,008	0,05	0,007

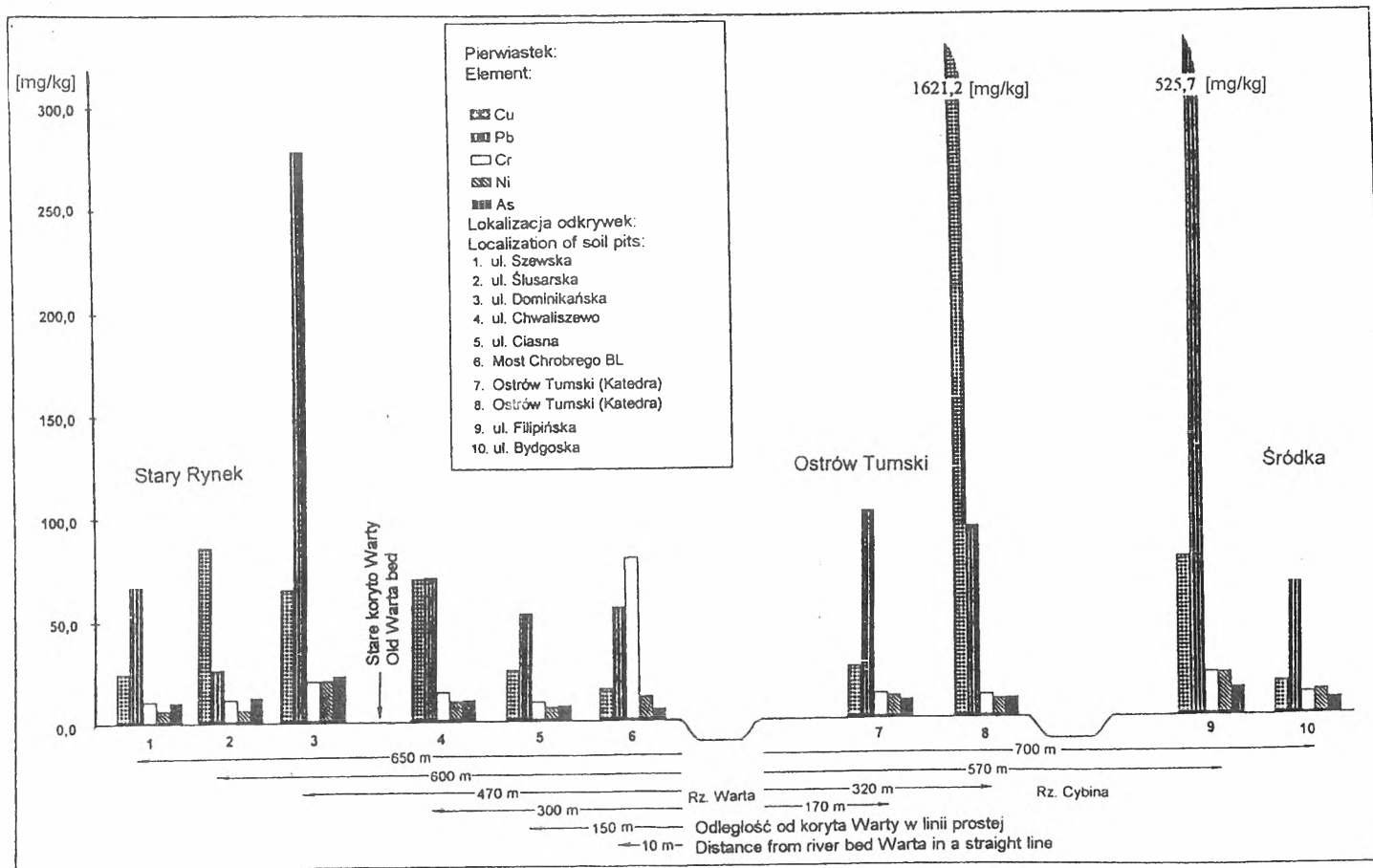
krywek przekroju III. Największa zawartość cynku (284,6–737,6 mg/kg) wystąpiła pomiędzy starym korytem Warty a Śródką, czyli w najstarszej części miasta. Gleby dolinowe zawierały bardzo mało manganu (średnio 268,3 mg/kg) i niklu (średnio 8,4 mg/kg) (tab. 2).

Zróżnicowana w przekrojach zawartość kadmu spowodowała konieczność zastosowania na rysunku 2 różnej skali. Najwyższe zawartości Cd odnotowano w północnej części doliny Warty poniżej wylotów lewo- i prawobrzeżnej oczyszczalni ścieków. Zawartość maksymalna (13,1 mg/kg) wystąpiła w 0–5 cm warstwie odkrywki nr 3 przekroju IV. W pozostałych przekrojach zawartość kadmu jest niska.

Bardzo wysokie zawartości miedzi wystąpiły jedynie na terenach zabudowanych przekroju III (tab. 2 i rys. 3). Rekordowa wartość 1621,2 mg/kg została oznaczona w bezpośrednim sąsiedztwie katedry o miedzianym dachu. W dolinie zawartość miedzi na ogół nie przekracza 10 mg/kg gleby. Poniżej oczyszczalni ścieków obserwuje się 3–4-krotne zwiększenie zawartości miedzi w powierzchniowej warstwie gleby.

W przekroju I i II zawartość ołowiu jest niska i układa się najczęściej w przedziale 10–20 mg/kg. Na ich wschodnim krańcu zaobserwowano znacznie wyższą zawartość ołowiu (56,78 i 111,73 mg/kg) spowodowaną bliskością fabryk i budynków mieszkalnych. W pozostałych trzech przekrojach zawartość ołowiu jest znacznie większa. W przekroju III niemal we wszystkich odkrywkach przekracza ona 50 mg/kg (rys. 3), uzyskując maksymalną wartość w sąsiedztwie Śródki (525,7 mg/kg).

Zawartość chromu w glebach doliny jest niska i zazwyczaj nie przekracza 20 mg/kg. Znacznie podwyższone wartości (40–90 mg/kg) napotkano w sąsiedztwie zabudowań osiedla Rataje, na Starym Mieście i poniżej wylotów oczyszczalni ścieków. We wszystkich przekrojach zawartość arsenu jest niska (średnio 7,6 mg/kg).



RYSUNEK 3. Średnia zawartość [mg/kg] Cu, Pb, Cr, Ni i As w obrębie przekroju nr III

FIGURE 3. Mean content [mg/kg] of Cu, Pb, Cr, Ni and As in the cross-section III



TABELA 5. Zawartość wybranych metali ciężkich w osadach rzecznych Warty (WIOŚ Poznań 1994)

TABLE 5. Content of selected heavy metals in the river Warta fluvial deposits (WIOŚ Poznań 1994)

Lokalizacja Locali- zation	As	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Zn	Mn	Fe
	[mg/kg]								[%]
Oborniki	2,5	0,3	5,0	3,0	3,0	9,0	57,0	242	0,5
Poznań	2,5	3,7	13,0	24,0	6,0	46,0	84,0	475	0,5
Śrem	2,5	0,5	5,0	14,0	2,0	3,0	43,0	425	0,4

## DYSKUSJA

W przypadku aż 7 pierwiastków maksymalne zawartości odnotowano w przekroju III przebiegającym przez najstarszą część miasta – Ostrów Tumski i Śródkę (rys. 3). W obu wymienionych częściach miasta obserwuje się skrajnie wysokie zawartości ołowiu i miedzi, podczas gdy między Starym Rynkiem a obecnym korytem rzeki Warty widoczna jest podwyższona zawartość wielu metali ciężkich. Jest to zbieżne z wynikami innych autorów [Czarnowska, Gworek 1991], wskazującymi, że najbardziej zanieczyszczone cynkiem, ołowiem i kadmem są gleby centralnych dzielnic Warszawy.

W wodach rzeki Warty powyżej Poznania (Luboń) przekroczona była jedynie zawartość kadmu i manganu, zaś poniżej miasta (wieś Bolechowo) zawartość wszystkich metali ciężkich była niska (tab. 4). Również w osadach dennych rzeki Warty w Poznaniu stwierdza się wysoką zawartość kadmu (3,7 mg/kg) i podwyższoną ołowiu (46,0 mg/kg), podczas gdy powyżej i poniżej układają się one dla kadmu w granicach 0,3–0,5 mg/kg, a dla ołowiu 3,0–9,0 mg/kg (tab. 5). Większość kadmu prowadzonego przez wody rzeczne ani nie przedostaje się do gleb dolinowych, ani nie jest daleko transportowana przez wodę.

Uzyskane wyniki badań pozwalają stwierdzić, iż w glebach doliny Warty w Poznaniu nie występują istotne przekroczenia granicznych zawartości badanych metali ciężkich. Pojedyncze przekroczenia zawartości Cd w przekroju V pochodzą z oddziaływania ścieków. W tym bowiem miejscu znajduje się ujście kolektora z Centralnej Oczyszczalni Ścieków miasta Poznania, natomiast przed przekrojem IV do rzeki uchodzi kolektor z Lewobrzeżnej Oczyszczalni Ścieków. Biorąc pod uwagę, iż w ściekach komunalnych kadm występuje w ilości 10–40 mg/kg, zaś ścieki przemysłowe i bytowo-przemysłowe mogą zawierać 1000 mg/kg [Kabata-Pendias, Pendias 1993] oraz fakt wylewania Warty w międzywale w okresach wyżówek, można przypuszczać, że nagromadzenie tego pierwiastka jest skutkiem zrzuć ścieków miasta Poznania.

## WNIOSKI

1. Przekroczenia wartości granicznej metali ciężkich wystąpiły jedynie w przypadku cynku, ołowiu, miedzi i kadmu. Dotyczą one głównie obszarów zurbani-

zowanych, gdzie przekroczenia są znaczne. Zanieczyszczenie metalami ciężkimi gleb terenów zurbanizowanych (podwórza i trawniki) jest wielokrotnie większe niż lasów i obszarów zadarnionych.

2. Próby glebowe pochodzące z wierzchniej warstwy (0–5 cm) z lasów wykazują znaczny wzrost zawartości ołowiu, cynku i kadmu, czego nie stwierdzono w glebach obszarów zadarnionych.
3. Zawartość metali ciężkich w dolinie jest niska, gdyż akumulują się one głównie w osadach rzecznych.
4. Głównym źródłem metali ciężkich w glebach doliny są ścieki miasta Poznania (przekroje IV i V), a nie imisja pyłów do atmosfery.

Analiza zależności między zawartością metali ciężkich a właściwościami gleb będzie przedmiotem odrębnej publikacji.

## PODZIĘKOWANIE

*Składam serdeczne podziękowania fundacji Deutscher Akademischer Austauschdienst w Bonn, która przez przyznanie półrocznego stypendium umożliwiła mi realizację badań w Intytucie Ekologii Uniwersytetu w Essen.*

## LITERATURA

- CZARNOWSKA K., 1980: Akumulacja metali ciężkich w glebach, roślinach i niektórych zwierzętach na terenie Warszawy. *Rocz. Glebozn.* 31,1: 77–115.
- CZARNOWSKA K., WALCZAK J., 1988: Distribution of zinc, lead and manganese in soils of Łódź city. *Rocz. Glebozn.* 39, 1: 19–27.
- CZARNOWSKA K., GWOREK B., 1991. Stan zanieczyszczenia cynkiem, ołowiem i miedzią gleb Warszawy. *Rocz. Glebozn.* 42, 1/2 : 49–56.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1993. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
- KUNTZE H., ROESCHMANN G., SCHWERTDTFEGER G., 1988. Bodenkunde. Verlag E. Ulmer, Stuttgart.
- MOTOWICKA-TERELAK T., TERELAK H., WITEK T., 1993. Liczby graniczne do wyceny zawartości siarki w glebach i roślinach. (W:) Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. IUNG Puławy, s. 15–20.
- TYBISZEWSKA E., 1996. Monitoring środowiska w województwie poznańskim. Organizacja – sieci pomiarowe. PIOŚ, WIOŚ w Poznaniu.

P. LEWANDOWSKI\*, W. BURGHARDT\*\*, P. ILNICKI\*

## HEAVY METALS IN SOILS OF THE RIVER WARTA VALLEY IN POZNAŃ

\*Department of Environmental Protection and Management,  
Agricultural University in Poznań

\*\*Institute of Ecology, University Essen

### SUMMARY

The aim of the experiment was to estimate the content of heavy metals in soils of the river Warta valley in Poznań. In five cross-sections and 31 soil pits 87 samples were taken. The ASA and flame spectrophotometry methods were used to estimate heavy metals (Zn, Cd, Cu, Cr, Ni, As, Fe, Mn). Any contamination of majority soils in the valley of Warta river by heavy metals was found. The exceedances of permissible contents concerned exclusively zinc, cadmium, copper and lead. The main source of contamination was the municipal wastes and many hundred years old settlement, not the imission of dust.

*Praca wpłynęła do redakcji w styczniu 1997 r.*

*Mgr inż. Piotr Lewandowski i prof. dr Piotr Ilnicki  
Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska  
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu  
60-594 Poznań, ul. Dąbrowskiego 159*

*Prof. Dr Wolfgang Burghardt  
Institut für Ökologie, Abteilung Angewandte Bodenkunde,  
Universtät GH Essen  
45117 Essen, Unversitätstr. 15*

