

Metale ciężkie w glebach tarasów zalewowych Pisi

Izabela Bojakowska*, Gertruda Sokołowska*, Paweł Lewandowski*

Przez tysiąclecia rzeki były źródłem wody i pożywienia dla zamieszkującej nad nimi ludności, a wylewające wody podczas powodzi pozostawiały na glebach tarasów zalewowych żyzne namuły. Obecnie, w następstwie odprowadzania do rzek ścieków przemysłowych i komunalnych, wody większości z nich, ze względu na wysokie stężenia szkodliwych składników, nie są przydatne dla celów gospodarczych, a w tkankach ryb z tych rzek zakumulowane są szkodliwe dla ludzi ilości np. rtęci, kadmu, związków chloroorganicznych. Zaś osady denne, przemieszczane podczas powodzi na gleby tarasów zalewowych, oprócz składników pokarmowych, wnoszą do nich znaczne ilości metali ciężkich oraz szkodliwych substancji organicznych.

Znaczna część składników, wprowadzana do środowiska wodnego wraz ze ściekami, ulega akumulacji w osadach. Z tego powodu współcześnie deponowane osady denne w rzekach i jeziorach często zawierają pierwiastki śladowe w podwyższonych ilościach, w stosunku do naturalnego tła geochemicznego danego obszaru, uwarunkowanego budową litologiczną zlewni. Poniżej miejsc zrzutów ścieków, zwłaszcza z przemysłu wydobywczego i hutniczego, są wykrywane bardzo wysokie koncentracje metali ciężkich; np. w aluwiach Czarnej Wody w Legnicy stwierdzono zawartości miedzi przekraczające 4800 ppm, w osadach deponowanych w Luszówce koncentracje cynku i ołowiu przekraczają zaś 1,5 % (Bojakowska, 1995; Ciszewski, 1994).

Nagromadzenie szkodliwych składników, a zwłaszcza metali ciężkich w osadach wodnych, stwarza duże zagrożenie dla środowiska przyrodniczego. Zanieczyszczone osady są potencjalnym źródłem toksycznych metali dla biosfery. Uważa się, że bezpośrednie przenikanie zanieczyszczeń chemicznych z osadów do organizmów jest najważniejszą przyczyną zagrożenia wielu gatunków wodnych (Adams i in., 1992). Przenikanie toksycznych metali, np. rtęci i kadmu z osadów dennych, do łańcucha żywieniowego może stanowić także duże zagrożenie dla człowieka (zanieczyszczone rtęcią muły w zatoce Minamata spowodowały śmierć i kalectwo wielu osób) (Fujiki & Tajima, 1992).

Osady rzeczne o wysokich zawartościach metali ciężkich stanowią również zagrożenie dla przyległych ekosystemów lądowych. Przemieszczenie zanieczyszczonych toksycznymi pierwiastkami osadów na gleby tarasów zalewowych, podczas powodzi, może doprowadzić do skażenia środowiska glebowego i wyprodukowania roślinności zawierającej nadmierne ilości tych pierwiastków (Bengston & Greger, 1994). Zanie-

czyszczenie gleb metalami ciężkimi — w następstwie wylewania rzek — stwierdzono w wielu miejscach, np. gleby tarasów zalewowych rzek South River, South Fork, Shenandoah River w zach. części Wirginii (USA) zostały zanieczyszczone rtęcią; jej zawartość w niektórych przypadkach dochodziła do 25 ppm (Cocking i in., 1991), zaś w glebach położonych nad rzeką Clark Fork (Butte, Montana, USA), w pobliżu miejsca zrzutu ścieków z kompleksu górnictwo-hutniczego, zawartość miedzi przekraczała 3000 ppm, cynku — 6300 ppm, a zawartość kadmu osiągała 60 ppm (Axtmann & Luoma, 1991). W Polsce wysoką zawartość metali stwierdzano w glebach lewobrzeżnej części doliny Odry, w rejonie Ścinawy, a także we współcześnie osadzonych madach w rejonie Krakowa (Kucharzewski i in., 1991; Helios-Rybicka & Wardas, 1987).

Tab. 1. Metale ciężkie w aluwiach Pisi

Miejscowość	Odległość	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
		ppm							
Tło geochemiczne aluwiów Polski		<5	<0,5	2	5	6	<0,05	11	64
Korytów		<5	<0,5	1	2	6	<0,05	5	17
Żyrardów	0	<5	1,1	1	25	68	8,70	47	144
Żyrardów	1	<5	0,6	1	45	57	3,35	38	125
Działki	2	<5	<0,5	2	54	61	4,88	36	135
Działki Małe	3	<5	<0,5	1	33	24	1,36	16	68
Wiskitki	4	<5	<0,5	1	14	15	0,94	9	45
Nowy Drzewicz	5	<5	<0,5	1	38	29	1,21	16	84
Stary Drzewicz	6	<5	<0,5	1	10	9	0,37	7	37
Drzewicz	8	<5	<0,5	1	23	14	0,77	9	50
Drybus	10	<5	<0,5	1	37	17	0,56	10	59
Drybus	12	<5	<0,5	1	27	16	0,70	8	61
Wyczółki	14	<5	<0,5	1	56	21	0,52	10	77
Wieś Kościelna	16	<5	<0,5	1	35	17	0,45	10	67
Kaski-Budki	18	<5	<0,5	1	48	18	0,40	9	72
Szymanów	20	<5	<0,5	1	49	19	0,44	10	78
Kawęczyn	22	<5	<0,5	1	45	15	0,24	8	72
Mikołajew	24	<5	<0,5	1	64	17	0,37	11	68
Parcele-Bielice	26	<5	0,6	2	156	33	2,95	18	127
Duranów	28	<5	<0,5	1	45	8	0,11	8	38
Andrzejów Duranowski	30	<5	<0,5	1	83	20	0,26	10	72
Sochaczew	32	<5	<0,5	1	49	14	0,16	12	62

*Odległość od miejsca zrzutu ścieków (km)

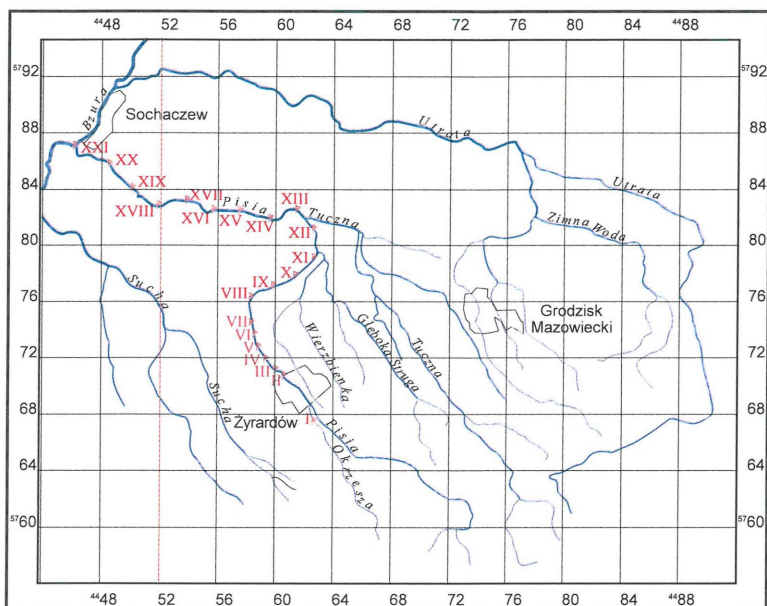
Zakres i metody badań

Pisia, rzeka o długości 58,5 km, wypływa w Bronisławowie, na wysokości 178 m npm, przepływa przez Równinę Łowicko-Błońską i wpada do Bzury w Sochaczewie. Przepływ wody w rzece w przekroju w Durenjowie (2,8 km od ujścia rzeki) wynosi średnio w ciągu roku 1,51 m³/s, a w okresie letnim 0,82 m³/s. Zlewnia Pisi jest pokryta utworami czwartorzędowymi, przeważnie piaskami i żwirami stożków napływowych oraz piaskami akumulacji lodowcowej na glinie zwałowej. Dolina rzeki jest wypełniona utworami holoceniowymi, głównie madami i piaskami rzecznyymi.

Wody górnego odcinka Pisi są stosunkowo czyste, na rzece są utworzone zalewy, np. w Radziejowicach, będące miejscem rekreacji.

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

Ryc. 1. Lokalizacja profili pomiarowych



Poniżej Żyrardowa rzeka jest bardzo zanieczyszczona, a jej wody nie odpowiadają obowiązującym normom fizykochemicznym wód powierzchniowych. Głównym źródłem zanieczyszczenia rzeki są ścieki odprowadzane z Żyrardowa. Na terenie tego miasta działa wiele zakładów przemysłowych m.in.: zakłady mechaniczne, metalowe, włókiennicze i skórzan. Wody rzeki poniżej miejsca odprowadzania ścieków z Żyrardowa charakteryzują się wysoką zawartością np. fosforanów (do 38 mg/l) i sodu (do 180 mg/l) oraz podwyższoną ilością chromu, miedzi, niklu i cynku (Bojakowska, 1993).

Prowadzone od kilku lat systematyczne monitoringowe badania geochemiczne osadów Pisi w Sochaczewie, w pobliżu jej ujścia do Bzury, wykazują obecność w nich podwyższonych zawartości wielu pierwiastków śladowych m.in. chromu, miedzi i cynku. W przypadku chromu zaobserwowano stopniowe obniżanie się jego zawartości w osadach w czasie (Bojakowska & Sokołowska, 1991, 1994). Do niedawna w Żyrardowie istniały garbarnie, które odprowadzały do rzeki ścieki zawierające bardzo wysokie koncentracje Cr. W osadach rzeki akumulowały się wówczas znaczne ilości tego pierwiastka. Akumulację aluwii zawierających znaczne ilości As, Cr, Hg i Zn stwierdzono także w innych miejscach wzdłuż biegu rzeki (Lis & Pasieczna, 1994; Bojakowska, 1995). Niepokojące jest zwłaszcza zanieczyszczenie osadów rzeki ręką; w aluwii Pisi, poniżej miejsca zrzutu ścieków z Żyrardowa, w osadach stwierdzono 52,5 ppm Hg (Bojakowska, 1993).

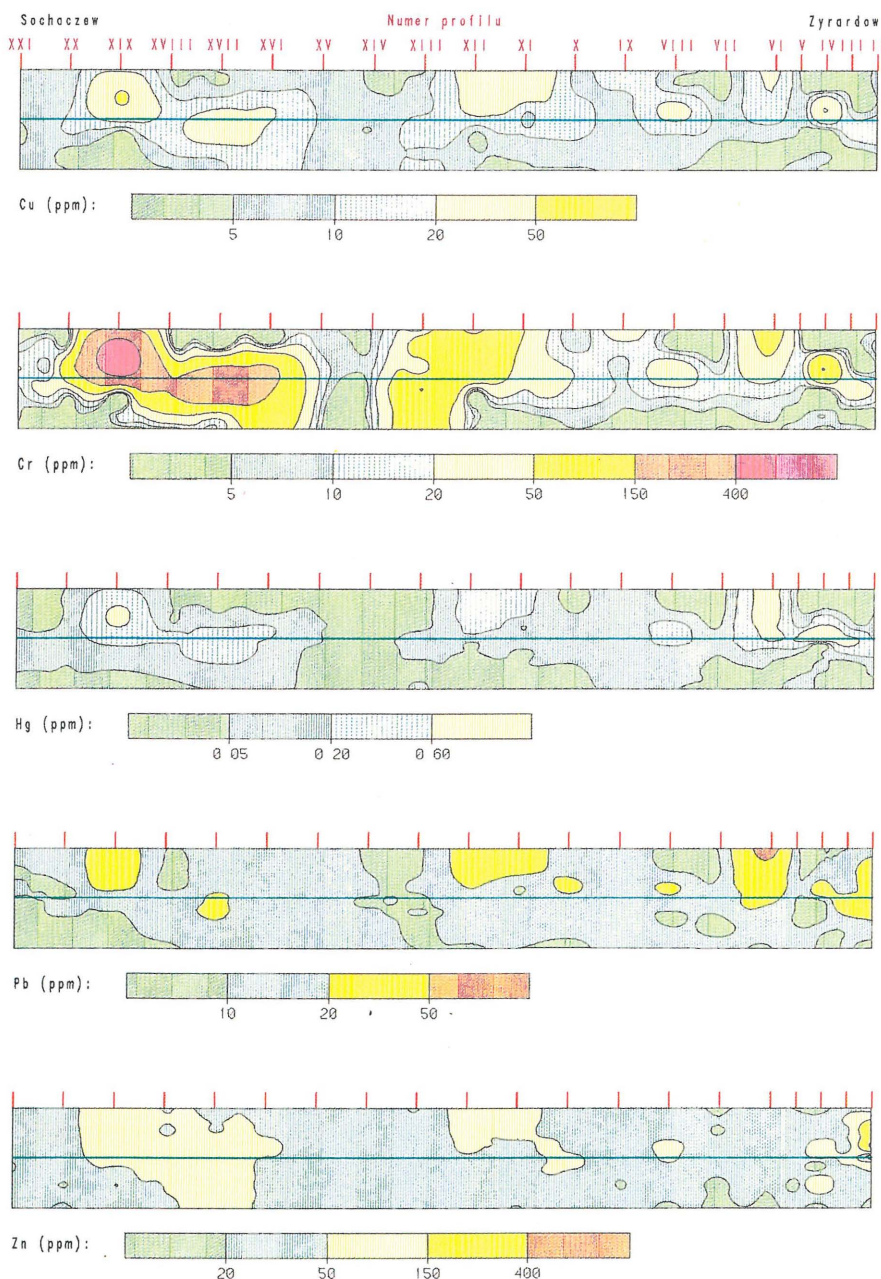
Opróbowanie. Do badań pobrano próbki glebowe oraz osady rzeczne wzdłuż 22 dwustumetrowych profili, poprzecznie przecinających dolinę rzeki. W celu określenia tła geochemicznego gleb i osadów wodnych jeden z przekrojów został zlokalizowany w Korytowie, gdzie rzeka jest stosunkowo czysta. Pozostałe przekroje umiejscowiono w odległości 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30 i 34 km od miejsca zrzutu ścieków z oczyszczalni w Żyrardowie (ryc. 1). Wzdłuż każdego profilu pobrano 12 próbek glebowych (po obu stronach rzeki w odległości: 1, 5, 10, 20, 50, 100 m od koryta rzeki) oraz jedną próbkę czynnych osadów rzecznych. Próbkę glebową pobrano sondą ręczną o średnicy 8 cm, z głęb. 0–20 cm. Próbkę osadów pobrano z koryta rzeki, ze strefy brzegowej. Badania terenowe przeprowadzono w czerwcu 1994 r.

Badania laboratoryjne. Wysuszone w temperaturze pokojowej próbki glebowe i aluwialne po rozkruszeniu przesiano przez sита nylonowe. Do badań wykorzystano frakcję osadów mniejszą niż 0,2 mm, zaś gleb mniejszą niż 1 mm. Próbkę osadów i gleb ługowano kwasem solnym 1 : 5. W uzyskanych roztworach oznaczono zawartość metali ciężkich: As, Cd, Cr, Cu, Co, Hg, Ni, Pb i Zn. Oznaczenia As, Cd, Cr, Cu, Co, Pb i Zn wykonano metodą spektralnej analizy emisyjnej (ICP), oznaczenia Hg metodą spektralnej analizy absorpcyjnej z zastosowaniem techniki zimnych par.

Metale ciężkie w aluwii Pisi

Badania aluwii Pisi wykazały, że odprowadzanie ścieków komunalno-przemysłowych z Ży-

Ryc. 2. Rozmieszczenie Cr, Cu, Hg, Pb i Zn w glebach tarasów Pisi



ardowa powoduje wzrost zawartości metali ciężkich w osadach rzecznych. Aluwia pobrane z Pisi w Korytowie, powyżej Żyrardowa, gdzie wody rzeki są stosunkowo czyste, charakteryzuje się bardzo niską zawartością metali ciężkich (tab. 1). Zawartości te odpowiadają wartościom tła geochemicznego dla aluwii Polski (Lis & Pasieczna, 1995). W osadach pobranych z rzeki, poniżej miejsca zrzutu ścieków z Żyrardowa, zaobserwowano wyraźny wzrost zawartości rtęci, chromu, miedzi, ołowiu, cynku oraz w niewielkim stopniu kadmu. Zwraca uwagę obecność rtęci w bardzo wysokich stężeniach w aluwii rzeki; osady pobrane z rzeki w pobliżu miejsca zrzutu ścieków zawierają ponad 8 ppm Hg. Wraz ze wzrostem odległości od oczyszczalni ścieków, następuje stopniowy spadek zawartości tego pierwiastka w osadach rzecznych (jedynie w próbce osadu pobranej w profilu Parcele–Bielice stwierdzono wysoką zawartość — 2,95 ppm Hg). Deponowane obecnie w Pisi aluwia, na odcinku od Żyrardowa do ujścia rzeki w Sochaczewie, charakteryzują się wyższą od tła geochemicznego zawartością Cu, Cr, Hg, Pb i Zn.

Metale ciężkie w glebach tarasów zalewowych Pisi

Gleby występujące nad Pisią w Korytowie, powyżej oczyszczalni ścieków, charakteryzują się niską zawartością oznaczanych pierwiastków m.in.: <5 ppm As, <0,5 ppm Cd, <5 ppm Cr, <6 ppm Cu, <0,05 ppm Hg, <12 ppm Pb i 25 ppm Zn, podobnymi do średnich zawartości tych metali w glebach Polski (tab. 2). W glebach położonych na tarasach zalewowych Pisi, na odcinku od Żyrardowa do Sochaczewa stwierdzono obecność metali ciężkich — chromu, miedzi, rtęci, ołowiu i cynku — w podwyższonych zawartościach, w porównaniu do gleb pobranych w profilu w Korytowie. Rozmieszczenie Cr, Cu, Hg, Pb i Zn w glebach tarasów Pisi przedstawiono na ryc. 2.

Najwyższe koncentracje Cr stwierdzono w próbkach glebowych pobranych w przekrojach poniżej Szymanowa. Zawartość tego pierwiastka w badanych glebach jest kilkadziesiąt, a nawet ponad dwiesięć razy wyższą od wartości tła geochemicznego (3 ppm Cr — profil w Korytowie). Najwyższe koncentracje występują w przekrojach: Kawęczyn (230 ppm), Mikołajew Stary (636 ppm), Parcele–Bielice (422 ppm Cr), Duranów (798 ppm). Na ogół najwyższa zawartość chromu występuje w glebach pobranych najbliżej koryta rzeki. Dopuszczalna zawartość chromu w glebach uprawnych wynosi 100 ppm (Merian, 1991).

W wielu badanych próbkach glebowych zaobserwowano kilkukrotny wzrost zawartości miedzi w porównaniu do tła geochemicznego; są to jednak ilości nie przekraczające dopuszczalnej zawartości Cu w glebach uprawnych, wynoszącej 100 ppm. Stężenie miedzi w zanieczyszczonych glebach tarasów zalewowych Pisi wykazuje dużą korelację z zawartością w nich chromu ($r=0,7634$).

Zawartość rtęci w większości zbadanych próbek glebowych, pobranych w różnych odległościach od koryta rzeki, wielokrotnie przekracza wartość tła geochemicznego tego obszaru (0,05 ppm Hg — profil w Korytowie). Prawie we wszystkich próbkach glebowych, pobranych w odległości 1 m od koryta rzeki, stwierdzono podwyższoną zawartość rtęci; najwyższe — w przekrojach: Działki Małe (1,63 ppm Hg), Żyrardów (1,34 ppm Hg), Wiskitki (0,90 ppm Hg). Dopuszczalna zawartość Hg w glebach uprawnych wynosi 0,3 ppm.

W próbkach gleb, pobranych z tarasów zalewowych Pisi, stwierdzono wzrost stężenia ołowiu do 72 ppm. Jest to ilości nie

przekraczająca dopuszczalnej zawartości ołowiu w glebach użytkowanych rolniczo, która wynosi 100 ppm.

Zawartość cynku w kilku badanych próbkach glebowych, pobranych w pobliżu miejsca zrzutu ścieków przekracza 300 ppm, dopuszczalną zawartość Zn dla glebach użytkowanych rolniczo. Podwyższoną zawartość tego pierwiastka zaobserwowano również w próbkach glebowych pobranych w przekrojach poniżej Szymanowa.

W badanych glebach nie stwierdzono wzrostu zawartości arsenu, kadmu i kobaltu; zawartości tych pierwiastków są w nich bardzo niskie.

Podczas wysokich stanów wody nagromadzone na dnie Pisi osady, zanieczyszczone chromem, miedzią, rtęcią, ołowiem i cynkiem, uruchomione ponownie do toni wodnej, transportowane były przez rzekę do miejsc, gdzie woda zalewała przyległe do niej tereny. Z rozlanych wód osadzały się na polach namuły, przyczyniając się do wzrostu zawartości metali ciężkich w glebach.

Podsumowanie

1. Odprowadzanie ścieków komunalno-przemysłowych z Żyrardowa przyczynia się do akumulacji metali ciężkich w osadach rzecznych. Współcześnie deponowane aluwia Pisi charakteryzują się szczególnie wysokimi koncentracjami rtęci.

2. Zanieczyszczone metalami ciężkimi osady zdeponowane na dnie Pisi, uruchomione podczas wysokich stanów wód i powodują, ulegają przemieszczeniu na gleby leżących nad rzeką łąk i pól uprawnych, powodując wzrost w nich zawartości tych pierwiastków, przede wszystkim rtęci, chromu, miedzi, ołowiu i cynku.

3. Zanieczyszczone metalami ciężkimi gleby są obecnie wtórnym źródłem chromu, miedzi, ołowiu, cynku i rtęci, które wraz ze spływem powierzchniowym docierają do rzeki i powtórnie akumulują się w osadach deponowanych obecnie w rzece.

4. Roślinność z gleb położonych na tarasach zalewowych zanieczyszczonych rzek, podobnie jak roślinność rosnąca wzdłuż autostrad, powinna być wykluczona ze spożywania jej przez ludzi i zwierzęta.

Literatura

- ADAMS W.J., KIMERLE R.A., BARNETT J.W. 1992 — *Environ. Sc. Technol.*, 26: 1864–1875.
- AXTMANN E.V., LUOMA S.N. 1991 — *Appl. Geochem.*, 6: 75–88.
- BENGSTON P., GREGER M. 1994 — 3rd International Symposium on Environmental Geochemistry. Kraków: 41–42.
- BOJAKOWSKA I. 1993 — Zmiany składu chemicznego osadów dennych rzek w wyniku procesów samooczyszczania wód. Komputerowa baza danych, Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- BOJAKOWSKA I., SOKOŁOWSKA G. 1991 — Monitoring geochemiczny osadów wodnych Polski. Ibidem.
- CISZEWSKI D. 1994 — *Prz. Geol.*, 42: 116–121.
- COCKING D., HAYES R., LOU KING M., ROHRER M., THOMAS R., WARD D. 1991 — *Water, Air, Soil Pollut.*, 57–58: 159–170.
- FUJIKI M., TAJIMA S. 1992 — *Water Sc. Technol.*, 25: 133–140.
- HELIOS-RYBICKA E., WARDAS 1987 — *Prz. Geol.*, 35: 327–329.
- KUCHARZEWSKI K., BORKOWSKI J., KUCHARZEWSKI A. 1991 — Zawartość metali ciężkich w namulach i madach rzecznych Odry. Geologiczne aspekty ochrony środowiska, Kraków: 172–176.
- LIS J., PASIECZNA A. 1995 — Atlas geochemiczny Polski 1 : 500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., PASIECZNA A. 1994 — Materiały do Atlasu geochemicznego Polski. Komputerowa baza danych, Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MERIAN E. 1991 — *Metals and their compounds in the Environment*. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim.

Tab. 2. Średnie geometryczne zawartości wybranych metali w glebach Polski (Lis & Pasieczna, 1995)

Gleby	Pierwiastki							
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
Gleby uprawne (n=3066)	<5	0,5	2	5	5	<0,05	13	34
Gleby łąk (n=985)	<5	0,5	2	4	5	<0,05	15	42
Gleby ugorów (n=837)	<5	0,5	2	5	7	0,05	23	51